



9 ULUSAL ÇATI VE CEPHE KONFERANSI

12-13 Nisan 2018

T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi

Ataköy Yerleşkesi - Akıngüç Oditoryumu / İstanbul

www.caticephekonferansi.com

Ana Sponsor



Altın Sponsorlar



Gümüş Sponsorlar



Mekan Sponsoru



İletişim Sponsoru



Destekleyen



Medya Sponsoru



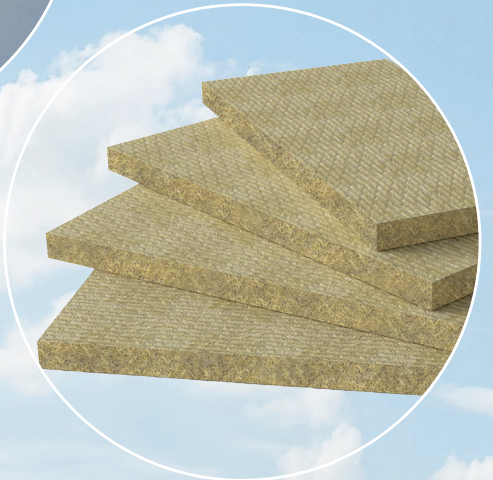
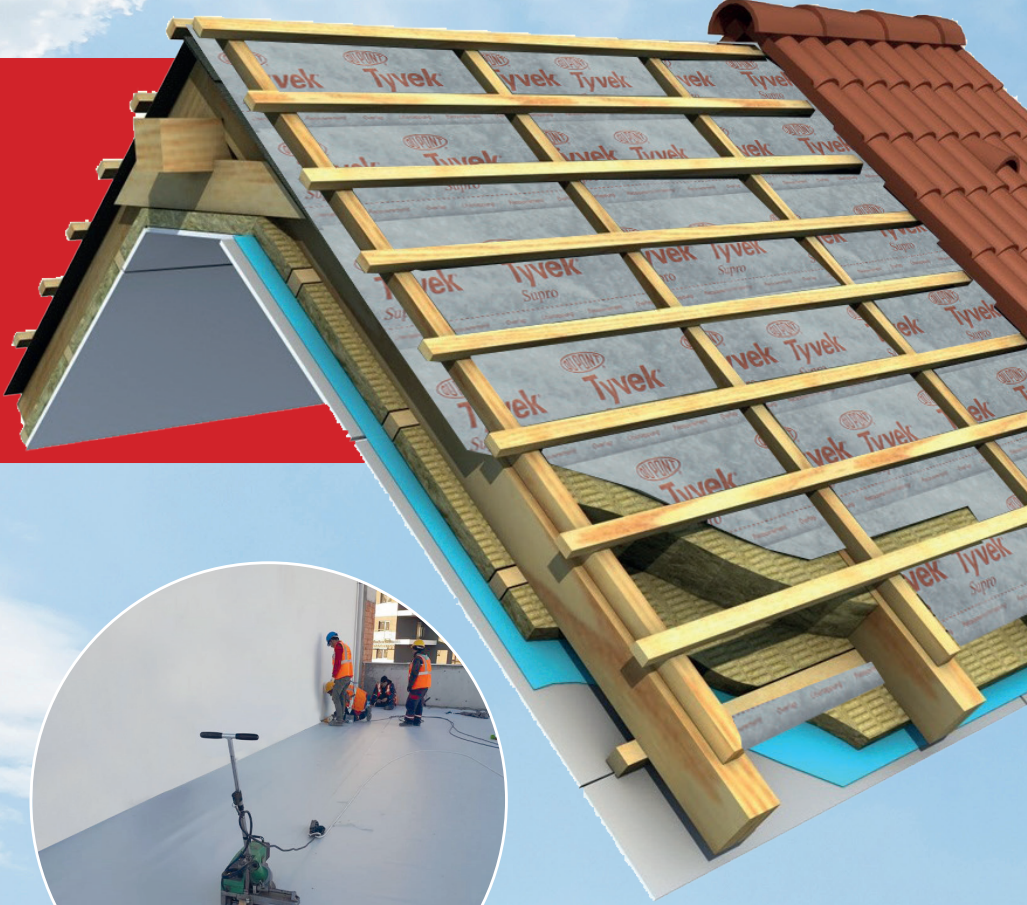
Sponsorlar



ÇATILARINIZA DEĞER KATAR

Bina dış kabuğundaki ısı kaybının önemli bir kesimini çatılardan kaybedilen ısı enerjisi oluşturmaktadır.

Çatılarda bu ısı kaybının belirli nitelikte ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak önleyebilirsiniz.



Mardav®
"yaşama değer katar"

www.mardav.com

www.facebook.com/MardavAS

www.twitter.com/MardavOfficial

9. ULUSAL ÇATI & CEPHE KONFERANSI BİLDİRİLERİ

T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Ataköy Yerleşkesi - Akıngüç Oditoryumu
12-13 Nisan 2018

Sponsorlarımıza ve Destekçilerimize Teşekkürlerimizle

Ana Sponsor



Altın Sponsorlar



ZORLU SOLAR



Gümüş Sponsorlar



Mekan Sponsoru



İletişim Sponsoru



Destekleyen



Medya Sponsoru



Sponsorlar



9. ULUSAL ÇATI & CEPHE KONGRESİ

Bildiriler Kitabı

T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Ataköy Yerleşkesi - Akingüç Oditoryumu
12-13 Nisan 2018

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

ISBN: 978-605-61283-9-4

Baskı ve Cilt: Matsis Matbaa Hizmetleri Ltd. Şti.
Tel: 0212 624 21 11

Yayınlayan:



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, Sektör temsilcileri, Okurlar,

Ülkemiz inşaat sektöründe dünyada hatırı sayılır bir yerdedir. Ülke içinde yapı sektörü pilot sektördür ve ona bağlı tüm sektörler önderlik yapmaktadır. Türkiye İnşaat sektörünün dış ülkelerde aldığı taahhüt oranları çok yüksektir ve ülkemiz dış gelirlerinde dikkati çeken bir payı vardır. Çatı ve cephe bu ana büyük sektör için de en önemli bir yerdedir. Dernek olarak biz yakın bir zamanda kurmayı planladığımız Cepheder ile beraber ortak güç olmayı ve hizmet vermeyi planlıyoruz. Gerek tarihi binaların korunması gereken çatı ve cephesi, gerekse de çağdaş binaların modern çatı ve cepheleri ve bu iki unsurla oluşan kent silüetleri konumuzu toplamsal ilgi odakları haline de getiriyor.

Her sempozyumda çatı ve cephe için farklı önemli konuları ele alabilmek için değişik başlıklara öncelik verdik. Bu sene “Enerji Etkin ve Ekolojik Çatı ve Cephe Sistemleri” ne öncelik verdik. Günümüzün önemli konusu enerji ve aynı derecede önemli konusu ekoloji. Toplum için iki vazgeçilmez değer! Bu konuları her sene farklılaştırarak tüm hususları işlemek istiyoruz.

ÇATIDER olarak, çatı ve cephede sektöründe önemli bir etkinlik olan sempozyumumuzu, bu sene “9. Ulusal Çatı ve Cephe Konferansı” olarak yapıyoruz ve ulusaldan, uluslararasına geçmeyi planlıyoruz. 2002 yılında kurulmuş olan bir dernek olarak böylelikle yaklaşık 250 adet bildiri okuyup değerlendirip, kriterlere bakıp, sunum ve yazılı yayın haline getirdik. Bu anlamda gururluyuz. Kalite için bir bütün olan doğru malzeme ve doğru montaj - güvenli uygulama için çalışıyoruz. Sektörün, yayınladığımız bu bildirilerdeki mesajı veya bilgiyi, bildiri sahipleriyle beraber, değerlendirerek sektörde ilerleme yaratmasını istiyoruz.

Bu konferansımızda elde edilen bilgiler eğitim verenlere ve çatı sektörü içinde olan her kesime bir şekilde ulaşacaktır. Ben bilgi arayanlar için iyi bir kaynak olacağına inanıyorum. Bu sene artık yayında olan Yapı Okulu’muza da değinmeden geçemeyeceğim. Çatı kısmını açtık ve diğer sektör paydaşlarıyla beraber konuyu geliştirmek istiyoruz. Ümit ederim cephe de en yakın zamanda okulumuz içinde yer alır. Ülkemizi yüksek teknolojiye sahip ülkeler içine taşımak istiyoruz ve bunun gerçekleşmesinin de eğitimle mümkün olduğu bilincindeyiz.

Bu etkinliğin gerçekleşmesinde gayretleri olan gerek Yürütme Kurulu’na gerekse de Bilimsel ve Teknik Kurul’a, tüm sponsorlarımıza, katılımcılara, dinleyip ilgi gösterenlere teşekkür ederiz. Bu gayretlerin ülkemiz ve sektörümüz açısından ilerlemelerin bir adımı olmasını dileriz.

ÇATIDER Yönetim Kurulu Başkanı

Adil BAŞTANOĞLU

Sempozyum Yürütme Kurulu

Prof. Dr. Nihal Arıoğlu	İTÜ	İnş. Müh. Semih Kafadar	ÇATIDER
Prof. Dr. Nil Türkeri	İTÜ	Y. Mimar Atila Gürses	Onduline Avrasya
Yrd. Doç. Dr. M. Cem Altun	İTÜ	Mimar Adil Baştanoğlu	Arimeks Mimarlık
Yrd. Doç. Dr. Erkan Avlar	YTÜ	İnş. Müh. Jozef Bonfil	BTM Bitümlü Tecrit Madd.
Yrd. Doç. Dr. Gamze Alptekin	İKÜ	İnş. Müh. Lebriz Akdeniz	Türk Ytong San. A.Ş.
Öğr. Gör. Dr. Caner Göçer	İTÜ	İnş. Müh. Özgür Üzeltürk	Işıklar Yapı ürünleri

Bilimsel ve Teknik Kurul

Başkan: Prof. Dr. Nihal Arıoğlu

Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç	İTÜ	Doç. Dr. Hüseyin Kahvecioğlu	İTÜ
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener	İTÜ	Doç. Dr. İlkay Koman	MSGSÜ
Prof. Dr. Aslıhan Tavıl	İİTÜ	Doç. Dr. Mustafa Özgünler	MSGSÜ
Prof. Dr. Atilla Orbay	DEÜ	Doç. Dr. Özlem Köprülü Bağbancı	Uludağ Ü.
Prof. Dr. Aysin Sev	MSGSÜ	Doç. Dr. S. Cengiz Yesügey	DEÜ
Prof. Dr. Belkis Uluoğlu	İTÜ	Doç. Dr. S. Müjdem Vural	DAÜ
Prof. Dr. Eti Akyüz Levi	DEÜ	Doç. Dr. Seden Özgünler	İTÜ
Prof. Dr. Fevziye Aköz	YTÜ	Doç. Dr. Yüksel Demir	İTÜ
Prof. Dr. Gül Koçlar Oral	İTÜ	Doç. Dr. Filiz Şenkal Sezer	Uludağ Ü.
Prof. Dr. H. Çetin Türkçü	İzmir Ü.	Yrd. Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt	İTÜ
Prof. Dr. Leyla Tanaçan	İTÜ	Yrd. Doç. Dr. Ülger Bulut	Arel Ü.
Prof. Dr. Nihal Arıoğlu	İTÜ	Yrd. Doç. Dr. Ümit Arpacioğlu	MSGSÜ
Prof. Dr. Nil Türkeri	İTÜ	Yrd. Doç. Dr. Volkan Gür	MSGSÜ
Prof. Dr. M. Birgül Çolakoğlu	İTÜ	Yrd. Doç. Dr. Erkan Avlar	YTÜ
Prof. Dr. Murat Taş	Uludağ Ü.	Yrd. Doç. Dr. M. Cem Altun	İTÜ
Prof. Dr. Nilüfer Akıncıtürk	Uludağ Ü.	Yrd. Doç. Dr. Ömer Şükrü Deniz	MSGSÜ
Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik	İTÜ	Yrd. Doç. Dr. Gamze Alptekin	İKÜ
Prof. Dr. Özlem Eşsiz Eren	MSGSÜ	Öğr. Gör. Dr. Caner Göçer	İTÜ
Prof. Dr. Sema Ergönül	MSGSÜ	Adil Baştanoğlu	Arimeks
Doç. Dr. Çiğdem Çelik Tekin	MSGSÜ	Fahri Yavuzer	Braas Çatı Sistemleri
Doç. Dr. Emrah Acar	İTÜ	Atila Gürses	Onduline Avrasya
Doç. Dr. Hakan Yaman	İTÜ	Jozef Bonfil	BTM

Sunuş

Değerli Katılımcılar

İstanbul Kültür Üniversitesi ev sahipliğinde gerçekleştirmekte olduğumuz bu birliktelikte bizlere kapılarını açan İstanbul Kültür Üniversitesi Rektörlüğüne, Mimarlık Fakültesi Dekanlığına, Mimarlık Bölüm Başkanlığına, mesleki çalışmalarını bizlere ileten tüm akademisyenlere, yürütme ve bilimsel-teknik 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 görevlilerine Yürütme Kurulu, şahsım, meslektaşlarım ve öğrencilerimiz adına teşekkür ederim ve sizleri sevgiyle, saygıyla selamlarım. Çatı ve cephe sistemlerinin, tasarım, yapım, kullanım, bakım, onarım ve dönüştürme süreçlerinde yer alan konsept, malzeme ve teknoloji alanlarında bugüne kadar yapılmış bilimsel ve teknik araştırma, geliştirme ve uygulama çalışmalarının sonuçlarını ilgili kesimlere aktarmak amacıyla 2004 yılından buyana düzenlenen ihtisas fuarlarıyla, sempozyumlarla bu kez de konferansla oluşan canlılığı, heyecan ve sevincimizi gözlerimizdeki, yüreğimizdeki ışıltıyı tüm içtenliğimiz ile devam ettiriyoruz. Ülkemize hayırlı olsun.

Türkiye’de çatı ve cephe sistemleriyle ilgili süreçlerde yer alan tasarımcıların, malzeme üretici ve dağıtıcılarının, uygulamacıların, araştırmacıların ve ilgili diğer meslek gruplarının bir araya getirilmesi, görüş ve bilgi alışverişi sağlanması, sektörün gelişmesine katkıda bulunulması esas alınmaktadır. Bu bağlamda dünyada geçerli teknoloji ve standartlara ulaşarak yenilerini belirlemek için işbirliği olanaklarının geliştirilmesi de hedeflerimiz arasında yer almaktadır.

Bugüne kadar gerçekleştirilmiş ve gelecekteki kullanıcılara ışık tutacak bir arşiv niteliğinde olan bundan önceki sempozyumlarda; 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 Cephe, Yenilikçi Çatılar, işlenen belirli konu başlıklarıdır. 9. Ulusal Çatı ve Cephe Konferansı’nda ise işlenecek konu başlıkları oldukça geniş tutulmuştur.

Bildiği üzere kalkınma ve gelişmede birliktelik ve karşılıklı özveri önemlidir. Dahası bizlerin yetişme kültüründe birbirimize yardımcı olma, özellikle zor koşullarda birlikte hareket etme öğretisi vardır. Bu bağlamda şimdiye kadar gerçekleştirilen etkinliklerde hep beraber üzerimize görevleri yapmaya çalıştık ve yapmaya devam edeceğiz.

Değerli Katılımcılar, araştırma ve geliştirmenin toplumsal gelişmemizi hızlandıracak potansiyeli büyük bir eylem olduğu ve bu tür eylemlerin mutlaka endüstriye katkı getirebileceği de bir gerçektir. Geleceğin Türkiye’sinde, yapı üretim sürecinin tüm aşamalarında kaliteye önem veren, sürdürülebilir ve ülkemiz yararı doğrultusunda bilgi üretme, geliştirme ve pazar isteklerine uygun şekillendirmede biz akademisyenlere büyük görevler düştüğünü ve keza başarının da rastlantısal olmadığını; özverili gece okumalarını gerektirdiğini de bir kez daha vurgulayarak şahsım ve Sempozyum Yürütme Kurulu adına saygılar sunuyorum. Bir sonraki baharda görüşmek dileğiyle şen ve esen kalın.

Sempozyum Yürütme Kurulu Adına

Prof. Dr. Nihal ARIÖĞLU

İçindekiler

TOPLUMSAL FARKINDALIK AÇISINDAN YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	1
ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİNİN YAĞIŞ SUYU TOPLANMASINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ	11
FARKLI KAPLAMA MALZEMELERİ İLE 2000-2018 YILLARI ARASI ÇATI KAPLAMA İŞİ MALİYETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	19
DERSLİKLERDE GÜNIŞIĞI PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ: BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ	27
KENTSEL ISI ADASI ETKİSİ VE SERİN ÇATILAR	35
GARANTİ BANKASI TEKNOLOJİ ÜSSÜ İNŞAATINDA BİTKİLENDİRİLMİŞ ÇATI UYGULAMASI	47
ATMOSFERİK KOROZYONA DAYANIKLI ÇELİK CEPHE PANELLERİNİN ÇEVRESEL KOŞULLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	55
BURSA SETBAŞI KÜTÜPHANESİ: ÇATI VE CEPHE ÖZELLİKLERİ	65
GEÇMİŞ YANGINLARIN ÇIKARIMLARI VE ÖĞRETİLERİ	75
BİNA CEPHELERİNDE OLUŞAN TASARIM KAYNAKLI BOZULMALARIN İNCELENMESİ	85
KİL ESASLI YAPI MALZEMELERİNİN ÇATI VE CEPHELERDE GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI	99
EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARINDA ISI YALITIM KATMANI KONUMUNUN BİNA ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ	107
CEPHE TASARIMININ İÇ MEKÂN GÜNIŞIĞI PERFORMANSINA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ	119
CEPHELERDE KULLANILAN FOTOVOLTAİK PANELLERİN YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ	127
SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK KAPSAMINDA DONATILI GAZBETON ÇATI VE CEPHE ELEMANLARI	137
BİNA CEPHE SİSTEMİNDE DEKONSTRÜKSİYON OLANAKLARI	145
ILIMLI-NEMLİ İKLİM BÖLGESİNDE KEÇE TİP BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHE SİSTEMİ ISIL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	165
YANGIN EMNİYETİ VE CEPHE TASARIMI	181
YEŞİL BİNA KABUĞU ELEMANLARININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İNCELENMESİ	189
GERİ KAZANILMIŞ BETONUN ÇATI VE CEPHE İÇİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRMESİ	201
LONDRA 2012 OLİMPİYATLARI ULUSLARARASI YAYIN MERKEZİ ÇATISINDA YAĞMUR DARBE SESİ YALITIMI	213
CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON PANELLERİN DIŞ CEPHELERDE KULLANIMI	221
DIŞ GÖLGE ELEMANININ PENCERE BOYUTLARIYLA BAĞLANTILI GÖLGELEME VERİMİNİN ARAŞTIRILMASI	231
BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHELERİN ÇEVRESEL VE EKOLOJİK ETKİLERİ	241
POLİÜRETAN VE TAŞYÜNÜ DOLGULU KOMPOZİT PANELLERİN ÇEVRESEL PERFORMANSLARININ İRDELENMESİ	249

TOPLUMSAL FARKINDALIK AÇISINDAN YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mert Ekşi¹
Nisa Çizmecioglu²

Konu Başlık No: 4. Çatı ve Cephe Sistemlerinde Süreçler

TÜRKÇE ÖZET

Günümüzde kentleşme sonucunda ortaya çıkan yapısal yüzeyler, çevre açısından çeşitli olumsuz etkileri beraberinde getirmektedir. Yeşil çatı sistemleri ortaya çıkan sorunların giderilmesi açısından önemli çözümlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle dünyada çeşitli ülkelerde kentsel yeşil çatı politikaları uygulanmaktadır. Bu sayede yeşil çatı sistemlerinin teşvik edilerek toplum düzeyinde farkındalığın artırılması hedeflenmektedir. Ülkemizde son yıllarda yeşil çatı sistemleri uygulamalarında belirgin bir artış görülmekle birlikte, henüz bir politika yaklaşımı mevcut değildir. Gerçekleştirilen uygulamalar genellikle yeni yapılan bina inşaatlarında görülmekte ve bu sistemlerin uygun politikalar yardımıyla son yıllarda ülkemizde yaşanan kentsel dönüşüm sürecine dahil edilmesi önemli bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Politikaların hayata geçirilebilmesi içinse öncelikle toplumun bilgilendirilmesi ve bu sistemlere olan bakış açısının geliştirilmesi sağlanmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, yeşil çatı sistemlerinin toplumsal farkındalık düzeyi açısından değerlendirilmesini amaçlayan anket çalışmasının sonuçları sunulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar yardımıyla yeşil çatı kavramının toplum düzeyindeki tanınırlığı ve sosyal etkileri değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE

Yeşil çatı sistemleri, farkındalık, algı analizi, yeşil çatı politikaları, İstanbul.

ABSTRACT

Today, due to urbanization emerging structural surfaces brings several negative effects to the environment. Green roof systems are one of the important tools for mitigating those problems. Therefore, green roof policies implemented in several countries around the world. Thus, green roofs incentives available to increase awareness on public scale. In recent years, despite significant increase on green roof applications in Turkey green policy approach is still missing. Those systems mostly implemented on new buildings and it is considered as an opportunity to integrate those systems to the recent urban renewal phase in Turkey by implementing appropriate green roof policies. In order to implement green roof policies, first priority is to improve the public-awareness and the public attitudes related to green roofs.

In this study, findings of a survey study that aims to evaluate community awareness of green roofs in Turkey were demonstrated. Green roof awareness and social effects of those systems were evaluated through findings of this study.

KEYWORDS

Green roof systems, public awareness, perception analysis, green roof policies, İstanbul.

¹ Yrd.Doç.Dr. Mert EKŞİ, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Teknikleri Anabilim Dalı, 34473 Bahçeköy – Sarıyer, İstanbul, TÜRKİYE, T 0 212 338 24 00, F 0 212 226 11 13, merteksi@istanbul.edu.tr

² Nisa ÇİZMECİOĞLU, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 34473 Bahçeköy – Sarıyer, İstanbul, TÜRKİYE, T 0 534 879 35 19, nisacizmecioglu@gmail.com

1.GİRİŞ

Günümüzde sosyal, kültürel ve ekonomik gelişmeler nedeniyle, kentler insanların temel yaşam alanı haline gelmektedir. Bunun sonucu olarak ise kentleşme ve etkileri önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler 2016 yılı verilerine göre [1] günümüzde dünya nüfusunun yarısı kentlerde yaşamaktadır ve 2030 yılına kadar bu oranın %60'a ulaşması beklenmektedir. Kentleşmenin geldiği boyut ve iklim değişikliğinin etkileri, büyük oranda yapısal alanlarla kaplı kentsel alanlarda yüzeyssel akış [2,3], kentsel ısı adası etkisi [4,5] ve canlı çeşitliliğinin azalması [6,7] gibi başlıca sorunları beraberinde getirmektedir.

Dünyadaki sürece benzer biçimde, kentleşme süreci ülkemiz ölçeğinde son yıllarda hız kazanmıştır. 1927-2016 yıllarına ait Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) şehir (il ve ilçe merkezleri) ile köy ve belde nüfus verileri incelendiğinde [8], 1985 yılının şehir ve köy nüfusu açısından bir dönüm noktası olduğu görülmektedir. Bu yıldan günümüze kadar köy ve belde nüfusunda sürekli ve ciddi bir azalma gerçekleşmiş, şehirlerin nüfusu ise aynı oranda artmıştır. 2008 ve 2013 yıllarında kabul edilen iki yasa (5447 ve 6360) ile şehirlere katılan bazı bölgeler nedeniyle değerlerde belirgin artışlar görülmüştür. 1927 yılında ülke nüfusunun %28'i şehirlerde yaşamaktayken, 2008 yılı itibarıyla bu oran %70'in üzerine çıkmıştır. Bu etkinin en belirgin şekilde görüldüğü kentler, özellikle ülkemizin büyük şehirleridir. İstanbul'da da nüfus ve şehirleşme hızı, ülkemizdeki duruma paralel ve hatta daha kuvvetli biçimde devam etmektedir.

Kentleşmenin dünyada ve ülkemizde geldiği durum sonucunda, oluşan sorunların giderilmesi ya da azaltılması açısından açık yeşil alanlar dengeleyici bir etkiye [9] sahiptir. Kent ekosistemi içerisinde yapay yollarla oluşturulmuş bitki toplulukları olarak tanımlayabileceğimiz yeşil çatı sistemleri ise, doğal bir ekosistemin hizmetlerini tam anlamıyla gerçekleştirmekte zorlanmaktadır. Bu nedenle, yeşil çatı sistemleri ise kentlerde yeşil alanları destekleyici bileşenler olarak sınıflandırılabilirler. Bu kapsamda, yeşil çatı sistemleri kent ölçeğinde oluşan çeşitli sorunlar açısından düzenleyici bir rol üstlenmektedirler [10,11]. Var olan yapılaşma deseninde, yapılaşma sonucunda kaybedilmiş açık alanların yapılar üzerinde yeniden oluşturulması ve bu alanların kent içerisinde ekolojik birer adım taşı olarak planlanmaları yeşil çatı sistemleri ile mümkün olabilmektedir. Bu tip planlamaların yapılabilmesi için, öncelikle bir kentsel peyzaj politikası ya da kentsel yeşil çatı politikasının hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Kentsel yeşil çatı politikaları, gelişen dünya şehirlerinde uygulamaya konulmuş olan ve yeşil çatı sistemlerinin kentlerde teşvik edilmesini öngören yenilikçi yaklaşımlardır. Bu tip politikaların hayata geçirilebilmesi için de öncelikle kentte yaşayan insanların bu konuda bilgilendirilmesi ve konuyla ilgili farkındalıklarının artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda, ülkemizde de uygulamaları yaygınlaşmakta olan yeşil çatı sistemlerinin özellikle büyük kentlerimizden başlayarak var olan yapılar üzerinde uygulanması, artan yapılaşma ve nüfus yoğunluğu sebebi ile oluşan sorunların giderilmesine getirilecek çözümlerden biri olarak görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı yeşil çatı sistemlerinin toplum açısından algılanma biçiminin değerlendirilmesi ve bu sistemlerle ilgili bakış açısının geliştirilmesinin sağlanması olarak hedeflenmiştir. Toplumun konuyla ilgili bilgi ve bilinç düzeyinin artırılması, gelecekte geliştirilecek yeşil çatı politikaları için bir adım taşı oluşturacaktır.

2.MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada kişilerin yeşil çatı sistemleri konusundaki bilgi düzeyleri ve algıları değerlendirilmiş, bu sistemlere çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan çerçeve çizilmeye çalışılmıştır. Araştırma sırasında yeşil çatı sistemleri ve işlevleri, ana araştırma konusunu oluşturmaktadır. Araştırma sırasında yeşil çatı

politikalarının yanı sıra, bu sistemlerin sosyoekonomik ve psikolojik yönlerini inceleyen çalışmalar takip edilmiştir.

Çalışmada hazırlanan anket araştırmasında, Wilkinson vd. (2014) [12] tarafından Avustralya’da gerçekleştirilen “*Community Awareness of Green Roofs in Sydney*” (Sydney’de yeşil çatıların toplumsal farkındalığı) ile Canero vd. (2013) tarafından İspanya’da gerçekleştirilen “*Green roof systems: a study of public attitudes and preferences in southern Spain*” (Yeşil çatı sistemleri: Güney İspanya’da toplumun tutum ve tercihleri) [13] isimli çalışma örnek olarak alınmıştır. Uluslararası araştırmalar ölçeğinde elde edilen veriler yardımıyla yeşil çatı sistemlerinin toplum üzerindeki etkileriyle ilgili olarak ülkemiz koşullarına uygun bir anket tekniği geliştirilmiştir. Araştırma sırasında oluşturulan anket çalışması, insanların yeşil çatı sistemleri hakkındaki bilgi ve yaklaşımlarının denetlenebilmesi amacıyla üç ana konu üzerinde toplanmıştır. Bunlar; *yeşil çatı sistemleri konusunda farkındalık analizi*, *yeşil çatı sistemleri konusunda algı analizi* ve *yeşil çatı sistemlerinin fayda düzeylerine göre değerlendirilmesi* konularını kapsamaktadır.

Anket çalışması internet ortamında Google Documents Formlar yardımıyla katılımcılara ulaştırılmıştır. Anket çalışması <https://goo.gl/forms/j7Nrai8CfGpc5UC43> adresinde yer almaktadır. Anket çalışması 2017 Nisan ayında gerçekleştirilmiştir. Ankete toplam 274 kişi katılmıştır. Katılımcıları yaş gruplarına ve eğitim düzeylerine göre sınıflandırılarak anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma dört ana aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında katılımcıların yeşil çatı sistemleriyle ilgili bilgi düzeyleri ölçülmüştür. İkinci aşamada yeşil çatı sistemleri çevresel, ekonomik ve sosyal işlevlerine göre ayrılarak faydaları belirlenmiş ve katılımcıların bu özellikleri önem derecelerine göre değerlendirmeleri sonucunda, bir algı analizi elde edilmiştir.. Bu aşamada katılımcılardan çatı bahçeleri işlevlerinin kişisel öneme göre derecelendirilmesi istenmiştir. Bu kapsamda katılımcılara yeşil çatı sistemlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere toplamda 17 adet işlevi sunulmuş ve 5 farklı derecede derecelendirme imkanı verilmiştir. Değerlendirilmesi istenen işlevler Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo-1: Yeşil çatı sistemlerinin katılımcılar tarafından değerlendirilen işlevleri

Yeşil Çatı Sistemlerinin İşlevleri	
Çevresel İşlevler	-Toz ve duman seviyesinin azalması.
	- Gürültü seviyesinin azalması.
	- Yaşam alanı ve biyoçeşitliliğin artması. Bitki ve hayvanlar için doğal yaşam ortamı.
	- Hava kalitesinin artması.
	- Yapı üzerinde yeşil ve kullanılabilir alan kazanılması.
Ekonomik İşlevler	- Kentsel ısı adası etkisinin azalması. Kentte artan hava sıcaklığının normal değerlere düşmesi.
	- Yağış sonucu oluşan yüzeysel akışı düzenleme / su baskınlarını azaltma.
	- Su yalıtım sisteminin uzun ömürlü olması ile yenilenme maliyetinde azalma. Yeşil çatı sisteminin altında yer alması nedeniyle güneş ve diğer zararlı etkilerden korunması.
	- Isı yalıtımının artmasıyla ısınma maliyetinde azalma.
	- Yapının su giderlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi ile bakım ve onarım maliyetlerinin azalması
Sosyal İşlevler	- Tarımsal üretim amaçlı (sebze, meyve) kullanılabilme olanakları.
	- Gelişmiş ülkelerde yeşil çatı sistemi içeren yapılara teşvik amaçlı atık su vergisi indirimi vb. avantajların olması
	- Görünüm ve şehir manzarasının iyileştirilmesi.
	- Rekreasyon ve eğlence için yer sağlaması.
	- Bedensel ve zihinsel dinlenme sağlaması.
	- Toplumsal iletişimin gerçekleşmesi.
	- Kentsel yaşamı paylaşma.

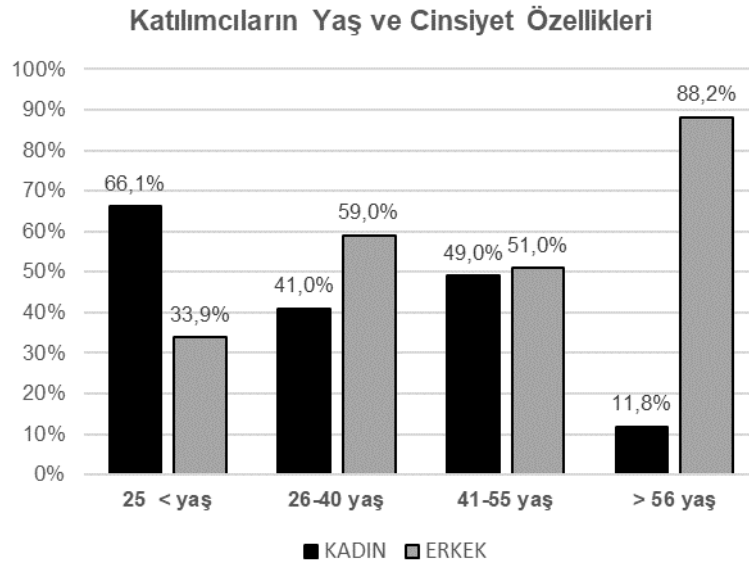
Çalışmanın ikinci aşamasında görsel bir analiz de gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara sunulan yeşil çatı sistemlerinin özellikleri doğrultusunda gösterilen 5 fotoğraf arasından kendileri için en uygun yeşil çatı sistemini seçmişlerdir.

Çalışmanın üçüncü ve son aşamasında ise katılımcılar yeşil çatı sistemlerini kullanım amaçları doğrultusunda değerlendirmişlerdir. Bu sayede katılımcıların öncelikli kullanım amacının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Yeşil çatı sistemleri için kullanım amaçları; *egzersiz ve spor yapmak, gıda amaçlı bitki yetiştirmek, arkadaşlar edinmek / sosyal alan, rekreasyon ve dinlenme alanı, ev ya da ofisten çıkıp kent içinde temiz hava elde edilmesi, kent içinde ek yeşil alan kullanımı, manzara izlemek, çocuklar için oyun alanı ve kokulu aromatik bitkileri dönemsel olarak izlemek* olarak belirlenmiştir.

3. BULGULAR

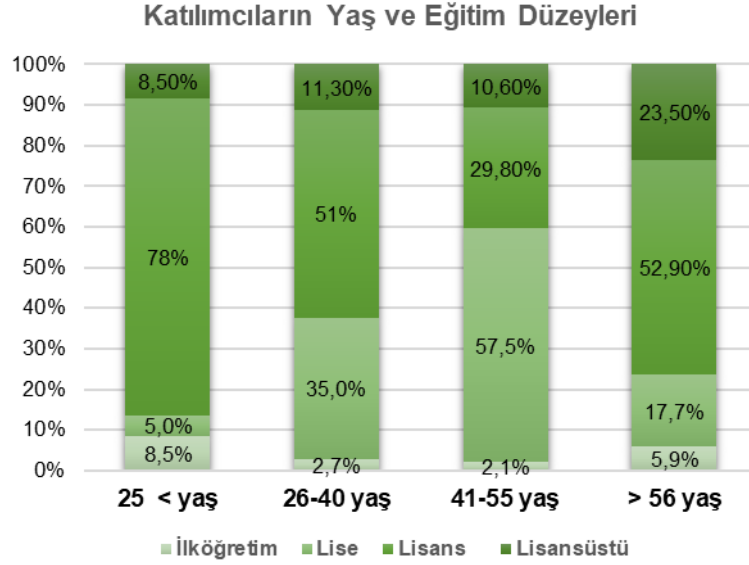
3.1.Katılımcıların sosyoekonomik özellikleri

Anket çalışmasında 274 katılımcıların % 46'sı kadın, % 54'ü ise erkektir. Katılımcılar cinsiyetlerine göre eşite yakın değerlerde bir dağılım göstermektedir. Katılımcıların yaş dağılımına bakıldığında, en kalabalık yaş grubu 26-40 yaş aralığında ki katılımcılardır. En düşük sayıya sahip yaş grubu ise 56 ve üstü yaş aralığındaki katılımcılardır. Ankete katılanlar arasında, 26-40, 41-55 ve 55 ve üstü yaş aralığına sahip katılımcılarda erkek oranı fazla iken sadece 25 ve altı yaş aralığındaki katılımcı grubunun kadın oranı erkek oranından fazladır. Gruplar arasında en orantısız yaş aralığı ise %88,2 erkek ve %11,8 kadın oranıyla 56 ve üstü yaş aralığına sahip katılımcı grubudur (Şekil 1).



Şekil-1 Katılımcıların yaş ve cinsiyet özellikleri

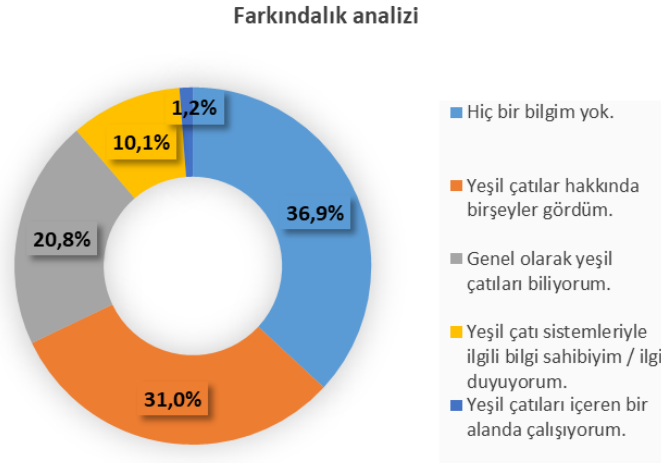
Katılımcıların eğitim düzeyi incelendiğinde, en yüksek oran lisans eğitimi (%53,3) olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra katılımcılar arasında çalışanların oranı çalışmayanlara göre daha yüksektir. Yaş grupları eğitim düzeyi açısından değerlendirildiğinde ise eğitim düzeyi en yüksek katılımcı grubu 25 ve altı yaş aralığındaki katılımcılardan oluşmaktadır. 41 - 55 yaş aralığındaki katılımcılar arasında ise ilköğretim ve lise eğitimi oranı fazladır (Şekil 2).



Şekil-2 Yaş gruplarına göre eğitim düzeyi dağılımı

3.2.Yeşil çatı sistemlerinin toplumsal farkındalık açısından değerlendirilmesi

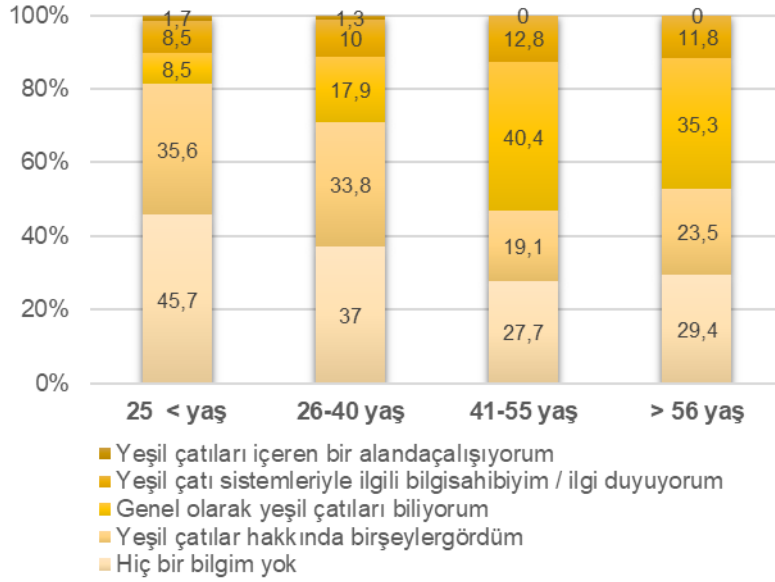
Anket çalışmasında katılımcıların yeşil çatı sistemleri hakkındaki bilgi düzeylerinin ve farkındalık seviyelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda katılımcıların %36,9'u yeşil çatı sistemleri ile ilgili “bilgisi olmadığını”, %31'i ise “yeşil çatı sistemleri ile ilgili bir şeyler gördüğünü” ifade etmiştir. Geriye kalan %32,1'lik kısım ise bu sistemler hakkında bilgi sahibi olduklarını ifade etmiştir. En düşük oran ise % 1,2 yeşil çatı sistemleriyle ilgili bir alanda çalışan kişiler olarak tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil-3 Katılımcıların yeşil çatı sistemleri hakkındaki bilgi düzeyleri (farkındalık analizi)

Yeşil çatı sistemleriyle ilgili olarak kadın katılımcıların yeşil çatı sistemlerine olan ilgisinin erkeklere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşın yeşil çatı sistemleri ile ilgili bir alanda çalışanlar yalnızca erkek katılımcılar arasından tespit edilmiştir. Anket sonuçlarına göre ağırlıklı olarak kadın katılımcılar yeşil çatı sistemleri hakkında bir şeyler gördüğünü, erkek katılımcılarda ise bu sistemler hakkında bilgilerinin olmadığını ifade etmişlerdir.

Anket katılımcılarının yaş dağılımlarına göre farkındalık düzeyleri değişkenlik göstermektedir. Yaş dağılımlarına bakıldığında daha yüksek yaş grupları olan 41-55 ve 56 ve üstü yaş grubundaki katılımcıların yeşil çatı sistemleriyle ilgili bilgi ve farkındalık düzeylerinin daha yüksek düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır. En genç yaş aralığına sahip 25 ve altı yaş grubundaki katılımcıların yeşil çatı sistemleriyle ilgili bilgi ve farkındalık düzeylerinin düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil-4).



Şekil-4 Katılımcıların yaşlarına göre yeşil çatı sistemleri hakkındaki bilgi düzeyleri (farkındalık analizi)

3.3.Yeşil çatı sistemlerinin algı açısından değerlendirmesi

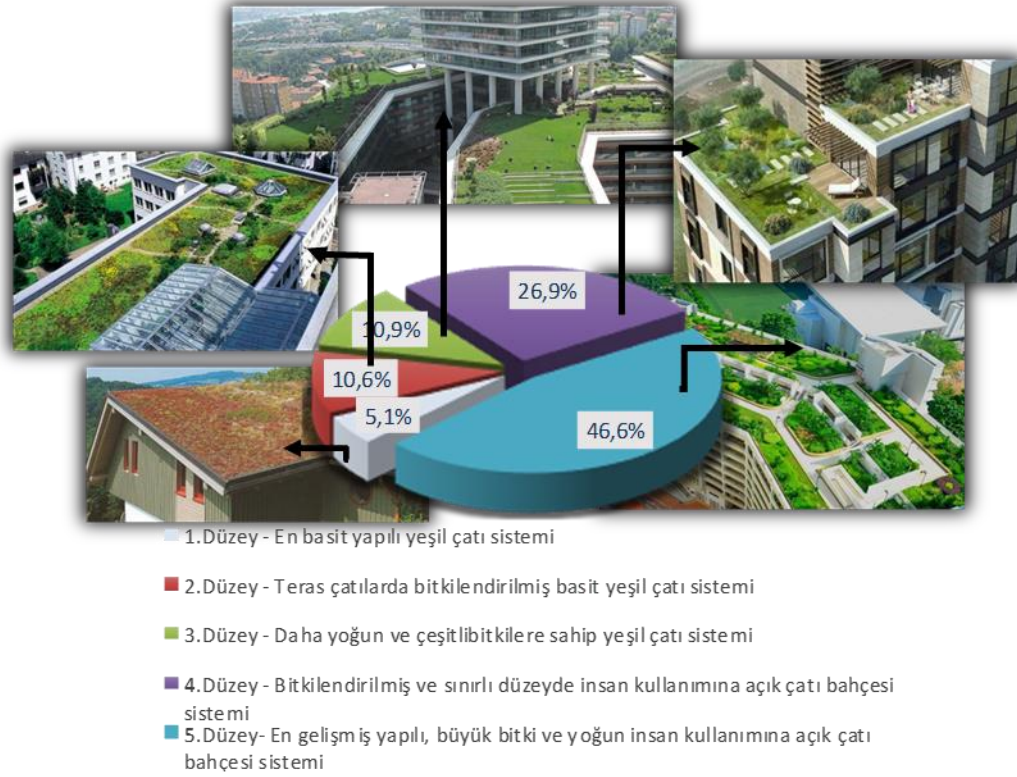
Yeşil çatı sistemlerinin işlevleri arasında, katılımcılar en yüksek önceliği % 81 oranında “*hava kalitesinin artması*” olarak tespit edilmiştir. Katılımcıların tercih ettiği ikinci en önemli işlev ise %68,6 oranında “*bedensel ve zihinsel dinlenme sağlaması*” olarak karşımıza çıkmaktadır. Üçüncü sıradaki işlev % 68,2 oran ile “*görünüm ve şehir manzarasının iyileştirilmesi*” olarak belirlenmiştir. Dördüncü sırada ise %66,1’lik orana sahip “*yaşam alanı ve biyoçeşitliliğin artması*” işlevi yer almaktadır. Katılımcılar tarafından en yüksek önceliğe sahip işlevlere baktığımızda bu işlevlerin öncelikle çevresel, görsel ve sosyal özelliklerde yoğunlaştığı görülmektedir.

Katılımcıların en düşük öncelik verdikleri işlevler sırasıyla; % 5,5 oranında “*yağış sonucu oluşan yüzeysel akışı düzenleme / su baskınlarını azaltma*”, %3,6 oranında “*toplumsal iletişimin gerçekleşmesi*” ve % 2,9 oranında “*kentsel yaşamı paylaşma*” olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların yeşil çatı sistemleri konusundaki algıları, bu sistemlerin çevresel işlevlerinin daha yüksek öncelik taşıdığını göstermektedir. Her gruba kendi içinde bakacak olursak çevresel işlevler yönünden hava kalitesinin artması, ekonomik yönden ısınma maliyetinin azalması ve sosyal yönden bedensel ve zihinsel dinlenme sağlaması ve şehir manzarasının iyileştirilmesi çatı bahçelerinin katılımcılar açısından önem değerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Katılımcılar tarafından önemsiz bulunan toplumsal iletişimin gerçekleşmesi işlevi ise, kent insanının bireysel yaşam arzusunda olduğu yönünde bir değerlendirmeyi beraberinde getirmektedir.

Katılımcıların daha rahat tercih yapabilmesi için yeşil çatı sistemleri arasındaki farklılıkları basit bir şekilde anlan grafiksel bir fotoğraf seçim çizelgesi hazırlanmıştır. Bu çizelgenin de yardımıyla katılımcılardan beş farklı çatı bahçesi tipinden kendi düşünceleri doğrultusunda kendileri için en uygun çatı bahçesinin fotoğrafının seçilmesi istenmiştir.

Katılımcıların % 46,6'sı yer seviyesindeki bir bahçe görünümünde, *büyük bitki ve yoğun insan kullanımına açık çatı bahçesi sistemi (5.düzye)* tercih etmişlerdir. Tercih oranı en düşük sistem ise %5,1'lik oranla yer örtücü ve otsu bitkilerle bitkilendirilmiş, hafif ve ekolojik amaçlı uygulanan "*basit yeşil çatı sistemi*" olmuştur (Şekil 6)

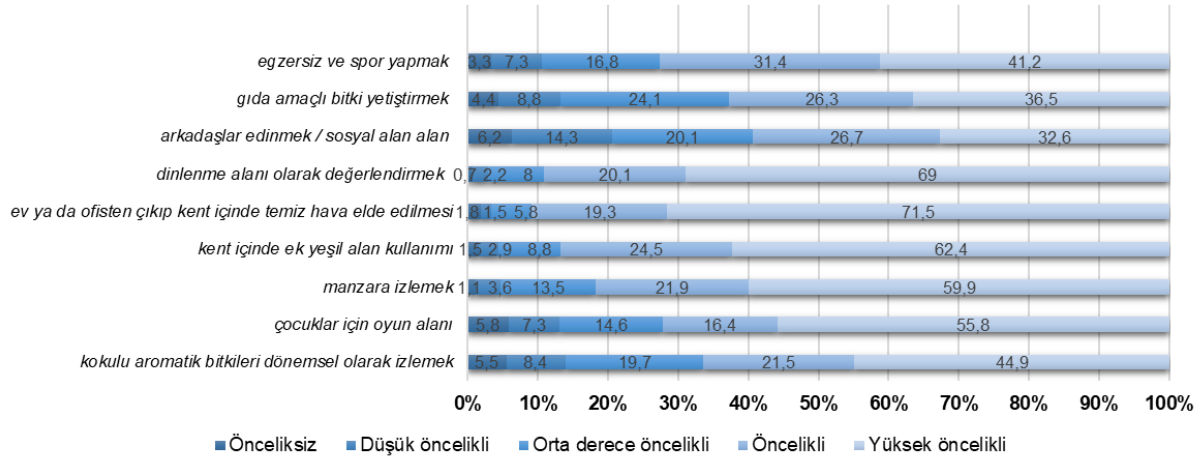


Şekil-6. Yeşil çatı sistemlerinin görsel açıdan değerlendirilmesi

3.4. Yeşil çatı sistemlerinin kullanım amaçlarına göre değerlendirilmesi

Katılımcılar yeşil çatı sistemleri için belirlenen dokuz kullanım amacını önem derecesine göre sıralamışlardır. Katılımcıların tercihleri sonucunda en yüksek önceliğe sahip kullanım %71,5 oranında "*ev/ofis ten çıkıp kent içinde temiz hava elde edilmesi*" olmuştur. İkinci en yüksek değer ise %69 oranında "*rekreasyon ve dinlenme alanı*" olarak tercih edilmiştir. Katılımcıların tercihleri sonucunda en düşük önceliğe sahip kullanım ise %6,2'lik orana sahip "*arkadaşlar edinmek / sosyal alan*" seçeneği olmuştur (Şekil 7).

Yeşil çatı sistemlerinin kullanım amaçları



Şekil-7 Yeşil çatı sistemlerinin kullanım amaçları

4.SONUÇ

Ülkemizdeki kentleşme süreci ile katılımcı görüşleri kapsamında bir değerlendirme yapıldığında önceliklerin birbiriyle örtüştüğü görülmektedir. Katılımcıların genel görüşü yeşil alan eksikliği temelinde yoğunlaşmıştır. Çalışma sonuçları ana hatlarıyla Wilkinson vd. (2014) [12] tarafından gerçekleştirilen çalışma ile örtüşmektedir. Kentlerin planlanmasında, yeşil alanların doğru planlanması ve kentte yaşayan insanların bu alanlara erişiminin sağlanması ve gerektiğinde yeşil çatı sistemleriyle desteklenmesi göz önüne alınmalıdır.

Çalışma sonuçları, katılımcıların yeşil çatı sistemleriyle ilgili bilgi ve farkındalık düzeylerinin yetersiz olduğunu göstermiştir. Fernandez-Cañero vd. (2013) [13] tarafından da önerildiği üzere yeşil çatı sistemlerinin yaygınlaştırılabilmesi ve doğru biçimde uygulanabilmesi toplumun bilinçlendirilmesine bağlıdır. Kentte yaşayan insanlara yeşil çatı sistemlerinin çevresel ve sosyal açıdan çeşitli katkılar sağladığı uygun şekilde iletilebilirse, gerekli durumlarda bu sistemlerin yaygınlaşabileceği öngörülmektedir. Bunun yanı sıra, yeşil çatı sistemlerinin ekonomik açıdan doğru anlatılması ve bu konuda yapılan bu yatırımın uzun vadede yapılara çeşitli faydalar sağlayabileceğinin ortaya koyulması önem taşımaktadır.

Bu çalışmaların devamı olarak yeşil çatıların uygulanması amacıyla yeşil çatı politikaları uygulanması söz konusu olabilir. Yeşil çatı politikalarının üretilmesi, uygulanması ve denetlenmesi konusunda merkezi ve yerel yönetimler ile sivil toplum kuruluşları bu konuda etkin bir görev almalıdırlar. Çalışmanın sonuçlarından da anlaşılabileceği üzere, kentte yaşayan insanların yeşil alan eksikliğinin yanı sıra ısı tasarrufu ve su yalıtımı açısından ekonomik bazı sıkıntılarının bulunduğu görülmektedir. Bu kapsamda yeşil çatı politikalarını yürürlüğe koymuş ülke ve kentler örnek alınarak çeşitli teşvikler ya da yasal zorunluluklar geliştirilmesi, bu sistemlerin kentlerimizde yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Vergilerde yapılabilecek indirimlerin yüksek derecede etkili olabileceği söylenebilir. Özellikle kentsel dönüşüm sürecinde olan bölgelerde, yeni yapılan inşaatlara bu tip zorunlulukların getirilmesi yeşil çatı sistemlerinin yaygınlaşmasına ve bu sistemlerle ilgili farkındalığının artmasına olanak sağlayacaktır. Ancak bunu gerçekleştirebilmek için öncelikle yerli malzeme, teknik ve ölçütlerin belirlenmesi ve ekonomik açıdan ulaşılabilirliğin sağlanması önemlidir.

Ülkemizde toplumun çevre ve şehircilik konusunda gerekli bilince ulaşması sonucunda, kent yaşamında yeşil çatı sistemlerinin önemi ortaya çıkacaktır. Bu nedenle, uygun yöntemlerle gerekli

bilgilendirme çalışmaları yapıldığı takdirde, yeşil yeşil çatı sistemlerinin yaygınlaştırılması ve geliştirilmesinin mümkün olduğu ortaya çıkmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division(2015). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*, (ST/ESA/SER.A/366).
- [2] Dietz, M. E., Clausen, J. C. 2008. Stormwater runoff and export changes with development in a traditional and low impact subdivision. *Journal of Environmental Management*, 87(4), 560-566.
- [3] Wang, L., Lyons, J., Kanehl, P., Bannerman, R., 2001. Impacts of urbanization on stream habitat and fish across multiple spatial scales. *Environmental Management*, 28(2), 255-266.
- [4] Kato, S., Yamaguchi, Y., 2005. Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM+ Data: Separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux. *Remote Sensing of Environment*, 99(1), 44-54.
- [5] Yuan, F., Bauer, M.E., 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote sensing of Environment*, 106(3), 375-386.
- [6] Miller, J.R., 2005. Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in ecology & evolution*, 20(8), 430-434.
- [7] McKinney, M.L., 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, 52(10), 883-890.
- [8] Türkiye İstatistik Kurumu, 2016. Temel İstatistikler, Ankara. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> [Ziyaret tarihi: 11 Aralık 2017]
- [9] Wong, N.H., Yu, C., 2005. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat international*, 29(3), 547-558.
- [10] Ekşi, M., 2013. A field study to evaluate the runoff quantity and stormwater retention of a typical extensive green roof in Bahçeköy, Istanbul. *Environment Protection Engineering*, 39(4), 79-89.
- [11] VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L., Fernandez, R.T., Xiao, L., 2005. Green roof stormwater retention. *Journal of Environmental Quality*, 34(3), 1036-1044.
- [12] Wilkinson, S.J., Osmond, P., Heller, A., Manion, J., Sumich, M., Sharman, L., 2014. Community awareness of green roofs in Sydney. *ZEMCH 2014 International Conference*, 5-7 Haziran 2015, Londrina, Brezilya.
- [13] Fernandez-Cañero, R., Emilsson, T., Fernandez-Barba, C., Machuca, M.Á.H., 2013. Green roof systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain. *Journal of Environmental Management*, 128, 106-115.

ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİNİN YAĞIŞ SUYU TOPLANMASINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

İbrahim Bektaş¹
Ahmet Emre Dinçer²
Z. Özlem Parlak Biçer³

Konu Başlık No: 3. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

TÜRKÇE ÖZET

Yapı bitiş elemanı olarak çatılar, farklı yağış tipleri ile yapıda ilk temas noktasıdır. Sahip olduğu bu özellik sayesinde çatıların, yağış sularının toplanarak yapı ve yakın çevresi için kullanılmasında önemli bir yere sahip olduğu düşünülmektedir. Bu durum, yapı elemanlarının katkısı ile çözümlenmesi adına, azalan su kaynaklarına destek olunması bakımından önemli görülmektedir. Ancak, çatılara düşen yağış sularının hepsinin depolanması mümkün olmamaktadır. Bu alanlardan elde edilecek yağış suyu miktarı toplama havzasının genişliğine, çatı kaplama malzemelerinin özelliğine ve en önemlisi yağış miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda, bu çalışmada Safranbolu iklim verileri baz alınarak farklı çatı kaplama malzemelerinin yağış suyu toplanmasına etkisi incelenmekte ve azalan su kaynaklarına ekolojik olarak katkılarının değerlendirilmesi yapılmaktadır. Çalışmanın ekolojik olarak yapı malzemesi seçimine, yağış sularının toplanarak kullanılması gibi alanlara katkı sağlanması hedeflenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Çatı Kaplama Malzemeleri, Yağış Sularının Toplanması, Safranbolu.

ABSTRACT

Roofs as the building finishing elements are the first contact point with different precipitation types in the building. It is thought that roofs have an important place owing to collecting of rain water for use in the structure and its surrounding area. This situation is also crucial in terms of supporting the decreasing water resources in order to solve with the contribution of the building elements. However, it is not possible to store all of the amount of rainfall falling from the roof. The amount of precipitation to be obtained from these areas varies depending on the size of the collection basin, the nature of the roofing materials and the amount of rainfall that is the most important. In this context, based on Safranbolu climate data, the effect of different roof materials on the collection of rainwater is searched and evaluation of ecological contributions is made to decreasing water resources. The aim of the study is to contribute ecologically to the selection of construction materials, to the use of storm water in storage and use.

KEYWORDS: Roofing Materials, Rain Water Harvesting, Safranbolu

¹ İbrahim BEKTAŞ, Karabük Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 0370 418 80 90, ibrahimbektas@karabuk.edu.tr

² Ahmet Emre DİNÇER, Karabük Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 0370 418 80 90, aedincer@karabuk.edu.tr

³ Z. Özlem PARLAK BİÇER, Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 0352 437 52 82, parlako@erciyes.edu.tr

1. GİRİŞ

Sera gazları (CO_2 , CH_4 , N_2O vb.) yeryüzünden yansıyan ışınları atmosferde tutarak sıcaklığın artmasına sebep olmaktadır. Atmosferde sera gazı miktarının artması daha fazla ısınmaya neden olarak iklim değişikliklerini ortaya çıkarmaktadır. Bu değişiklikler su döngüsünün önemli bir parçası olan yağışlarda düzensizlikler meydana gelerek bölgesel düzeyde rekor yağış ve kuraklıklar oluşmakta, dolayısıyla su kaynakları etkilenmektedir.

Su kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılabilmesi için artan su geçirimsiz yüzeylerden toplanan yağış sularının kent atık su şebekesine verilmesi yerine, ilk elden değerlendirilmesi günümüz şartlarında sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bunun için en uygun yöntem ilk çağlardan beri kullanılagelen yağış sularının toplanarak yapı içerisinde kullanılmasıdır.

Yapıların çeşitli doğa olaylarından koruyucu örtüsü olarak çatılar, yağışlarla ilk ve yoğun temas noktasıdır. Özellikle sık yerleşmenin olduğu kentlerde neredeyse yağışların tamamı bu noktalara düşmektedir. Bu yüzden artan tüketim ve azalan kaynaklar nedeniyle geri dönüşüme ve sürdürülebilir mimariye daha fazla önem verilmeye başlandığı çağımızda çatılardan yağış sularının toplanarak kullanılması ve değerlendirilmesi yaygınlaşmaktadır. Ancak çatı yüzeyine düşen yağış sularının %100 verim ile toplanarak kullanılması mümkün olamamaktadır [1]. Burada en önemli etken çatı kaplama malzemeleridir. Bu çalışma kapsamında Safranbolu’da belirlenen bir bölgede alan çalışması ile, temel olarak, çatı kaplama malzemelerinin yağış suyu toplanmasına etkisi incelenmektedir.

2. ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ

Yağış sularının temas ettiği kaplama malzemeleri üretildikleri hammaddeye göre değişik oranlarda su emme oranına sahiptir. Bu kaplama malzemeleri üretim durumlarına göre çeşitli boyutlarda imal edilmekte olup sızdırmaz özelliktedir. Kaplama malzemeleri boyut olarak farklı ideal eğimlerde kullanılmaktadır. Çatılarda kullanılan kaplama malzemelerini şöyle sıralanmaktadır [2];

- Kil esaslı malzemeler,
- Çimento esaslı malzemeler,
- Metal esaslı malzemeler,
- Bitüm esaslı malzemeler,
- Polimer malzemeler,
- Cam Malzemeler,
- Doğal taş kaplamalar,
- Bitkisel malzemelerdir,

Yağış suyu toplamada düşünülmesi gereken en önemli nokta kaplama malzemesi seçimi olmalıdır. Kaplama malzemesi seçiminde malzemenin mimari tasarımıyla uyumlu olması, iklim koşullarına karşı direnci, kullanım ömrü gibi etkenlerin yanında yağış suyu ile etkileşimi de dikkate alınması gerekmektedir. Zira çatı kaplama malzemeleri üretildikleri malzemelerin özelliklerinden dolayı yağış sularının toplanmasına doğrudan etki etmektedir. Bundan başka toplanacak yağış sularının kullanım amacı da bu duruma eklenmelidir. Her ne kadar arıtma sistemleri gelişmiş olsa da içme suyu olarak kullanılması amaçlanan durumlarda malzeme seçiminde özellikle bitüm esaslı malzemeler toksin özellik gösterebileceği için tercih edilmemelidir.

3. ÇATI YÜZEYLERİNDEN YAĞIŞ SUYU TOPLANMA HESABI VE ÖRNEK UYGULAMA

Yağış sularının depolanmasında en fazla verimi alabilmek için toplama alanlarına düşen yağış suyu miktarı hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamada yağış sularının yatay düzlemde düşeceği alan,

malzeme çeşitliliğinde çeşitli unsurlara göre belirlenmiş akış katsayısı ve yağış miktarı kullanılmaktadır. Bu bağlamda genel olarak çatı yüzeylerinden elde edilecek su miktarını belirlemede kullanılan denklem [1];

$$[Q = c \times i \times A] \text{ dir.}$$

Burada;

Q : m³/süre ya da lt/süre sonunda elde edilen su miktarı,

c : Yağışın akışa dönüştürülme katsayısı,

i : mm/saat 'te m² ye düşen yağış miktarı,

A : yatay düzlemde çatıların kapladığı m² alandır.

Akış katsayısı “c”, birim zamanda yağış toplama alanından iletim kanallarına varan su miktarı ile bu bölgeye düşen maksimum yağış miktarı arasındaki orandır. Bu oran 0-1 arasındadır ve belirli etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Bunlar [1];

- Çatı kaplama malzemesi,
- Yüzey sıcaklığı, buharlaşma durumu,
- Damlaların çatı yüzeyinden sıçraması,
- Rüzgâr-yağmur etkileşimi gibi etmenlerdir.

Toplanacak su miktarını belirlemede kullanılan “c” katsayısı, tüm malzemeler için dış ortam koşulları aynı olduğu varsayıldığında su emme oranı, pürüzlülük, yıpranmışlık gibi durumlara göre değişiklik göstermektedir. Bu katsayılar Çizelge 1’de belirtilmiştir [1].

Çizelge 1. Malzeme türüne göre akış katsayısı [1,3].

Malzeme	Su Emme Oranı	Akış Katsayısı (c)
Kil Esaslı Malzemeler	% 13	Yıpranmış Eski: 0,75 Yıpranmamış Eski:0,80 Yeni: 0,90
Çimento Esaslı Malzemeler	% 3-17	Yıpranmış Eski: 0,60 Yıpranmamış Eski:0,70 Yeni: 0,80
Metal Malzemeler	%0	Dalgalı Eski: 0,70 Dalgasız Eski: 0,75 Dalgalı Yeni: 0,85 Dalgasız Yeni: 0,90
Bitüm Esaslı Malzemeler	%0-20	Yıpranmış Eski: 0,70 Yıpranmamış Eski:0,75 Yeni: 0,80
Polimer Malzemeler	%0-0,8	Yıpranmış Eski: 0,80 Yıpranmamış Eski:0,85 Yeni: 0,90
Cam Malzemeler	%0	0,90
Doğal Taş Malzeme	%3	Yıpranmış Eski: 0,20 Yıpranmamış Eski:0,35 Yeni: 0,50
Bitkisel Malzemeler	%15-150	0,05-0,10

Örnek uygulamada, yağmur suyu toplanmasına yönelik hesaplamalarda çalışma alanı olarak belirlenen ve Karadeniz Bölgesinin batısında yer alan Karabük ili Safranbolu ilçesi seçilmiştir. Safranbolu, kültür varlıkları sayesinde UNESCO World Heritage City listesinde yer alan bir kenttir. Bölge, İç Anadolu ile Karadeniz bölgeleri arasında iklim geçiş kuşağında yer almaktadır. Yağışlar, Karadeniz ikliminin etkisiyle mevsimlere dağılmakla birlikte karasal iklim etkisiyle en çok yılın ilk yarısında görülmektedir [4].

Yağış suyunun toplanmasına yönelik yapılan hesaplamalar yapılırken Safranbolu ilçesi özelinde iklim verisi olmadığı için 2005-2014 yılları arasındaki Karabük ili yağış verilerinin en yüksek, ortalama ve en düşük yağış miktarları kullanılmıştır (Çizelge 3).

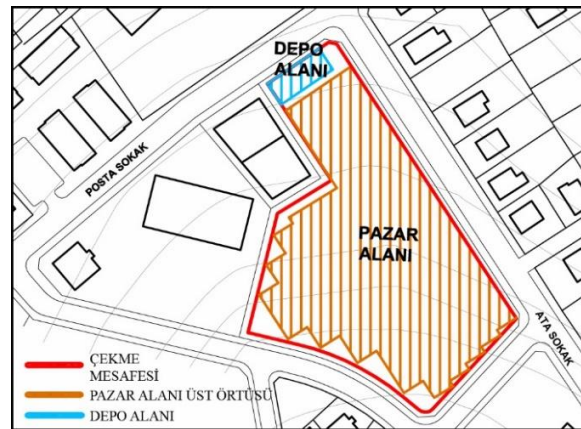
Çizelge 3. Karabük ili 2005-2014 yılları arası en yüksek, ortalama ve en düşük yağış verileri [5].

BİRİM/AY (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EN YÜKSEK	103,80	87,40	80,80	95,60	85,00	110,70	60,80	29,00	109,40	108,20	43,60	84,10
ORTALAMA	42,14	31,90	51,99	52,07	46,06	60,02	23,22	11,20	43,42	48,18	20,61	41,24
EN DÜŞÜK	16,40	3,40	25,00	1,20	11,80	17,40	4,40	0,20	1,00	9,60	2,40	21,60

Safranbolu ilçesinde haftalık olarak kullanılan bir açık pazar alanı bulunmaktadır (Şekil 2). Haftada bir gün kullanılan pazar yeri diğer günlerde, Safranbolu-Üniversite arasında hizmet veren minibüslerin bekleme yeri ve otopark alanı olarak kullanılmaktadır. Çalışmada bu alanın yağış suyunun toplanması açısından değerlendirilebileceği düşünülerek pazar yeri üzerinde bir üst örtü oluşturulmuştur (Şekil 3). Oluşturulan alanda kullanılacak çatı kaplama malzemelerinin yeni ve zamanla yıpranarak eskimiş olma durumlarına göre toplanabilecek yağış suyu miktarı hesaplanarak (Çizelge 4 ve Çizelge 5) karşılaştırılmaları yapılmıştır.



Şekil 2. Safranbolu Perşembe pazarı alanı [6].

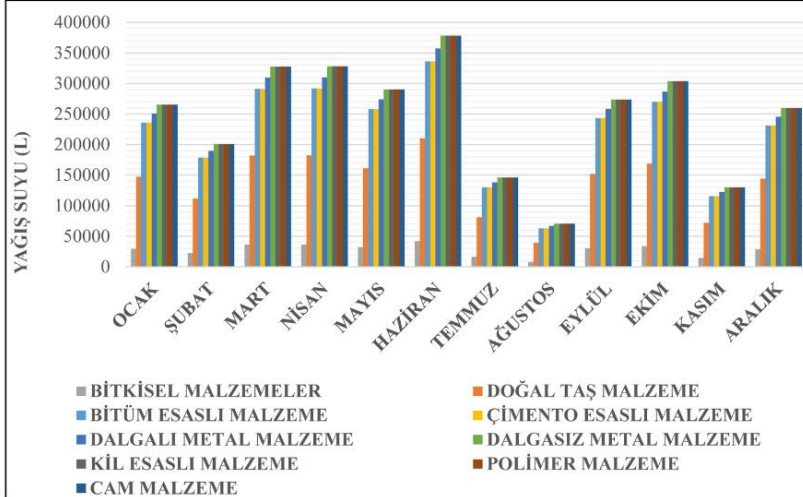


Şekil 3. Safranbolu Perşembe pazarı üst örtü ve yağış suyu depo alanı.

Çizelge 4. Safranbolu Perşembe pazar alanı için yeni malzeme ile yağış suyu toplama hesabı [7].

Malzeme /Aylar		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bitkisel Malzeme	En Düşük	11480 lt (11,48 m³)	2380 lt (2,38 m³)	17500 lt (17,5 m³)	840 lt (0,84 m³)	8260 lt (8,26 m³)	12180 lt (12,18 m³)	3080 lt (3,08 m³)	140 lt (0,14 m³)	700 lt (0,7 m³)	6720 lt (6,72 m³)	1680 lt (1,68 m³)	15120 lt (15,12 m³)
	Ortalama	29498 lt (29,498 m³)	22330 lt (22,33 m³)	36393 lt (36,393 m³)	36449 lt (36,449 m³)	32242 lt (32,242 m³)	42014 lt (42,014 m³)	16254 lt (16,254 m³)	7840 lt (7,84 m³)	30394 lt (30,394 m³)	33726 lt (33,726 m³)	14427 lt (14,427 m³)	28868 lt (28,868 m³)
	En Yüksek	72660 lt (72,66 m³)	61180 lt (61,18 m³)	56560 lt (56,56 m³)	66920 lt (66,92 m³)	59500 lt (59,5 m³)	77490 lt (77,49 m³)	42560 lt (42,56 m³)	20300 lt (20,3 m³)	76580 lt (76,58 m³)	75740 lt (75,74 m³)	30520 lt (30,52 m³)	58870 lt (58,87 m³)
Doğal Taş Malzeme	En Düşük	57400 lt (57,4 m³)	11900 lt (11,9 m³)	87500 lt (87,5 m³)	4200 lt (4,2 m³)	41300 lt (41,3 m³)	60900 lt (60,9 m³)	15400 lt (15,4 m³)	700 lt (0,7 m³)	3500 lt (3,5 m³)	33600 lt (33,6 m³)	8400 lt (8,4 m³)	75600 lt (75,6 m³)
	Ortalama	147490 lt (147,49 m³)	111650 lt (111,65 m³)	181965 lt (181,965 m³)	182245 lt (182,245 m³)	161210 lt (161,21 m³)	210070 lt (210,07 m³)	81270 lt (81,27 m³)	39200 lt (39,2 m³)	151970 lt (151,97 m³)	168630 lt (168,63 m³)	72135 lt (72,135 m³)	144340 lt (144,34 m³)
	En Yüksek	363300 lt (363,3 m³)	305900 lt (305,9 m³)	282800 lt (282,8 m³)	334600 lt (334,6 m³)	297500 lt (297,5 m³)	387450 lt (387,45 m³)	212800 lt (212,8 m³)	101500 lt (101,5 m³)	382900 lt (382,9 m³)	378700 lt (378,7 m³)	152600 lt (152,6 m³)	294350 lt (294,35 m³)
Çimento Malzeme	En Düşük	91840 lt (91,84 m³)	19040 lt (19,04 m³)	140000 lt (140 m³)	6720 lt (6,72 m³)	66080 lt (66,08 m³)	97440 lt (97,44 m³)	24640 lt (24,64 m³)	1120 lt (1,12 m³)	5600 lt (5,6 m³)	53760 lt (53,76 m³)	13440 lt (13,44 m³)	120960 lt (120,96 m³)
	Ortalama	235984 lt (235,984 m³)	178640 lt (178,64 m³)	291144 lt (291,144 m³)	291592 lt (291,592 m³)	257936 lt (257,936 m³)	336112 lt (336,112 m³)	130032 lt (130,032 m³)	62720 lt (62,72 m³)	243152 lt (243,152 m³)	269808 lt (269,808 m³)	115416 lt (115,416 m³)	230944 lt (230,944 m³)
	En Yüksek	581280 lt (581,28 m³)	489440 lt (489,44 m³)	452480 lt (452,48 m³)	535360 lt (535,36 m³)	476000 lt (476 m³)	619920 lt (619,92 m³)	340480 lt (340,48 m³)	142100 lt (142,1 m³)	612640 lt (612,64 m³)	605920 lt (605,92 m³)	244160 lt (244,16 m³)	470960 lt (470,96 m³)
Bitümlü Malzeme	En Düşük	91840 lt (91,84 m³)	19040 lt (19,04 m³)	140000 lt (140 m³)	6720 lt (6,72 m³)	66080 lt (66,08 m³)	97440 lt (97,44 m³)	24640 lt (24,64 m³)	1120 lt (1,12 m³)	5600 lt (5,6 m³)	53760 lt (53,76 m³)	13440 lt (13,44 m³)	120960 lt (120,96 m³)
	Ortalama	235984 lt (235,984 m³)	178640 lt (178,64 m³)	291144 lt (291,144 m³)	291592 lt (291,592 m³)	257936 lt (257,936 m³)	336112 lt (336,112 m³)	130032 lt (130,032 m³)	62720 lt (62,72 m³)	243152 lt (243,152 m³)	269808 lt (269,808 m³)	115416 lt (115,416 m³)	230944 lt (230,944 m³)
	En Yüksek	581280 lt (581,28 m³)	489440 lt (489,44 m³)	452480 lt (452,48 m³)	535360 lt (535,36 m³)	476000 lt (476 m³)	619920 lt (619,92 m³)	340480 lt (340,48 m³)	142100 lt (142,1 m³)	612640 lt (612,64 m³)	605920 lt (605,92 m³)	244160 lt (244,16 m³)	470960 lt (470,96 m³)
Dalgalı Metal Malzeme	En Düşük	97580 lt (97,58 m³)	20230 lt (20,23 m³)	148750 lt (148,75 m³)	7140 lt (7,14 m³)	70210 lt (70,21 m³)	103530 lt (103,53 m³)	26180 lt (26,18 m³)	1190 lt (1,19 m³)	5950 lt (5,95 m³)	57120 lt (57,12 m³)	14280 lt (14,28 m³)	128520 lt (128,52 m³)
	Ortalama	250733 lt (250,733 m³)	189805 lt (189,805 m³)	309341 lt (309,341 m³)	309817 lt (309,817 m³)	274057 lt (274,057 m³)	357119 lt (357,119 m³)	138159 lt (138,159 m³)	66640 lt (66,64 m³)	258349 lt (258,349 m³)	286671 lt (286,671 m³)	122630 lt (122,63 m³)	245378 lt (245,378 m³)
	En Yüksek	617610 lt (61,761 m³)	520030 lt (520,03 m³)	480760 lt (480,76 m³)	568820 lt (568,82 m³)	505750 lt (505,75 m³)	658665 lt (658,665 m³)	361760 lt (361,76 m³)	172550 lt (172,55 m³)	650930 lt (650,93 m³)	643790 lt (643,79 m³)	259420 lt (259,42 m³)	500395 lt (500,395 m³)
Dalgasız Metal Malzeme	En Düşük	103320 lt (103,32 m³)	21420 lt (21,42 m³)	157500 lt (157,5 m³)	7560 lt (7,56 m³)	74340 lt (74,34 m³)	109620 lt (109,62 m³)	27720 lt (27,72 m³)	1260 lt (1,26 m³)	6300 lt (6,3 m³)	60480 lt (60,48 m³)	15120 lt (15,12 m³)	136080 lt (136,08 m³)
	Ortalama	265482 lt (265,482 m³)	200970 lt (200,97 m³)	327537 lt (327,537 m³)	328041 lt (328,041 m³)	290178 lt (290,178 m³)	378126 lt (378,126 m³)	146286 lt (146,286 m³)	70560 lt (70,56 m³)	273546 lt (273,546 m³)	303534 lt (303,534 m³)	129843 lt (129,843 m³)	259812 lt (259,812 m³)
	En Yüksek	653940 lt (653,94 m³)	550620 lt (550,62 m³)	509040 lt (509,04 m³)	602280 lt (602,28 m³)	535500 lt (535,5 m³)	697410 lt (697,41 m³)	383040 lt (383,04 m³)	182700 lt (182,7 m³)	689220 lt (689,22 m³)	681660 lt (681,66 m³)	274680 lt (274,68 m³)	529830 lt (529,830 m³)
Kil Esaslı Malzeme	En Düşük	103320 lt (103,32 m³)	21420 lt (21,42 m³)	157500 lt (157,5 m³)	7560 lt (7,56 m³)	74340 lt (74,34 m³)	109620 lt (109,62 m³)	27720 lt (27,72 m³)	1260 lt (1,26 m³)	6300 lt (6,3 m³)	60480 lt (60,48 m³)	15120 lt (15,12 m³)	136080 lt (136,08 m³)
	Ortalama	265482 lt (265,482 m³)	200970 lt (200,97 m³)	327537 lt (327,537 m³)	328041 lt (328,041 m³)	290178 lt (290,178 m³)	378126 lt (378,126 m³)	146286 lt (146,286 m³)	70560 lt (70,56 m³)	273546 lt (273,546 m³)	303534 lt (303,534 m³)	129843 lt (129,843 m³)	259812 lt (259,812 m³)
	En Yüksek	653940 lt (653,94 m³)	550620 lt (550,62 m³)	509040 lt (509,04 m³)	602280 lt (602,28 m³)	535500 lt (535,5 m³)	697410 lt (697,41 m³)	383040 lt (383,04 m³)	182700 lt (182,7 m³)	689220 lt (689,22 m³)	681660 lt (681,66 m³)	274680 lt (274,68 m³)	529830 lt (529,830 m³)
Polimer Malzeme	En Düşük	103320 lt (103,32 m³)	21420 lt (21,42 m³)	157500 lt (157,5 m³)	7560 lt (7,56 m³)	74340 lt (74,34 m³)	109620 lt (109,62 m³)	27720 lt (27,72 m³)	1260 lt (1,26 m³)	6300 lt (6,3 m³)	60480 lt (60,48 m³)	15120 lt (15,12 m³)	136080 lt (136,08 m³)
	Ortalama	265482 lt (265,482 m³)	200970 lt (200,97 m³)	327537 lt (327,537 m³)	328041 lt (328,041 m³)	290178 lt (290,178 m³)	378126 lt (378,126 m³)	146286 lt (146,286 m³)	70560 lt (70,56 m³)	273546 lt (273,546 m³)	303534 lt (303,534 m³)	129843 lt (129,843 m³)	259812 lt (259,812 m³)
	En Yüksek	653940 lt (653,94 m³)	550620 lt (550,62 m³)	509040 lt (509,04 m³)	602280 lt (602,28 m³)	535500 lt (535,5 m³)	697410 lt (697,41 m³)	383040 lt (383,04 m³)	182700 lt (182,7 m³)	689220 lt (689,22 m³)	681660 lt (681,66 m³)	274680 lt (274,68 m³)	529830 lt (529,830 m³)
Cam Malzeme	En Düşük	103320 lt (103,32 m³)	21420 lt (21,42 m³)	157500 lt (157,5 m³)	7560 lt (7,56 m³)	74340 lt (74,34 m³)	109620 lt (109,62 m³)	27720 lt (27,72 m³)	1260 lt (1,26 m³)	6300 lt (6,3 m³)	60480 lt (60,48 m³)	15120 lt (15,12 m³)	136080 lt (136,08 m³)
	Ortalama	265482 lt (265,482 m³)	200970 lt (200,97 m³)	327537 lt (327,537 m³)	328041 lt (328,041 m³)	290178 lt (290,178 m³)	378126 lt (378,126 m³)	146286 lt (146,286 m³)	70560 lt (70,56 m³)	273546 lt (273,546 m³)	303534 lt (303,534 m³)	129843 lt (129,843 m³)	259812 lt (259,812 m³)
	En Yüksek	653940 lt (653,94 m³)	550620 lt (550,62 m³)	509040 lt (509,04 m³)	602280 lt (602,28 m³)	535500 lt (535,5 m³)	697410 lt (697,41 m³)	383040 lt (383,04 m³)	182700 lt (182,7 m³)	689220 lt (689,22 m³)	681660 lt (681,66 m³)	274680 lt (274,68 m³)	529830 lt (529,830 m³)

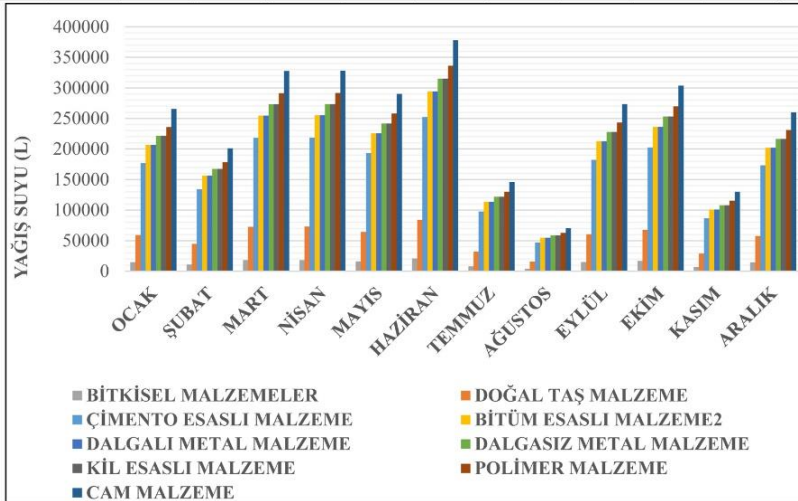
Grafik



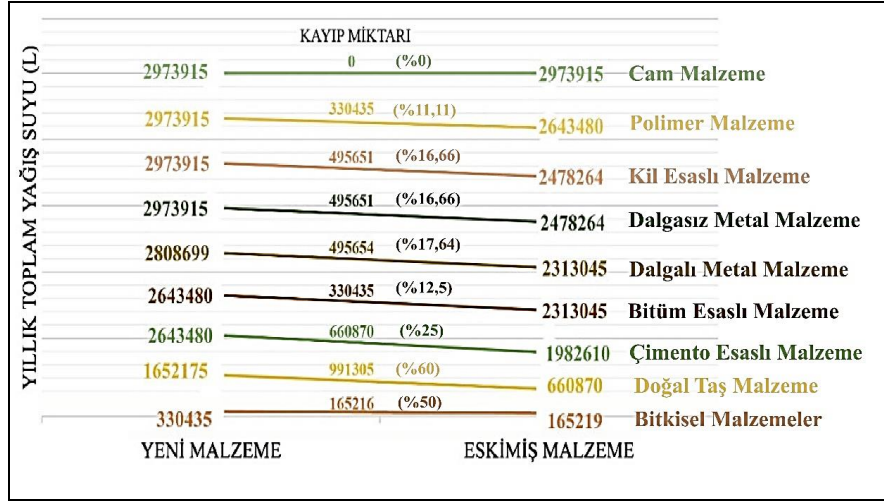
Çizelge 5. Safranbolu Perşembe pazar alanı için yıpranıp eskimiş malzeme ile yağış suyu toplama hesabı [7].

Malzeme /Aylar		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bitkisel Malzeme	En Düşük	5740 lt (5,74 m ³)	1190 lt (1,19 m ³)	8750 lt (8,75 m ³)	420 lt (0,42 m ³)	4130 lt (4,13 m ³)	6090 lt (6,09 m ³)	1540 lt (1,54 m ³)	70 lt (0,07 m ³)	35 lt (0,35 m ³)	3360 lt (3,36 m ³)	840 lt (0,84 m ³)	7560 lt (7,56 m ³)
	Ortalama	14749 lt (14,749 m ³)	11165 lt (11,165 m ³)	18197 lt (18,197 m ³)	18225 lt (18,225 m ³)	16121 lt (16,121 m ³)	21007 lt (21,007 m ³)	8127 lt (8,127 m ³)	3920 lt (3,92 m ³)	15197 lt (15,197 m ³)	16863 lt (16,863 m ³)	7214 lt (7,214 m ³)	14434 lt (14,434 m ³)
	En Yüksek	36330 lt (36,33 m ³)	30590 lt (30,59 m ³)	28280 lt (28,28 m ³)	33460 lt (33,46 m ³)	29750 lt (29,75 m ³)	38745 lt (38,745 m ³)	21280 lt (21,28 m ³)	10150 lt (10,15 m ³)	38290 lt (38,29 m ³)	37870 lt (37,87 m ³)	15260 lt (15,26 m ³)	29435 lt (29,435 m ³)
Doğal Taş Malzeme	En Düşük	22960 lt (22,96 m ³)	4760 lt (4,76 m ³)	35000 lt (35 m ³)	1680 lt (1,68 m ³)	16520 lt (16,52 m ³)	24360 lt (24,36 m ³)	6160 lt (6,16 m ³)	280 lt (0,28 m ³)	1400 lt (1,4 m ³)	13440 lt (13,44 m ³)	3360 lt (3,36 m ³)	30240 lt (30,24 m ³)
	Ortalama	58996 lt (58,996 m ³)	44660 lt (44,66 m ³)	72786 lt (72,786 m ³)	72898 lt (72,898 m ³)	64484 lt (64,484 m ³)	84028 lt (84,028 m ³)	32508 lt (32,508 m ³)	15680 lt (15,68 m ³)	60788 lt (60,788 m ³)	67452 lt (67,452 m ³)	28854 lt (28,854 m ³)	57736 lt (57,736 m ³)
	En Yüksek	145320 lt (145,32 m ³)	122360 lt (122,36 m ³)	113120 lt (113,12 m ³)	133840 lt (133,84 m ³)	119000 lt (119 m ³)	154980 lt (154,98 m ³)	85120 lt (85,12 m ³)	40600 lt (40,6 m ³)	153160 lt (153,16 m ³)	151480 lt (151,48 m ³)	61040 lt (61,04 m ³)	117740 lt (117,74 m ³)
Çimento Malzeme	En Düşük	68880 lt (68,88 m ³)	14280 lt (14,28 m ³)	105000 lt (105 m ³)	5040 lt (5,04 m ³)	49560 lt (49,56 m ³)	73080 lt (73,08 m ³)	18480 lt (18,48 m ³)	840 lt (0,84 m ³)	4200 lt (4,2 m ³)	40320 lt (40,32 m ³)	10080 lt (10,08 m ³)	90720 lt (90,72 m ³)
	Ortalama	176988 lt (176,988 m ³)	133980 lt (133,98 m ³)	218358 lt (218,358 m ³)	218694 lt (218,694 m ³)	193452 lt (193,452 m ³)	252084 lt (252,084 m ³)	97524 lt (97,524 m ³)	47040 lt (47,04 m ³)	182364 lt (182,364 m ³)	202356 lt (202,356 m ³)	86562 lt (86,562 m ³)	173208 lt (173,208 m ³)
	En Yüksek	435960 lt (435,96 m ³)	367080 lt (367,08 m ³)	339360 lt (339,36 m ³)	401520 lt (401,52 m ³)	357000 lt (357 m ³)	464940 lt (464,94 m ³)	255360 lt (255,36 m ³)	121800 lt (121,8 m ³)	459480 lt (459,48 m ³)	454440 lt (454,44 m ³)	183120 lt (183,12 m ³)	353220 lt (353,22 m ³)
Bitümlü Malzeme	En Düşük	80360 lt (80,36 m ³)	16660 lt (16,66 m ³)	122500 lt (122,5 m ³)	5880 lt (5,88 m ³)	57820 lt (57,82 m ³)	85260 lt (85,26 m ³)	21560 lt (21,56 m ³)	980 lt (0,98 m ³)	4900 lt (4,9 m ³)	47040 lt (47,04 m ³)	11760 lt (11,76 m ³)	105840 lt (105,84 m ³)
	Ortalama	206486 lt (206,486 m ³)	156310 lt (156,31 m ³)	254751 lt (254,751 m ³)	255143 lt (255,143 m ³)	225694 lt (225,694 m ³)	294098 lt (294,098 m ³)	113778 lt (113,778 m ³)	54880 lt (54,88 m ³)	212758 lt (212,758 m ³)	236082 lt (236,082 m ³)	100989 lt (100,989 m ³)	202076 lt (202,076 m ³)
	En Yüksek	508620 lt (508,62 m ³)	428260 lt (428,26 m ³)	395920 lt (395,92 m ³)	468440 lt (468,44 m ³)	416500 lt (416,5 m ³)	542430 lt (542,43 m ³)	297920 lt (297,92 m ³)	142100 lt (142,1 m ³)	536060 lt (536,06 m ³)	530180 lt (530,18 m ³)	213640 lt (213,64 m ³)	412090 lt (412,09 m ³)
Dalgali Metal Malzeme	En Düşük	80360 lt (80,36 m ³)	16660 lt (16,66 m ³)	122500 lt (122,5 m ³)	5880 lt (5,88 m ³)	57820 lt (57,82 m ³)	85260 lt (85,26 m ³)	21560 lt (21,56 m ³)	980 lt (0,98 m ³)	4900 lt (4,9 m ³)	47040 lt (47,04 m ³)	11760 lt (11,76 m ³)	105840 lt (105,84 m ³)
	Ortalama	206486 lt (206,486 m ³)	156310 lt (156,31 m ³)	254751 lt (254,751 m ³)	255143 lt (255,143 m ³)	225694 lt (225,694 m ³)	294098 lt (294,098 m ³)	113778 lt (113,778 m ³)	54880 lt (54,88 m ³)	212758 lt (212,758 m ³)	236082 lt (236,082 m ³)	100989 lt (100,989 m ³)	202076 lt (202,076 m ³)
	En Yüksek	508620 lt (508,62 m ³)	428260 lt (428,26 m ³)	395920 lt (395,92 m ³)	468440 lt (468,44 m ³)	416500 lt (416,5 m ³)	542430 lt (542,43 m ³)	297920 lt (297,92 m ³)	142100 lt (142,1 m ³)	536060 lt (536,06 m ³)	530180 lt (530,18 m ³)	213640 lt (213,64 m ³)	412090 lt (412,09 m ³)
Dalgasız Metal Malzeme	En Düşük	86100 lt (86,1 m ³)	17850 lt (17,85 m ³)	131250 lt (131,25 m ³)	6300 lt (6,3 m ³)	61950 lt (61,95 m ³)	91350 lt (91,35 m ³)	23100 lt (23,1 m ³)	1050 lt (1,05 m ³)	5250 lt (5,25 m ³)	50400 lt (50,4 m ³)	12600 lt (12,6 m ³)	113400 lt (113,4 m ³)
	Ortalama	221235 lt (221,235 m ³)	167475 lt (167,475 m ³)	272948 lt (272,948 m ³)	273368 lt (273,368 m ³)	241815 lt (241,815 m ³)	315105 lt (315,105 m ³)	121905 lt (121,905 m ³)	58800 lt (58,8 m ³)	227955 lt (227,955 m ³)	252945 lt (252,945 m ³)	108203 lt (108,203 m ³)	216510 lt (216,51 m ³)
	En Yüksek	544950 lt (544,95 m ³)	458850 lt (458,85 m ³)	424200 lt (424,2 m ³)	501900 lt (501,9 m ³)	446250 lt (446,25 m ³)	581175 lt (581,175 m ³)	319200 lt (319,2 m ³)	152250 lt (152,25 m ³)	574350 lt (574,35 m ³)	568050 lt (568,05 m ³)	228900 lt (228,9 m ³)	441525 lt (441,525 m ³)
Kil Esaslı Malzeme	En Düşük	86100 lt (86,1 m ³)	17850 lt (17,85 m ³)	131250 lt (131,25 m ³)	6300 lt (6,3 m ³)	61950 lt (61,95 m ³)	91350 lt (91,35 m ³)	23100 lt (23,1 m ³)	1050 lt (1,05 m ³)	5250 lt (5,25 m ³)	50400 lt (50,4 m ³)	12600 lt (12,6 m ³)	113400 lt (113,4 m ³)
	Ortalama	221235 lt (221,235 m ³)	167475 lt (167,475 m ³)	272948 lt (272,948 m ³)	273368 lt (273,368 m ³)	241815 lt (241,815 m ³)	315105 lt (315,105 m ³)	121905 lt (121,905 m ³)	58800 lt (58,8 m ³)	227955 lt (227,955 m ³)	252945 lt (252,945 m ³)	108203 lt (108,203 m ³)	216510 lt (216,51 m ³)
	En Yüksek	544950 lt (544,95 m ³)	458850 lt (458,85 m ³)	424200 lt (424,2 m ³)	501900 lt (501,9 m ³)	446250 lt (446,25 m ³)	581175 lt (581,175 m ³)	319200 lt (319,2 m ³)	152250 lt (152,25 m ³)	574350 lt (574,35 m ³)	568050 lt (568,05 m ³)	228900 lt (228,9 m ³)	441525 lt (441,525 m ³)
Polimer Malzeme	En Düşük	91840 lt (91,84 m ³)	19040 lt (19,04 m ³)	140000 lt (140 m ³)	6720 lt (6,72 m ³)	66080 lt (66,08 m ³)	97440 lt (97,44 m ³)	24640 lt (24,64 m ³)	1120 lt (1,12 m ³)	5600 lt (5,6 m ³)	53760 lt (53,76 m ³)	13440 lt (13,44 m ³)	120960 lt (120,96 m ³)
	Ortalama	235984 lt (235,984 m ³)	178640 lt (178,64 m ³)	291144 lt (291,144 m ³)	291592 lt (291,592 m ³)	257936 lt (257,936 m ³)	336112 lt (336,112 m ³)	130032 lt (130,032 m ³)	62720 lt (62,72 m ³)	243152 lt (243,152 m ³)	269808 lt (269,808 m ³)	115416 lt (115,416 m ³)	230944 lt (230,944 m ³)
	En Yüksek	581280 lt (581,28 m ³)	489440 lt (489,44 m ³)	452480 lt (452,48 m ³)	535360 lt (535,36 m ³)	476000 lt (476 m ³)	619920 lt (619,92 m ³)	383040 lt (383,04 m ³)	162400 lt (162,4 m ³)	612640 lt (612,64 m ³)	605920 lt (605,92 m ³)	244160 lt (244,16 m ³)	470960 lt (470,96 m ³)
Cam Malzeme	En Düşük	103320 lt (103,32 m ³)	21420 lt (21,42 m ³)	157500 lt (157,5 m ³)	7560 lt (7,56 m ³)	74340 lt (74,34 m ³)	109620 lt (109,62 m ³)	27720 lt (27,72 m ³)	1260 lt (1,26 m ³)	6300 lt (6,3 m ³)	60480 lt (60,48 m ³)	15120 lt (15,12 m ³)	136080 lt (136,08 m ³)
	Ortalama	265482 lt (265,482 m ³)	200970 lt (200,97 m ³)	327537 lt (327,537 m ³)	328041 lt (328,041 m ³)	290178 lt (290,178 m ³)	378126 lt (378,126 m ³)	146286 lt (146,286 m ³)	70560 lt (70,56 m ³)	273546 lt (273,546 m ³)	303534 lt (303,534 m ³)	129843 lt (129,843 m ³)	259812 lt (259,812 m ³)
	En Yüksek	653940 lt (653,94 m ³)	550620 lt (550,62 m ³)	509040 lt (509,04 m ³)	602280 lt (602,28 m ³)	535500 lt (535,5 m ³)	697410 lt (697,41 m ³)	383040 lt (383,04 m ³)	182700 lt (182,7 m ³)	689220 lt (689,22 m ³)	681660 lt (681,66 m ³)	274680 lt (274,68 m ³)	529830 lt (529,830 m ³)

Grafik



Yapılan işlemler sonucunda bir malzemenin yeni olması durumunda; cam, polimer, kil esaslı ve dalgasız metal malzemelerin aynı ve en yüksek miktarda yağış suyu topladıkları belirlenmiştir. Diğer çatı kaplama malzemelerinin yağış suyu toplama miktarına göre sıralanışı ise dalgalı metal malzeme, bitüm esaslı – çimento esaslı malzeme (eş değer miktarda), doğal taş malzeme ve bitkisel malzeme şeklinde gerçekleşmiştir. Yıpranıp eskimiş malzemeler olma durumları açısından bir değerlendirme yapıldığında yağış suyu toplama miktarına göre malzemelerin sıralanışı; cam malzeme, polimer malzeme, kil esaslı – dalgasız metal (eş değer miktarda), dalgalı metal – bitüm esaslı malzeme (eş değer miktarda), çimento esaslı malzeme, doğal taş ve bitkisel malzeme şeklinde gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 4) [7].



Şekil 4. Safranbolu Perşembe pazar alanında yeni ve yıpranıp eskimiş malzemeye göre toplanacak yağış suyu miktarı karşılaştırması [7].

Malzemelerin yıpranıp eskimesi durumunda yağış sularının toplanmasında değişiklik olacağı bir gerçektir. Yapılan çalışmada malzemelerin yıpranması durumunda yağış suyu miktarında cam malzemede hiçbir değişiklik olmadığı; cam malzemeden sonra en az değişikliğin en az su miktarının toplandığı bitkisel malzemelerde olduğu; en büyük değişikliğin ise doğal taş malzemelerde olduğu belirlenmiştir. Diğer kaplama malzemelerinin yağış suyundaki kayıp miktarına göre sıralanışı da; polimer malzeme – bitüm esaslı malzeme (eş değer miktarda), kil esaslı – dalgasız metal – dalgalı metal malzeme (eş değer miktarda), çimento esaslı malzeme şeklinde olmuştur.

Malzemelerin kendi içinde kayıp oranları bakımından bir değerlendirme yapıldığında bir değişim söz konusudur. Buna göre sıralama; cam malzeme (%0), polimer malzeme (%11,11), bitüm esaslı malzeme (%12,5), kil esaslı malzeme ve dalgasız metal malzeme (%16,66), dalgalı metal malzeme (%17,64), çimento esaslı malzeme (%25), bitkisel malzemeler (%50) ve doğal taş malzeme (%60) şeklinde oluşmaktadır.

Genel olarak malzemelerin eski ve yeni durumları karşılaştırılmasında avantaj sıralamasının kısmen değiştiği tespit edilmiştir. Örneğin; başlangıçta aynı miktarda yağış suyu toplama imkânı sunan bitüm esaslı ve çimento esaslı malzemeler zamanla kayıp oranına ve miktarına göre kendi aralarında yer değiştirmektedir. Aynı şekilde polimer malzemelerin kil esaslı malzemelere ve dalgasız metal malzemelere göre üstünlük sağladığı görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal unsurların (rüzgâr vb.) dışında çatı kaplama malzemeleri de yapısal özellikleriyle yağış sularının toplanmasında etkili olmaktadır. Bu özellikler, suyu bünyesinde kullanma, gözenekli yapısı

sayesinde yüksek emme oranına sahip olma, malzeme sertliği dolayısıyla yağış damlalarının çarpıp sıçraması ve ısı tutumu gibi değişkenlerdir. Yapılan alan çalışmasında kaplama malzemelerinin hammaddelerinden kaynaklanan bu özelliklerine bağlı olarak çatılardan farklı miktarlarda yağış suyu toplandığı ve bu durumun malzemelerin zamana bağlı dayanıklılık durumlarına göre değişiklik olduğu gösterilmiştir.

Yapılan alan çalışması sonucunda, çatı kaplama malzemeleri karşılaştırıldığında, malzemelerin zamana bağlı değişim durumlarına rağmen cam malzeme ile kaplı çatılardan en yüksek miktarda; bitkisel malzemelerle kaplı çatılardan ise en düşük miktarda yağış suyu toplandığı görülmüştür. Eskiyip yıpranma durumuna göre oluşabilecek kayıp su miktarı en fazla doğal taş malzemede; en az ise (cam malzemeden sonra) bitkisel malzemelerde olduğu ortaya çıkmıştır.

Doğal süreç içerisinde bütün malzemelerin zamanla eskiyip yıpranması olağan bir durumdur. Ancak, alan çalışmasında belirtildiği gibi, çatı kaplama malzemelerinin zamana bağlı yıpranma durumları farklılık göstermektedir. Bu nedenle ilk yapımda ekonomik koşullar içerisinde uzun süre kullanım imkânı veren, ve en az su kayıp miktarı sağlayan çatı kaplama malzemelerinin tercih edilmesi önemlidir. Örneğin; Safranbolu için bir değerlendirme yapıldığında bina tasarımına bağlı olarak tarihi yerleşim alanında kil esaslı malzemelerin; diğer alanlarda ise sırayla cam, polimer ve kil esaslı malzemelerin, diğer tasarım ölçütleri de dikkate alınarak, tercih edilmesi daha fazla yağış suyunun toplanmasında faydalı olacaktır. Ayrıca kullanım ömrü tamamlanmış olan çatı kaplama malzemelerinin yenileri ile değiştirilerek yağış sularının etkin bir şekilde toplanması sağlanmalıdır.

Yapıların ilk inşası sırasında kullanım ömrü uzun, bölgenin mevcut doğal ve yapay ortam koşullarına dayanıklı, yağış suyu toplanmasında en az kayıp oluşturan ve en uygun maliyetle çatı kaplama malzemeleri tercih edilmelidir. Bu tercihler, yüksek verimde su toplanmasını ve uzun vadede tasarruf elde edilmesini destekleyecektir. Böylelikle su kaynakları verimli kullanılarak sürdürülebilirliğe katkı sağlanacaktır. Uygun çatı kaplama malzemesinin seçilmesi ve yağış sularının toplanarak yapı ölçeğinde kullanılması, büyük ölçekte düşünüldüğünde, şehir atık su şebekesine verilmekte olan su miktarını azaltacaktır. Bu durum olası sel felaketlerinin önlenmesinde bir tedbir olmakla birlikte atık su arıtma tesislerinin yüklerini hafifleterek zaman, mekân, iş gücü vb. birçok alanda ve alt yapıların bakım onarım işlerinde de tasarrufu artıracaktır.

Çatılarda gerçekleştirilebilecek bu gibi uygulamalar doğal yaşamın sürdürülebilirliğine de katkı sağlayacaktır. Çalışmanın, bundan sonra yapılacak çalışmalara temel olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Doğangönül, Ö. ve Doğangönül, C., 2009. Küçük Ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı, *Teknik Yayınevi*, s. 7-10, 33-41, 50-52, 58-62, 72-79, Ankara.
2. Toydemir, N. ve Bulut, Ü., 2010. Çatılar, *YEM Yayın*, s.10-98 İstanbul.
3. Genç, E., 2011. Çatı Kaplama Ürünlerinin Seçiminde Ürün Bilgilerinin Düzenlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.12-127, İstanbul.
4. Tunçözgür, Ü., 2012. Düünden Bugüne Safranbolu, *Safranbolu Belediyesi Kültür yayınları/1*, s. 27, 28, Karabük.
5. Anonim (Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğü), 2015. 2005-2014 Karabük Yağış Verileri, *Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğü*, Karabük.
6. İnternet: Google Haritalar, 2017 Safranbolu Çalışma Alanı Uydu Görüntüleri, <https://www.google.com/maps/@41.2530611,32.6805792,3894a,20y,90h>.
7. Bektas, İ. 2016. Değişen İklim Koşullarında Çatı Kaplama Malzemelerinin Ve Yağmur Suyu Toplama Sistemlerinin Verimliliğinin İncelenmesi: Safranbolu Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.81-114, Karabük.

FARKLI KAPLAMA MALZEMELERİ İLE 2000-2018 YILLARI ARASI ÇATI KAPLAMA İŞİ MALİYETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İbrahim Bektaş¹
Ahmet Emre Dinçer²
Z. Özlem Parlak Biçer³

Konu Başlık No: 10. Çatı ve Cephe Sistemlerinde-Maliyet

TÜRKÇE ÖZET

Yapıyı oluşturan temel birimlerden birisi olan çatı, yapı elemanları arasında çeşitli atmosferik olaylara ve kirliliğe en fazla maruz kalan bölümlerden birisidir. Yapı tasarımından, binanın inşa ve bakım onarım işlerine kadar tüm aşamalarda çevresel koşullara bağlı olarak en uygun çatı kaplama malzemesinin tercih edilmesi önemli bir konudur. İdeal çatı kaplama malzemesinin tercih edilmesi yapıda uzun süreli konfor sağlamakla birlikte ekonomik olarak da tasarruf yapılmasını sağlayacaktır. Bununla birlikte ham maddeden dolayı, çeşitli çatı kaplama malzemelerinin farklı oranlarda maliyeti bulunmaktadır. Bu kapsamda; Safranbolu Perşembe pazar alanında yapılan çalışma ile 2000-2018 yılları arasında farklı çatı kaplama malzemeleri ile çatı kaplama maliyetlerinin değerlendirilmesi incelenmiştir. Çalışmanın, en uygun yapı malzemelerinin tercih edilmesi ve yapı inşa maliyeti gibi önemli alanlara katkı koyması umulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Çatı, Çatı Kaplama Malzemeleri, Yapı İnşa Maliyeti, Safranbolu.

ABSTRACT

The roof, which is one of the basic elements that make up the building, is one of the parts that are the most exposed to various atmospheric phenomena and pollution among the building elements. It is important issue that is the choice of the most suitable roof covering materials depend on the enviromental conditions, at the all stages from building design to counstruction and maintenance of the building. The choice of the ideal roofing material will ensure both long term comfort and economical saving in the construction. However, various roofing materials originating from raw materials have cost in different proportions. In this scope; the study conducted in the Thursday bazaar area of Safranbolu examined the evaluation of different roof covering materials and roofing costs between 2000-2018. It is hoped that the work will contribute to important areas such as the choice of the most suitable building materials and the cost of building construction.

KEYWORDS: Roof, Roof Covering Materials, Building Construction Cost, Safranbolu

¹ İbrahim BEKTAŞ, Karabük Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 0370 418 80 90, ibrahimbektas@karabuk.edu.tr

² Ahmet Emre DİNÇER, Karabük Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 0370 418 80 90, aedincer@karabuk.edu.tr

³ Z. Özlem PARLAK BİÇER, Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 0352 437 52 82, parlako@erciyes.edu.tr

1. GİRİŞ

İnsanın, tarihsel süreç içerisinde yer edinmeye başlamasıyla birlikte birçok tehlikeli unsur (olumsuz atmosferik koşullar, yabani hayvanlar vb.) ile mücadele etmesi gerekmiştir. Bu olaylar barınma ihtiyacını ortaya çıkararak yapının başlangıcını oluşturmuştur. Yapı; barınmak ya da başka amaçlarla kullanılmak üzere tasarlanmış, her türlü insani eyleme cevap verebilen yapay bir ortam olarak tanımlanabilir [1]. Vitruvius, tasarlanan yapıların sağlam, kullanışlı ve güzel olması gerektiğini belirtmiştir [2]. Bu gerekliliklere günümüzde ekonomik olması da eklenmiştir.

Yapıların ekonomikliği, ilk yapım maliyetinden başlayıp, bakım onarım ve yıkım maliyetlerini kapsayacak şekilde olmalıdır. Bu maliyetler içerisinde çeşitli etmenler bulunmaktadır. Yapının inşa edileceği arazi, yapının büyüklüğü, plan biçimi, yükseklik ve kullanılacak malzemeler bunlardan birkaçıdır. Özellikle, atmosferik olaylara, kirliliğe ve çeşitli darbelere en fazla maruz kalan cephe ve çatılarda tercih edilecek kaplama malzemeleri önemlidir. Bu malzemelerin yapının kullanım ömrü dâhilinde, ortam koşullarına bağlı olarak belirli aralıklarla yenilenmeleri gerekmektedir. Bu noktada ideal çatı kaplama malzemesinin tercih edilmesi, yapıda uzun süreli konfor sağlamakla birlikte ekonomik olarak da tasarruf yapılmasını destekleyecektir. Bununla birlikte ham maddeye bağlı olarak, çeşitli çatı kaplama malzemelerinin farklı oranlarda maliyeti bulunmaktadır. Buna göre, Safranbolu Perşembe pazar alanında yapılan çalışma ile 2000-2018 yılları arasında farklı çatı kaplama malzemeleri ile çatı kaplama maliyetlerinin değişimleri incelenmiştir.

2. ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ

Çatı; dış ortamdan gelen meteorolojik olaylardan yapıyı koruyan, saçaklı veya saçaksız olarak, eğimli veya düz olarak farklı biçim ve çeşitli malzemelerden yapılabilen, yapıların bitiş elemanı olarak tanımlanabilir. Çatılar ait oldukları yapının gereksinimlerine uygun olarak tasarlanmakla birlikte, değişik etmenlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu etmenlerden birisi kaplama malzemeleridir. Genel olarak yapılarda kullanılan kaplama malzemelerini; kil, çimento, metal, bitüm esaslı malzemeler, polimer ve cam malzemeler, doğal taş kaplamalar ve bitkisel malzemeler olarak sınıflandırmak mümkündür.

Çatı kaplama malzemeleri üretildikleri hammaddeye göre çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir (Çizelge 1). İlk yapımından başlamak üzere kullanımının farklı aşamalarında çatı kaplama malzemelerinde yıpranmaya bağlı olarak değişimler olmaktadır. Seçilecek malzemenin kullanışlı, çevresel etkilere dayanıklı ve uzun ömürlü olması ilk yapım ve bakım onarım sırasında, yapı maliyeti açısından önemlidir.

Çizelge 1. Çatı kaplama malzemesi seçiminde dikkat edilmesi gerekli hususlar [3,4].

Özellikler	ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİ							
	Kil Esaslı Malzemeler	Çimento Esaslı Malzemeler	Dalgalı Metal Malzemeler	Dalgasız Metal Malzemeler	Bitüm Esaslı Malzemeler	Polimer Malzemeler	Cam Malzemeler	Bitkisel Malzemeler
Şekil	Düz Alaturka Marsilya Roma Tipi Oluklu	Marsilya Oluklu	Trapez Oluklu	Düz	Düz Trapez Oluklu	Düz Trapez Oluklu	Düz	-
Eğim Oranı*	20%-170%	10%-85%	En az 10%	En az 10%	2%-85%	En az 10%	En az 10%	0%-
Ağırlık (kg/m ²)*	37,5-88	18-48	0,8-25	0,8-25	2,0-18,0	0,8-48	10-	2-
Erime Sıcaklığı (°C)*	1750	1000-1550	150-1400	150-1400	150	80-400	800-1500	-
Yangın Anında Durum*	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zehirli Gaz Oluşturur	Zehirli Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz	Zararlı Gaz Çıkarmaz
Gazlarla Etkileşim*	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklısıdır	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklısıdır	Olumlu ve Olumsuz Etkileşim Vardır	Olumlu ve Olumsuz Etkileşim Vardır	Olumsuz Etkilenebilir	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklısıdır	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklısıdır	Gazların Etkilerine Karşı Dayanıklısıdır
Işık Geçirgenliği*	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	Işık Geçirmez	15%-90%	66%-92%	Işık Geçirmez
Işık Yansıtma*	15%	15%	80%-85%	80%-85%	-	10%-85%	8%-34%	-
Su Emme Oranı*	13%	3%-17%	0%	0%	0%-20%	0%-0,8%	0%	15%-150%
Su Akış Katsayısı**	0,75-0,90	0,60-0,80	0,70-0,85	0,75-0,90	0,70-0,80	0,80-0,90	0,9	0,05-0,10
Eskimesi Durumunda Yağış Suyu Kayıp Oranı	16,66%	25%	17,64%	16,66%	12,50%	11,11%	0%	50%

3. ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİNİN MALİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Yapı kullanım ömrü süresince çevresel koşullara bağlı olarak, çatı kaplama malzemelerinin değiştirilmesi konfor koşulları açısından önemlidir. Zamanında müdahale yapılmaması durumunda, yapı içine su girerek rutubet, kötü koku ve görsel kirliliğe neden olabilir. Hatta bu durum insan sağlığını tehdit edecek noktaya varabilir, yapı taşıyıcı sistemine zarar vererek zamanla binanın çökmesine neden olabilir. Bu sebeple kaplama malzemelerinin iş göremez duruma geldiği tespit edildiğinde değiştirilmesi gerekmektedir.

Yapılacak olan her değişikliğin bir maliyeti olacağı aşikardır. Bu maliyet yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Bu doğrultuda farklı malzemeler ile 2000-2018 yılları arasında çatı kaplama maliyetinin değerlendirmesi yapılmıştır. Maliyet analizi çalışması yapılırken, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlemiş olduğu birim fiyat listesi poz numaraları esasına göre kullanılmıştır [5]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın dönemin koşullarına bağlı olarak her yıl yenilediği bu fiyatlarda bazı malzemeler her dönem yer almamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada 2000-2018 yılları arasında birim fiyatları bulunan malzemelerin değerlendirmesi yapılabilmektedir. Bahsi geçen yıllarda yapı sektöründe kullanılan fakat birim fiyat listesinde yer almayan malzemelerin maliyeti göz ardı edilmiştir.

Karadeniz Bölgesinin batısında yer alan Karabük iline bağlı bir ilçe olan Safranbolu, kültür varlıkları sayesinde UNESCO World Heritage City listesinde yer alan bir kettir. Birçok tarihi ve doğal güzelliklere sahip olan şehir engebeli bir arazi yapısı üzerine kurulmuştur. Safranbolu, İç Anadolu ile Karadeniz bölgeleri arasında iklim geçiş kuşağında yer almaktadır. Yağışlar, Karadeniz ikliminin etkisiyle mevsimlere dağılmakla birlikte Karasal iklim etkisiyle en çok yılın ilk yarısında görülmektedir [6]. Bu durum çatıların kaplama malzemesindeki yıpranmayı çeşitlendirmekte ve artırmaktadır.

Farklı malzemeler ile çatı kaplama işi maliyetinin tespiti için bölgedeki açık pazar alanının (Şekil 1) kapatılması üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır. Bu alanın seçilmesinde merkezi bir alanda yer alması, kamusal bir alan olup herkese hizmet vermesi, geniş bir alana sahip olması, pazar alanının kapatılması durumunda tercih edilebilecek kaplama malzemelerinin fazla olması gibi özellikler etkili olmuştur. Bu amaçla çekme sınırları içerisinde pazar alışverişine uygun ortam sağlayabilecek %20 eğimli beşik çatıların yan yana gelmesiyle bir üst örtü oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 1. Safranbolu Perşembe pazarı alanı [7]



Şekil 2. Maliyet hesaplaması için pazar alanına oluşturulan üst örtü.

Çalışma yapılırken taşıyıcı sistemin ahşap olduğu varsayılmış ve hesaplamalarda çatı taşıyıcı sistemi ihmal edilmiştir. Bununla birlikte, her malzemenin altına su yalıtımı gerekmediği için su yalıtım maliyeti de hesaplamalara dahil edilmemiş sadece kaplama malzemelerinin değişim maliyetleri hesaplanmıştır (Çizelge 2). Elde edilen veriler yıllara göre karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Ayrıca, her bir malzemenin yıl bazında değişim oranı hesaplanarak bu oranlar yıllık enflasyon (TÜFE) (Şekil 4) oranları ile kıyaslanmıştır (Şekil 5).

Hesaplamalar sonucu çatı malzeme maliyetinde en fazla artışın bakır malzemede olduğu, en az değişimin ise elyaflı çimentolu oluklu levha da olduğu belirlenmiştir. 2006 yılına kadar tüm malzemelerde dengeli bir değişim gözlenirken bu yıldan itibaren bakır malzeme ile çatı kaplama işi maliyetinin diğer malzemelere oranla daha hızlı arttığı gözlemlenmiştir. Mineral kaplı bitümlü örtü ile çatı kaplama maliyetinde 2005 yılına kadar artış olurken bu yıldan sonra dalgalı bir şekilde azaldığı görülmüştür. Elyaflı bitümlü örtüde 2016 yılına kadar artış olurken bu yılda ani bir düşüş meydana gelmiş devam eden yıllarda artış olduğu gözlemlenmiştir. Diğer malzemelerle yapılan kaplama işinde ise belirli oranlarda sürekli bir artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2’de belirtilen yıllık bazda maliyet değişim oranlarına bakıldığında değişken bir tablonun ortaya çıktığını görmekteyiz. Tüm malzemeler açısından bakıldığında en fazla değişim oranı 2002 yılında olduğu, en az değişim oranının ise 2010 yılında olduğu görülmüştür. 2002 yılından 2007 yılına kadar değişim oranlarında bir azalış olurken, 2007 yılında tekrar yükseliş meydana gelmiştir. 2008 yılından 2014 yılına kadar olan sürede maliyetlerdeki artış oranının azaldığı ve 2010 yılında en az artış oranlarının olduğu görülürken bu sürenin sonunda tekrar maliyet oranlarında artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Malzeme bazında bakıldığında ise en fazla maliyet artış oranı 2002 yılında 49,35% oran ile Mineral kaplı bitümlü örtü ile çatı kaplama işinde olduğu, en fazla azalış oranının ise 2016 yılında -213,04% oran ile elyaflı bitümlü örtü ile çatı kaplama işinde olduğu belirlenmiştir. Yıllık enflasyon oranları ile çatı kaplama maliyeti değişim oranlarının karşılaştırılması yapıldığında genel olarak 2010-2013 zaman dilimi haricinde çatı kaplama maliyet değişim oranlarının enflasyon oranlarının üstünde olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak çatı kaplama işi maliyetindeki değişimin enflasyon oranlarındaki değişimle aynı düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı
12-13 Nisan 2018
T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi-Ataköy

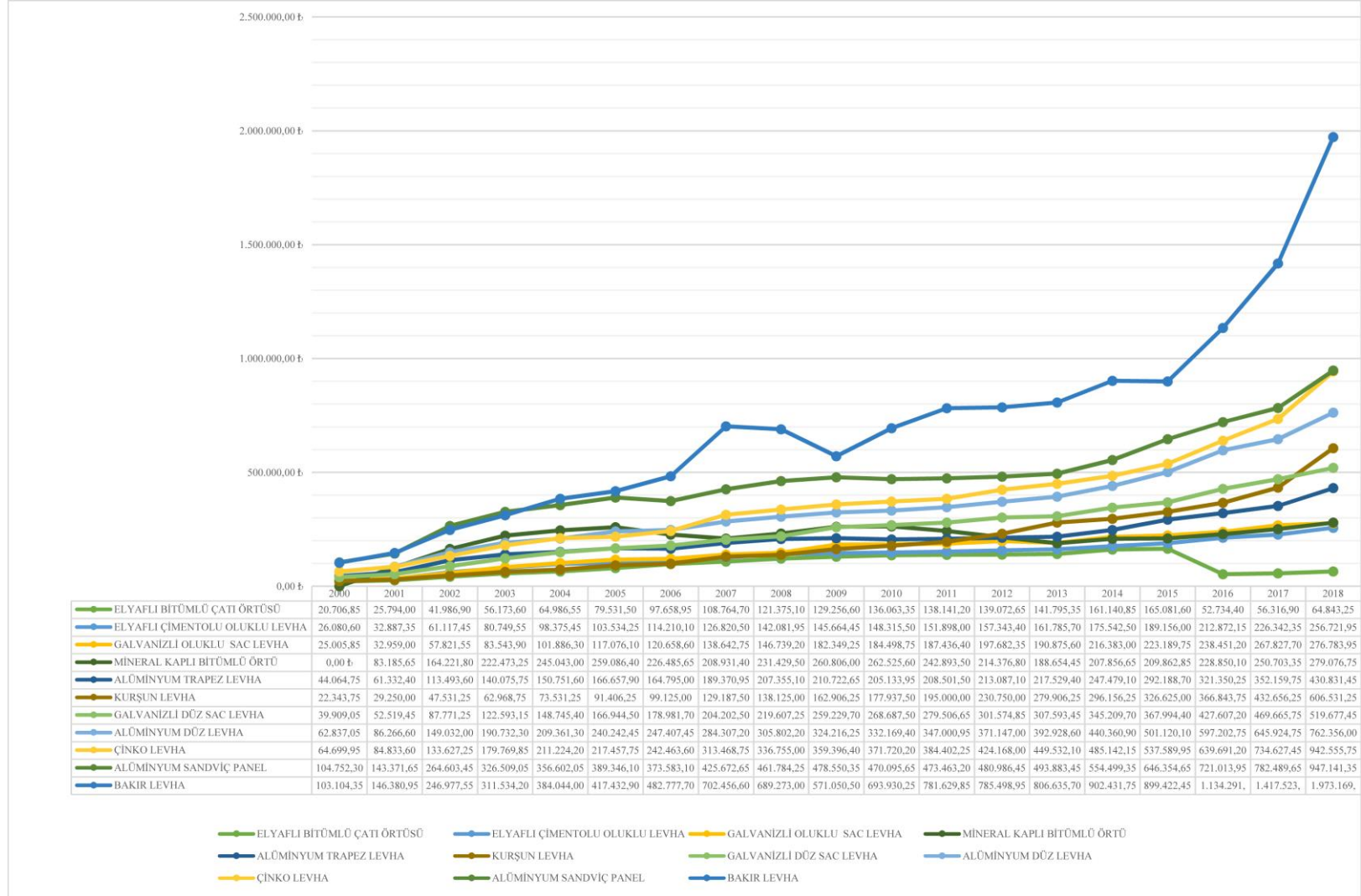
Çizelge 2. Safranbolu Perşembe Pazar alanı 2000-2018 yılları çatı kaplama değişim maliyeti.

MALZEME ADI	POZ NO	ÖLÇÜ BİRİMİ	GEREKLİ MİKTAR	2000 BİRİM FİYAT	2000 YILI MALİYET	2001 BİRİM FİYAT	2001 YILI MALİYET	2002 BİRİM FİYAT	2002 YILI MALİYET	2003 BİRİM FİYAT	2003 YILI MALİYET	2004 BİRİM FİYAT	2004 YILI MALİYET	2005 BİRİM FİYAT	2005 YILI MALİYET
MINERAL KAPLI BİTÜMLÜ ÖRTÜ İLE ÇATI ÖRTÜSÜ YAPILMASI	Y.18.461/015	m ²	7165	0,00 ₺	0,00 ₺	11,61 ₺	83.185,65 ₺	22,92 ₺	164.221,80 ₺	31,05 ₺	222.473,25 ₺	34,20 ₺	245.043,00 ₺	36,16 ₺	259.086,40 ₺
ELYAFLI ÇİMENTOLU OLUKLU LEVHA İLE ÇATI ÖRTÜSÜ YAPILMASI	18.247	m ²	7165	3,64 ₺	26.080,60 ₺	4,59 ₺	32.887,35 ₺	8,53 ₺	61.117,45 ₺	11,27 ₺	80.749,55 ₺	13,73 ₺	98.375,45 ₺	14,45 ₺	103.534,25 ₺
Ahş çatıya oluklu bitk.elyaflı bitüm emd.levha,çatı örtüsü yapılması.(siyah)	18.247/1	m ²	7165	2,89 ₺	20.706,85 ₺	3,60 ₺	25.794,00 ₺	5,86 ₺	41.986,90 ₺	7,84 ₺	56.173,60 ₺	9,07 ₺	64.986,55 ₺	11,10 ₺	79.531,50 ₺
ÇİNKO LEVHA	18.232	m ²	7165	9,03 ₺	64.699,95 ₺	11,84 ₺	84.833,60 ₺	18,65 ₺	133.627,25 ₺	25,09 ₺	179.769,85 ₺	29,48 ₺	211.224,20 ₺	30,35 ₺	217.457,75 ₺
BAKIR LEVHA	18.233	m ²	7165	14,39 ₺	103.104,35 ₺	20,43 ₺	146.380,95 ₺	34,47 ₺	246.977,55 ₺	43,48 ₺	311.534,20 ₺	53,60 ₺	384.044,00 ₺	58,26 ₺	417.432,90 ₺
KURŞUN LEVHA	18.254	kg	40625	0,55 ₺	22.343,75 ₺	0,72 ₺	29.250,00 ₺	1,17 ₺	47.531,25 ₺	1,55 ₺	62.968,75 ₺	1,81 ₺	73.531,25 ₺	2,25 ₺	91.406,25 ₺
ALÜMİNYUM DÜZ LEVHA	18.233/1	m ²	7165	8,77 ₺	62.837,05 ₺	12,04 ₺	86.266,60 ₺	20,80 ₺	149.032,00 ₺	26,62 ₺	190.732,30 ₺	29,22 ₺	209.361,30 ₺	33,53 ₺	240.242,45 ₺
ALÜMİNYUM TRAPEZ LEVHA	18.233/5B	m ²	7165	6,15 ₺	44.064,75 ₺	8,56 ₺	61.332,40 ₺	15,84 ₺	113.493,60 ₺	19,55 ₺	140.075,75 ₺	21,04 ₺	150.751,60 ₺	23,26 ₺	166.657,90 ₺
ALÜMİNYUM SANDVIÇ PANEL	18.233/6	m ²	7165	14,62 ₺	104.752,30 ₺	20,01 ₺	143.371,65 ₺	36,93 ₺	264.603,45 ₺	45,57 ₺	326.509,05 ₺	49,77 ₺	356.602,05 ₺	54,34 ₺	389.346,10 ₺
GALVANİZLİ DÜZ SAC LEVHA	18.234	m ²	7165	5,57 ₺	39.909,05 ₺	7,33 ₺	52.519,45 ₺	12,25 ₺	87.771,25 ₺	17,11 ₺	122.593,15 ₺	20,76 ₺	148.745,40 ₺	23,30 ₺	166.944,50 ₺
GALVANİZLİ OLUKLU SAC LEVHA	18.241	m ²	7165	3,49 ₺	25.005,85 ₺	4,60 ₺	32.959,00 ₺	8,07 ₺	57.821,55 ₺	11,66 ₺	83.543,90 ₺	14,22 ₺	101.886,30 ₺	16,34 ₺	117.076,10 ₺

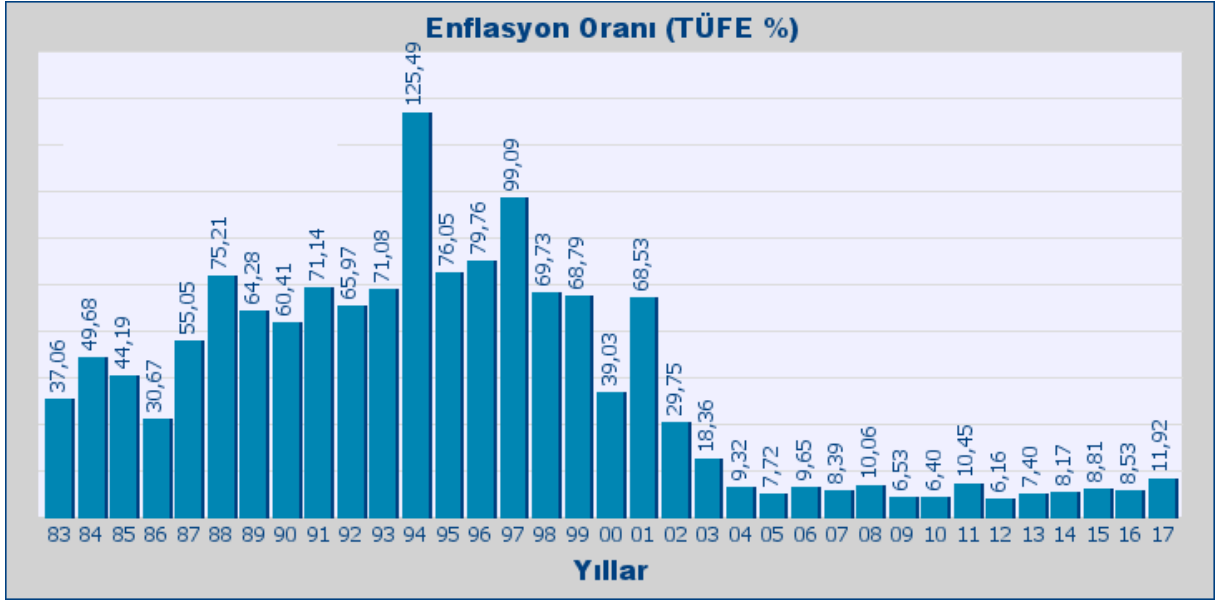
MALZEME ADI	POZ NO	ÖLÇÜ BİRİMİ	GEREKLİ MİKTAR	2006 BİRİM FİYAT	2006 YILI MALİYET	2007 BİRİM FİYAT	2007 YILI MALİYET	2008 BİRİM FİYAT	2008 YILI MALİYET	2009 BİRİM FİYAT	2009 YILI MALİYET	2010 BİRİM FİYAT	2010 YILI MALİYET	2011 BİRİM FİYAT	2011 YILI MALİYET
MINERAL KAPLI BİTÜMLÜ ÖRTÜ İLE ÇATI ÖRTÜSÜ YAPILMASI	Y.18.461/015	m ²	7165	31,61 ₺	226.485,65 ₺	29,16 ₺	208.931,40 ₺	32,30 ₺	231.429,50 ₺	36,40 ₺	260.806,00 ₺	36,64 ₺	262.525,60 ₺	33,90 ₺	242.893,50 ₺
ELYAFLI ÇİMENTOLU OLUKLU LEVHA İLE ÇATI ÖRTÜSÜ YAPILMASI	18.247	m ²	7165	15,94 ₺	114.210,10 ₺	17,70 ₺	126.820,50 ₺	19,83 ₺	142.081,95 ₺	20,33 ₺	145.664,45 ₺	20,70 ₺	148.315,50 ₺	21,20 ₺	151.898,00 ₺
Ahş çatıya oluklu bitk.elyaflı bitüm emd.levha,çatı örtüsü yapılması.(siyah)	18.247/1	m ²	7165	13,63 ₺	97.658,95 ₺	15,18 ₺	108.764,70 ₺	16,94 ₺	121.375,10 ₺	18,04 ₺	129.256,60 ₺	18,99 ₺	136.063,35 ₺	19,28 ₺	138.141,20 ₺
ÇİNKO LEVHA	18.232	m ²	7165	33,84 ₺	242.463,60 ₺	43,75 ₺	313.468,75 ₺	47,00 ₺	336.755,00 ₺	50,16 ₺	359.396,40 ₺	51,88 ₺	371.720,20 ₺	53,65 ₺	384.402,25 ₺
BAKIR LEVHA	18.233	m ²	7165	67,38 ₺	482.777,70 ₺	98,04 ₺	702.456,60 ₺	96,20 ₺	689.273,00 ₺	79,70 ₺	571.050,50 ₺	96,85 ₺	693.930,25 ₺	109,09 ₺	781.629,85 ₺
KURŞUN LEVHA	18.254	kg	40625	2,44 ₺	99.125,00 ₺	3,18 ₺	129.187,50 ₺	3,40 ₺	138.125,00 ₺	4,01 ₺	162.906,25 ₺	4,38 ₺	177.937,50 ₺	4,80 ₺	195.000,00 ₺
ALÜMİNYUM DÜZ LEVHA	18.233/1	m ²	7165	34,53 ₺	247.407,45 ₺	39,68 ₺	284.307,20 ₺	42,68 ₺	305.802,20 ₺	45,25 ₺	324.216,25 ₺	46,36 ₺	332.169,40 ₺	48,43 ₺	347.000,95 ₺
ALÜMİNYUM TRAPEZ LEVHA	18.233/5B	m ²	7165	23,00 ₺	164.795,00 ₺	26,43 ₺	189.370,95 ₺	28,94 ₺	207.355,10 ₺	29,41 ₺	210.722,65 ₺	28,63 ₺	205.133,95 ₺	29,10 ₺	208.501,50 ₺
ALÜMİNYUM SANDVIÇ PANEL	18.233/6	m ²	7165	52,14 ₺	373.583,10 ₺	59,41 ₺	425.672,65 ₺	64,45 ₺	461.784,25 ₺	66,79 ₺	478.550,35 ₺	65,61 ₺	470.095,65 ₺	66,08 ₺	473.463,20 ₺
GALVANİZLİ DÜZ SAC LEVHA	18.234	m ²	7165	24,98 ₺	178.981,70 ₺	28,50 ₺	204.202,50 ₺	30,65 ₺	219.607,25 ₺	36,18 ₺	259.229,70 ₺	37,50 ₺	268.687,50 ₺	39,01 ₺	279.506,65 ₺
GALVANİZLİ OLUKLU SAC LEVHA	18.241	m ²	7165	16,84 ₺	120.658,60 ₺	19,35 ₺	138.642,75 ₺	20,48 ₺	146.739,20 ₺	25,45 ₺	182.349,25 ₺	25,75 ₺	184.498,75 ₺	26,16 ₺	187.436,40 ₺

MALZEME ADI	POZ NO	ÖLÇÜ BİRİMİ	GEREKLİ MİKTAR	2012 BİRİM FİYAT	2012 YILI MALİYET	2013 BİRİM FİYAT	2013 YILI MALİYET	2014 BİRİM FİYAT	2014 YILI MALİYET	2015 BİRİM FİYAT	2015 YILI MALİYET	2016 BİRİM FİYAT	2016 YILI MALİYET	2017 BİRİM FİYAT	2017 YILI MALİYET	2018 BİRİM FİYAT	2018 YILI MALİYET
MINERAL KAPLI BİTÜMLÜ ÖRTÜ İLE ÇATI ÖRTÜSÜ YAPILMASI	Y.18.461/015	m ²	7165	29,92 ₺	214.376,80 ₺	26,33 ₺	188.654,45 ₺	29,01 ₺	207.856,65 ₺	29,29 ₺	209.862,85 ₺	31,94 ₺	228.850,10 ₺	34,99 ₺	250.703,35 ₺	38,95 ₺	279.076,75 ₺
ELYAFLI ÇİMENTOLU OLUKLU LEVHA İLE ÇATI ÖRTÜSÜ YAPILMASI	18.247	m ²	7165	21,96 ₺	157.343,40 ₺	22,58 ₺	161.785,70 ₺	24,50 ₺	175.542,50 ₺	26,40 ₺	189.156,00 ₺	29,71 ₺	212.872,15 ₺	31,59 ₺	226.342,35 ₺	35,83 ₺	256.721,95 ₺
Ahş çatıya oluklu bitk.elyaflı bitüm emd.levha,çatı örtüsü yapılması.(siyah)	18.247/1	m ²	7165	19,41 ₺	139.072,65 ₺	19,79 ₺	141.795,35 ₺	22,49 ₺	161.140,85 ₺	23,04 ₺	165.081,60 ₺	7,36 ₺	52.734,40 ₺	7,86 ₺	56.316,90 ₺	9,05 ₺	64.843,25 ₺
ÇİNKO LEVHA	18.232	m ²	7165	59,20 ₺	424.168,00 ₺	62,74 ₺	449.532,10 ₺	67,71 ₺	485.142,15 ₺	75,03 ₺	537.589,95 ₺	89,28 ₺	639.691,20 ₺	102,53 ₺	734.627,45 ₺	131,55 ₺	942.555,75 ₺
BAKIR LEVHA	18.233	m ²	7165	109,63 ₺	785.498,95 ₺	112,58 ₺	806.635,70 ₺	125,95 ₺	902.431,75 ₺	125,53 ₺	899.422,45 ₺	158,31 ₺	1.134.291,15 ₺	197,84 ₺	1.417.523,60 ₺	275,39 ₺	1.973.169,35 ₺
KURŞUN LEVHA	18.254	kg	40625	5,68 ₺	230.750,00 ₺	6,89 ₺	279.906,25 ₺	7,29 ₺	296.156,25 ₺	8,04 ₺	326.625,00 ₺	9,03 ₺	366.843,75 ₺	10,65 ₺	432.656,25 ₺	14,93 ₺	606.531,25 ₺
ALÜMİNYUM DÜZ LEVHA	18.233/1	m ²	7165	51,80 ₺	371.147,00 ₺	54,84 ₺	392.928,60 ₺	61,46 ₺	440.360,90 ₺	69,94 ₺	501.120,10 ₺	83,35 ₺	597.202,75 ₺	90,15 ₺	645.924,75 ₺	106,40 ₺	762.356,00 ₺
ALÜMİNYUM TRAPEZ LEVHA	18.233/5B	m ²	7165	29,74 ₺	213.087,10 ₺	30,36 ₺	217.529,40 ₺	34,54 ₺	247.479,10 ₺	40,78 ₺	292.188,70 ₺	44,85 ₺	321.350,25 ₺	49,15 ₺	352.159,75 ₺	60,13 ₺	430.831,45 ₺
ALÜMİNYUM SANDVIÇ PANEL	18.233/6	m ²	7165	67,13 ₺	480.986,45 ₺	68,93 ₺	493.883,45 ₺	77,39 ₺	554.499,35 ₺	90,21 ₺	646.354,65 ₺	100,63 ₺	721.013,95 ₺	109,21 ₺	782.489,65 ₺	132,19 ₺	947.141,35 ₺
GALVANİZLİ DÜZ SAC LEVHA	18.234	m ²	7165	42,09 ₺	301.574,85 ₺	42,93 ₺	307.593,45 ₺	48,18 ₺	345.209,70 ₺	51,36 ₺	367.994,40 ₺	59,68 ₺	427.607,20 ₺	65,55 ₺	469.665,75 ₺	72,53 ₺	519.677,45 ₺
GALVANİZLİ OLUKLU SAC LEVHA	18.241	m ²	7165	27,59 ₺	197.682,35 ₺	26,64 ₺	190.875,60 ₺	30,20 ₺	216.383,00 ₺	31,15 ₺	223.189,75 ₺	33,28 ₺	238.451,20 ₺	37,38 ₺	267.827,70 ₺	38,63 ₺	276.783,95 ₺

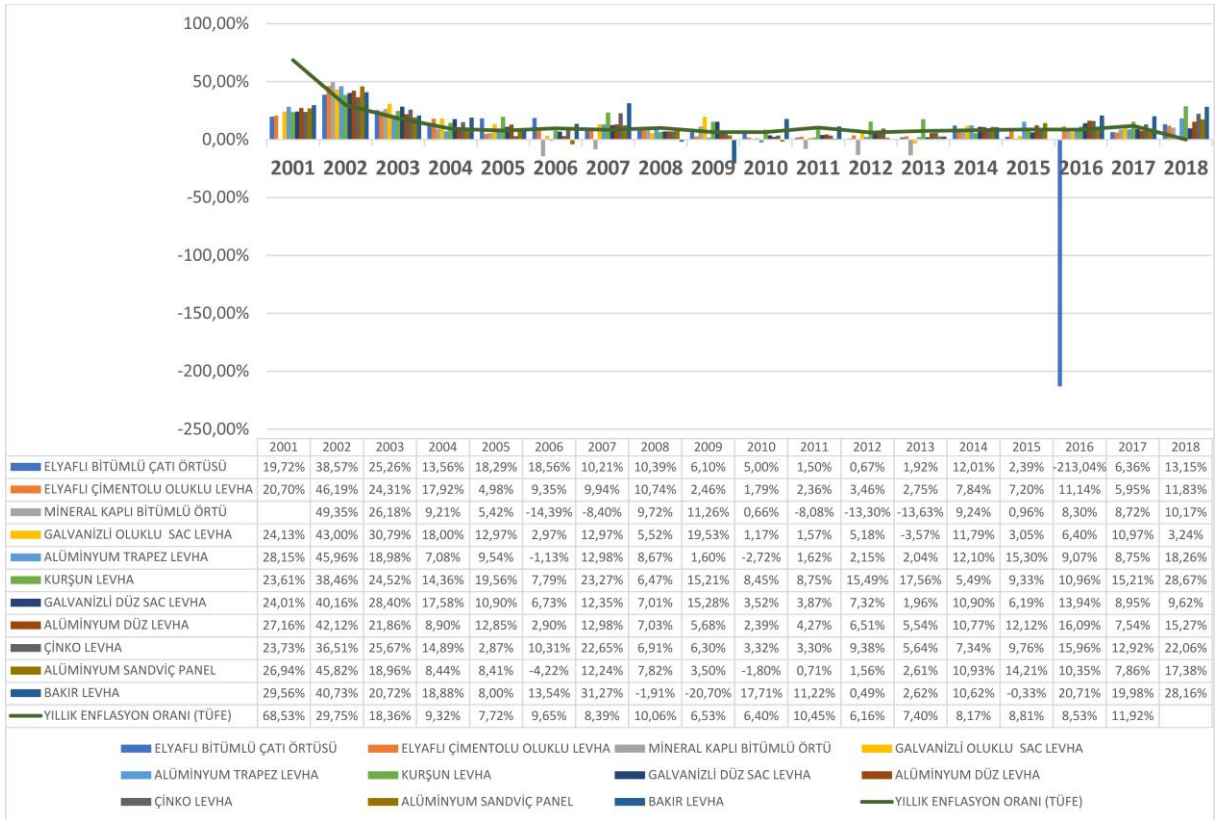
9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı
12-13 Nisan 2018
T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi-Ataköy



Şekil 3. Safranbolu Perşembe Pazar alanı 2000-2018 yılları arası çatı kaplama değişim maliyeti karşılaştırması



Şekil 4. Yıllık enflasyon oranları [8].



Şekil 5. 2000-2018 yılları arası çatı kaplama değişim maliyeti oranlarının yıllık enflasyon oranları ile karşılaştırılması

4. SONUÇ

Doğal süreç içerisinde bütün malzemelerin zamanla eskiyip yıpranması olağan bir durumdur. Bu durum, çevresel özelliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle ilk yapımda uzun süre kullanım imkânı veren çatı kaplama malzemelerinin tercih edilmesi önemlidir. Ayrıca kullanım ömrü tamamlanmış olan çatı kaplama malzemelerinin yenileri ile değiştirilmesi diğer olası zararların önlenmesi açısından önemlidir.

Ekonomik gelişmelere bağlı olarak geçen süreç içerisinde birim maliyetlerde değişiklik olmaktadır. Çalışma sonucu tespit edilen 2002 yılındaki en fazla artış oranlarının, 2001 yılı ekonomik krizinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışma sonucu her bir malzeme dönemsel özelliklere bağlı olarak farklı oranlarda birim fiyatlarında artışa sahiptir. Bu duruma; malzemeye olan talep, üretimde yaşanan artış azalış, hammadde ve enerji kaynaklarında değişiklik gibi çeşitli durumların neden olduğu düşünülmektedir. Çatı kaplama maliyeti değişim oranlarının yıllık enflasyon oranları ile aynı şekilde artıp azalmadığı görülmüştür. Bu duruma inşaat sektöründe yaşanan taleplerin değişkenlik göstermesi ile enflasyon oranlarının hesaplanmasında kullanılan ürün ve hizmetlerin farklı oranlarda etki etmesi gösterilebilir. Ayrıca, malzeme fiyatlarında belirlenen dönemsel farklılıklar yapıda kullanılacak malzeme tercihlerini etkileyerek mimari tasarımda değişiklikler oluşturmuş olabilir. Bu durum ayrı bir çalışma konusu olarak değerlendirilebilir.

Çalışmanın, kaplama malzemelerinin değişiminde dikkat edilen en önemli noktalardan biri olan maliyet değerlendirmelerine katkı sunacağı umulmaktadır. Metal malzemeler dışında kalan ürünlerin belirlenen yıllar arasında birim fiyatı olmaması nedeniyle çalışmaya dahil edilememesi çalışmanın eksi yönü olarak değerlendirilebilir. Çalışmanın, diğer malzemelerle ilgili bilgilerin de toplanarak daha geniş kapsamlı geliştirilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Çelebi, R., 2010. Yapı Bilgisi, İstanbul Kültür Üniversitesi Kültür Yayınları, s. 1, İstanbul.
2. Vitruvius, 1998. Kitap I, Mimarlık Üzerine On Kitap, Çev. Güven S., Yem Yayın, s.9-11, İstanbul,
3. Doğanönül, Ö. ve Doğanönül, C., 2009. Küçük Ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı, *Teknik Yayınevi*, s. 7-10, 33-41, 50-52, 58-62, 72-79, Ankara.
4. Genç, E., 2011. Çatı Kaplama Ürünlerinin Seçiminde Ürün Bilgilerinin Düzenlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.12-127, İstanbul.
5. AMP Yazılım, 2017. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2000-2017 Yılları Birim Fiyatları,
6. Tunçözgür, Ü., 2012. Düünden Bugüne Safranbolu, Safranbolu Belediyesi Kültür yayınları/1, s. 27,28, Karabük,
7. İnternet: Google Haritalar, 2017 Safranbolu Çalışma Alanı Uydu Görüntüleri, <https://www.google.com/maps/@41.2530611,32.6805792,3894a,20y,90h> .
8. İnternet: Ekonomi Atlası, 2018, Enflasyon oranları, <http://i.ekonomiatlasi.com/enflasyon-orani-20161231.png>

DERSLİKLERDE GÜNIŞIĞI PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ: BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Yusuf Yıldız¹

Konu Başlık No: 1. Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

TÜRKÇE ÖZET

Dersliklerde konfor ve diğer fiziki koşulların öğrencilerin öğrenme performanslarını etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle dersliklerde görsel konforun sağlanması ve incelenmesi daha önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada, Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi dersliklerindeki gün ışığı aydınlatma performansının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Seçilen dersliklerde farklı günlerde ve saatlerde aydınlatma düzeyi ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar standartlarda öngörülen değerlerle karşılaştırılarak mevcut durum ile ilgili tespitler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara görülmüştür ki, dersliklerin her yerinde istenilen gün ışığı düzeyine ulaşılamamakta ve homojen bir aydınlık sağlanamamaktadır. Ortalama aydınlık düzeyleri ise standartlarda istenen değerleri karşılamaktadır. Ölçüm yapılan dersliklerin benzer pencere boyutlarına sahip olmasına rağmen gün ışığı performansları yönlenme ve engeller nedeniyle farklılaşmaktadır. Tasarım aşamasında gün ışığı performansı açısından sadece pencere büyüklükleri değil yönlenme ve çevredeki engellerde dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak tasarımcı tarafından görsel konfor için birden çok parametrenin bir arada değerlendirilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER

Görsel konfor, gün ışığı, eğitim binaları

ABSTRACT

It is known that comfort and other physical conditions in the classrooms affect the learning performance of the students. For this reason, providing visual comfort and examination in classrooms is becoming more important. In this study, it is aimed to evaluate the daylighting performance of classrooms in Faculty of Engineering and Architecture. Daylighting levels were measured on different days in selected classrooms. The results obtained are compared with the values stipulated in the standards and determinations related to the current situation are made. The findings show that the desired daylight level can not be achieved anywhere in the classrooms and a homogeneous light is not achieved. The average daylighting levels meet the required values in the standard. Even though the measured classrooms have similar window sizes, daylight performances differ due to orientation and obstacles. In terms of daylight performance in the design phase, not only the window sizes, but also the orientation and the surrounding obstacles should be considered. As a result, it has been found that multiple parameters should be evaluated by the designer for visual comfort.

KEYWORDS

Visual comfort, daylight, educational buildings

¹ Balıkesir Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Çağış Kampüsü, Altıeylül/Balıkesir, Tel: 2666121194-4314, Faks: 2666121257, yusifyildiz@gmail.com

1. GİRİŞ

Aydınlatma, mekanların tasarımında farklı açılardan önemli etkilere sahiptir ve iç ortam görsel konfor kalitesinde belirleyici bir rol oynamaktadır [1]. Bu nedenle binalarda doğal ve yapay ışık kullanımının dengeli olmasına özen gösterilmelidir. Güneş ışığı, direkt güneş ışığı ve yaygın gök ışığının bileşiminden oluşmaktadır [2]. Güneş ışığının binalara kontrollü alımı, enerji etkin tasarımın da temel öğelerinden biridir. Ayrıca güneş ışığı kullanımı kullanıcı memnuniyeti, verimi ve sağlık açısından da kritik öneme sahiptir. Bu nedenle güneş ışığı kullanımı erken tasarım aşamalarında ele alınmalıdır.

Güneş ışığını bina içine alarak yapay aydınlatmaya kıyasla daha konforlu ışık ortamı sağlamak hedeflenmektedir. İnsanlar, çeşitli ışık türlerinin yaydığı farklı spektrumlardan hem psikolojik hem de fizyolojik olarak etkilenir. Bunlar genellikle gün ışığının az ölçülebilir ve göz ardı edilen etkileridir. Yeterli güneş ışığı iyi ruh hali, artmış moral, daha az yorgunluk ve azalmış göz yorgunluğuyla ilişkilendirilmektedir [3]. Yapay aydınlatma, önemli miktarda elektrik tüketimine neden olabilir, aynı zamanda atık ısıyı iç mekana yayar, bu da soğutma yükünün artmasına neden olur. Güneş ışığı kullanımı, yapay aydınlatma için gerekli elektrik ihtiyacını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda dinamik bir iç mekan ortamı, sağlıklı ve heyecan verici bir çalışma ortamı yaratır.

Görsel konfor, EN 12665:2011 [4] standardında görsel çevre tarafından uyarılarak meydana gelen görsel hoşluk halinin öznel bir durumu olarak tanımlanmaktadır. Görsel konfor, insan gözünün fizyolojisine, alan içindeki ışık miktarını ve dağılımını açıklayan fiziksel niceliklere ve ışık kaynağının spektral emisyonuna bağlıdır. Farklı işlevlerdeki her mekanda gerçekleştirilecek etkinliklerin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için görsel konfor şartları sağlanmalıdır. Bu nedenle görsel konfor, aydınlatma gereksinimlerinin ana belirleyicisidir.

Sınıflar, aydınlatma kalitesi ve miktarı açısından öğrenciler için kritik öneme sahip olan birden fazla etkinliğin yapıldığı alanlardır [5]. Uygun aydınlık düzeyleri sağlanamadığında, öğrenciler aktivitelerini etkin, verimli ve konforlu bir şekilde yerine getiremeyebilir [6]. Örneğin ışık yetersizliği olan bir sınıf, aydınlatmanın fizyolojiye olan etkisi nedeniyle öğrencinin öğrenme yeteneğini olumsuz etkileyebilir. Zayıf spektral ışık, öğrencilerin gözleri üzerinde gerginlik oluşturarak, bilgi işleme ve öğrenme yeteneğinde azalmaya ve daha yüksek stres seviyelerine neden olabilir [7].

Eğitim binalarında görsel konfor çok yönlü bir araştırma alanıdır ve literatürde birçok ulusal ve uluslararası çalışma bulunmaktadır; Pellegrino ve ark. [8] İtalya'daki bir okulun sınıflarında güneş ışığını, güneş ışığı faktörü, yıllık güneş ışığı alımı ve iklimle bağlı dinamik güneş ışığı otonomisi parametreleri ile değerlendirmiştir. Secchi ve ark. [9], İtalya'daki okullarda aşırı ısınma ve kamaşma sorunlarına dikkat çekmektedir. Megri ve ark. [4] ilköğretim okullarındaki sınıflarda aydınlık düzeyini incelemiş ve bunları geliştirilen program tarafından hesaplanan değerler ve IES standartları ile karşılaştırmıştır. Michael ve Heracleous [10] çalışmalarında Kıbrıs'taki eğitim binalarındaki tüm yönleri bakan tipik sınıfların doğal aydınlatma performansını değerlendirmiştir. Yener ve ark. [11] İstanbul'da bulunan 8 ilköğretim binasında toplam 18 derslikte görsel konfor koşulları açısından tespitler yapmıştır. Baskan ve Sözen [12] aydınlatma tekniği yönünden uygun tip bir derslikteki değişik nitelikte aydınlatma düzenlerini görsel konfor ve etkin enerji kullanımı yönlerinden inceleyerek değerlendirmişlerdir. Erlalelitepe ve ark. [13] bir üniversite binasının dersliklerinin doğal aydınlatma performansını değerlendirmiştir. Yağmur ve Sözen [14] bir derslik hacmi ele alarak, doğal, yapma ve bütünsel aydınlatma koşulları için iç yüzeylerin ışıklılık değerlerini örneklemiş ve öznel değerlendirmeler yapmıştır. Fakat mevcut literatür incelenen konuların çeşitliliği açısından sınırlıdır. Bu çerçevede, bu çalışma ile Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi'nden seçilensınıflarda görsel konforu birden fazla değerlendirme kriterini kullanarak değerlendirmeyi ve hem aydınlık düzeyleri hem de aydınlık dağılımları açısından daha iyi görsel koşullar sağlamak için potansiyel iyileştirmeler önermeyi amaçlanmaktadır.

2. ALANIN TANITILMASI

Bu çalışmada, Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampüsünde yer alan, Mühendislik ve Mimarlık Fakülteleri (Resim 1) tarafından kullanılan derslikler ele alınmıştır. Fakülte binası yaklaşık 22000 m² kullanım alanına sahiptir ve 10 bölüme hizmet etmektedir. Binada derslikler, laboratuvarlar, akademik ve idari personel odaları ve bir amfi bulunmaktadır.



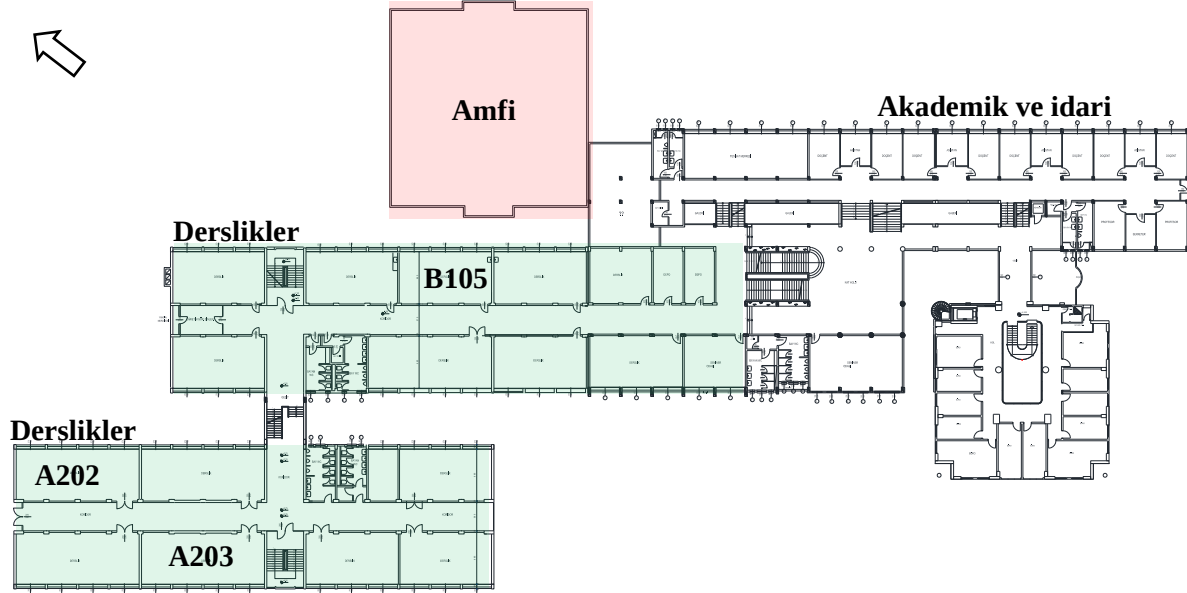
Resim 1. Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Binaların çevresinde bulunabilecek doğal ve yapay engeller binanın günışığı alma potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle seçilen binanın yakın çevresinde bulunan binalar da incelenmiştir (Resim 2).



Resim 2. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Google Earth

Resim 2 de görüldüğü gibi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi binası yakın çevresinde güneybatı yönünde herhangi bir yapılaşma bulunmamaktadır. Fakat kuzeybatı yönünde ana binadan yaklaşık 6m uzaklıkta Laboratuvar binaları ve amfi bloğu yer almaktadır. Derslik bloklarının birbirine uzaklığı ise 6,6m'dir. Dersliklerin bina içindeki yerlerine bağlı olarak açıklıkların yönü ve buna bağlı olarak da günışığı alma potansiyeli değişkenlik gösterecektir. Çalışmada incelenmek üzere B105, A202, A203 nolu derslikler seçilmiştir (Şekil 1 ve Resim 3). B105 ile Amfi bloğu arası 5,2m'dir. A202 ile laboratuvar arası ise 33m'dir.



Şekil 1. Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi binası genel plan şeması ve seçilen derslikler



Resim 3. Seçilen dersliklerden genel görünüm

B105: 11,8x6,65m plan ölçülerinde ve dikdörtgen formunda 1. katta bulunan bir dersliktir. Sadece Güneybatı cephesinde pencere bulunmaktadır. Pencere yerden 70cm yüksekten başlamakta ve 11,7x3m boyutlarındadır. Dersliğin güneybatı cephesinin toplam alanı 45,51m²'dir. Pencere alanının derslik cephe alanına oranı ise %77 olarak hesaplanmıştır.

A202 ve A203: 15,7x6,65m plan ölçülerinde ve dikdörtgen formunda 2. katta yer almaktadır. A202 dersliğinde Kuzeybatı cephesinde, A203 dersliğinde ise Güneybatı cephesinde pencere bulunmaktadır. Pencere yerden 70cm yükseklikten başlamakta ve 15,7x3m boyutlarındadır. Dersliklerin pencere cephesinin toplam alanı 58,09m²'dir. Pencere alanının derslik cephe alanına oranı ise %81 olarak hesaplanmıştır.

3. GÖRSEL KONFOR DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ VE ÖLÇÜMLER

Literatürde görsel konforu farklı açılardan (ışık kalitesi, dağılımı, parlaklık ve renk) değerlendirmek için kullanılan birçok indis bulunmaktadır [15]. Bu çalışmada, seçilen dersliklerin günışığı performansını değerlendirmek için, alan ölçümleri ile elde edilen aydınlık düzeyi ve düzgün yayılmışlık oranının hesaplamasını içeren iki kriterli bir yaklaşım tercih edilmiştir. Aydınlık düzeyi en genel olarak görsel kaliteyi tanımlar. CIBSE Kılavuzu A [16] ve IESNA [17] 'e göre derslikler için çalışma düzlemindeki minimum aydınlık düzeyi 300 lx olmalıdır. Günışığı performansının diğer bir göstergesi düzgün

yayılmışlık değeri (U_0). minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranıdır [14]. Sıkça kullanılan indisler arasındadır ve başarılı bir aydınlatma için bu değerin de standartlarda belirtilen seviyede karşılanması gereklidir. Bu değer ışığın bir alanda ne kadar eşit dağılım gösterdiğini açıklar ve yüksek düzeyde homojen dağılım, görsel stresin önlenmesine ve dolayısıyla görme rahatsızlığı riskinin azaltılmasına katkıda bulunur [15]. CIBSE:2009 [18], TS EN 12464-1:2011 [19] gibi standartlarda düzgün yayılmışlık değeri derslikler için 0,6-0,8 olarak belirtilmiştir.

Çalışma alanı olarak seçilen dersliklerde 25 Mart, 1 ve 8 Nisan 2016 tarihlerinde 09:00 dan başlayarak saat 17:00'a kadar birer saatlik arayla çalışma düzlemi kabul edilen 0,85m yükseklikten öğrenci masalarının üzerinden aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler ders dönemi içinde yapıldığından ölçüm günleri dersliklerin uygun olduğu tarihlere göre belirlenmiştir. Ders programlarında dersler çoğunlukla sabah 9:00 da başlayıp 17:00'a kadar devam etmektedir. Bu nedenle 9-17 saatleri arasında birer saat arayla aydınlatma ölçümleri yapılmıştır. Kaç noktada ölçüm yapılacağı oda indeksi formülü esas alınarak hesaplanmıştır [20]. Hesaplamalar sonucunda B105 nolu sınıfta aydınlık düzeyi ölçümü için 13, A202 ve A203 dersliklerinde ise 17 ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm sırasında pencerelerde bulunan tüm perdeler açık konuma getirilmiştir ve dersliklerde bulunan lambalar kapalı konumdadır. Ölçümler, Testo 540 (Ölçüm aralığı: 0-99999 lux, Doğruluk: ± 3 lux ya da $\pm 3\%$) aydınlık düzeyi ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Dersliklerde belirlenen noktalarda ölçülen aydınlık düzeylerinin ortalamaları alınarak her saat için ortalama aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Gün ışığı ile sağlanan performans değerleri

Tarih	Saat	Ortalama aydınlık düzeyi (lux)			Düzgün yayılmışlık değeri (U_0)			Alansal olarak aydınlık düzeyini sağlama miktarı (%)		
		A203	A202	B105	A203	A202	B105	A203	A202	B105
25.03.2016	09:00	128	301,2	293,7	0,33	0,45	0,42	34,4	11,8	0
	10:00	270,3	290,3	331,6	0,41	0,44	0,34	56,6	44,9	33,3
	11:00	113,2	332,7	284,2	0,44	0,42	0,2	27,7	37,5	16,6
	12:00	484,2	698,3	423,6	0,38	0,5	0,23	43,3	36,4	33,3
	13:00	669,7	809,6	602,1	0,61	0,51	0,21	56,3	50,5	48,8
	14:00	889,3	885,8	657,1	0,42	0,5	0,34	67,3	58,3	41,1
	15:00	708,9	672	472	0,38	0,39	0,36	50	43,2	35,5
	16:00	556,2	516	257,5	0,33	0,42	0,29	33,3	28,6	25,5
	17:00	194,5	357,8	157,4	0,29	0,37	0,25	22,2	8,4	0
Tarih	Saat	A203	A202	B105	A203	A202	B105	A203	A202	B105
01.04.2016	09:00	163,5	1421	1024,1	0,36	0,57	0,48	63,3	54,4	21,1
	10:00	172,5	1272,2	980	0,31	0,52	0,44	65,5	62,1	26,6
	11:00	290	874,4	705,7	0,3	0,48	0,31	66,6	58,5	25,5
	12:00	428,8	717,6	676,2	0,41	0,43	0,24	70,3	72,2	33,3
	13:00	606,7	974,2	640	0,44	0,42	0,32	75	75,5	73,3
	14:00	679,7	954,3	526	0,55	0,41	0,32	87,5	86,6	76,6
	15:00	1007,9	829,1	661,7	0,61	0,41	0,33	92,4	73,3	66,6
	16:00	709,6	646,7	634,7	0,64	0,33	0,35	82,5	61,1	46,6
	17:00	525,7	506,7	444,8	0,58	0,29	0,49	75	67,1	33,3
Tarih	Saat	A203	A202	B105	A203	A202	B105	A203	A202	B105
08.04.2016	09:00	228,4	1259	721,8	0,28	0,31	0,28	51,1	66,6	33,3
	10:00	355,1	871,2	698,3	0,29	0,33	0,22	45,5	64,4	4,16
	11:00	452,5	806,4	635,2	0,34	0,47	0,23	66,6	65,5	58,3
	12:00	571,1	1415,7	882,7	0,30	0,41	0,53	73,3	92,2	66,6
	13:00	634,7	1287,7	942,3	0,30	0,46	0,60	75	95,5	66,6
	14:00	733,1	721,5	836,3	0,31	0,43	0,64	86,6	96,6	66,6
	15:00	1085	631,4	603,6	0,38	0,42	0,47	81,4	77,7	73,3
	16:00	712	620,4	446,6	0,51	0,39	0,36	70,6	68,5	61,1
	17:00	468	501,4	377,1	0,62	0,40	0,41	69,9	67,1	50

4. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

25 Mart 2016 tarihinde saat 9:00-17:00 arasında yapılan ölçümlerde genel itibariyle 3 dersliğin de ortalama aydınlık düzeyleri açısından istenen 300 lux'lük aydınlık düzeyini çoğunlukla sağladığı görülmüştür. B105 dersliğinde sadece sabah ve akşamüstü saatlerinde ortalama aydınlık düzeyinin 300lux'un altında olduğu görülmektedir bunun muhtemel nedeni dersliğin kuzey doğu yönüne bakması ve 5,2 m uzakta olan amfi bloğunun içeriye gün ışığının girmesini engellemesi olabilir. A202 ve A203 nolu dersliklerde ise sabah saatlerinde ortalama aydınlık düzeyinin 300 lux'ten biraz az olduğu görülmüştür. Yapılan ölçümlerde A203 dersliğinde gün içinde %22 ile %56,6 arasında bir alan 300 lux'ün üzerinde ışık almaktadır. Dersliğin ortalama aydınlık düzeyi açısından çoğunlukla istenen şartları sağladığı görülse de bazı alanlarda yeterli konfor koşullarının sağlanmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum, derslikte bazı noktaların yüksek düzeyde gün ışığı alırken bazı noktaların almadığından kaynaklanmaktadır. Düzgün yayılmışlık değeri de (U_o) derslik içindeki aydınlık dağılımının homojen olmadığını göstermektedir. Neredeyse tüm gün A203 dersliğinde dengesiz bir aydınlık dağılımı vardır. Genellikle aydınlık dağılımı öğle saatlerinde daha iyi iken sabah ve akşam saatlerinde düzgün yayılmışlık genel olarak azalmaktadır. Benzer durumlar A202 ve B105 nolu dersliklerde de söz konusudur. A202 dersliğinde %8,4 ile %58,3 arasında değişen oranlardaki alanlar, yeterli düzeyde gün ışığı almaktadır. Gün boyunca derslik standartta belirtilen U_o değerini karşılayamamaktadır. A203 dersliği ile karşılaştırıldığında daha kötü bir aydınlık dağılımının olduğu söylenebilir. B105 dersliğinde sabah ve 9:00 akşam 17:00 da yapılan ölçümlerde derslikte ölçüm yapılan hiçbir noktada 300 lux aydınlık düzeyine ulaşamadığı görülmüştür. Diğer zamanlarda ise %16,6 ile %48,8 arasında değişen oranlardaki alanlar 300 lux'ün üzerine geçmektedir. 25 Mart 2016 tarihinde B105 dersliği diğer dersliklere kıyasla en kötü gün ışığı performansını sergilemektedir.

1 Nisan 2016 tarihinde yapılan ölçümlerde ortalama aydınlık düzeylerinin A203 nolu sınıfta öğleden itibaren 300 lux'un üzerinde olduğu görülmektedir. Sabah saatlerinde ise ortalama aydınlık düzeyi 300 lux'un altında kalmaktadır. U_o değeri saat 15 ve 16 saatlerinde standartta belirtilen seviyededir. Gün boyunca A203 dersliğinde %50 den fazla alanda yeterli aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Saat 15'de dersliğin neredeyse tamamında istenen aydınlık düzeyi sağlanmaktadır. İlave bir aydınlatma gerekmemektedir. Ortalama aydınlık düzeylerinin istenenin üzerinde olması derslikte bazı alanların 300 lux ten çok daha fazla gün ışığı aldığını göstermektedir. A202 dersliğine bakıldığında benzer sonuçların olduğu görülmektedir. Dersliğin büyük bir bölümünde gün ışığı yeterli seviyededir. Fakat derslik tüm gün boyunca homojen bir aydınlık düzeyine sahip değildir. Gün içinde ortalama aydınlık düzeyi 163,5 ile 1007,9 lux arasında değişmektedir. Diğer zamanlara kıyasla gün ortasında sınıfın performansı daha yüksek seviyededir. B105 dersliğinden elde edilen sonuçlara bakıldığında sabah saatlerinde ortalama aydınlık düzeyi daha yüksektir. Bundaki en büyük sebep sınıfın doğuya yönelmesidir. Batıya bakan A203 dersliğine göre B105 nolu derslik sabahları daha fazla gün ışığı aldığı söylenebilir. Gün boyu ortalama aydınlık düzeyi 444,8 ile 1024,1 lux arasında değişmektedir. Gün ışığı dağılımı ise standartta belirtilen seviyelere ulaşmamaktadır. Sabah 9:00 da dersliğin sadece %21,1 yeterli aydınlık düzeyine sahiptir. Dersliğin önündeki amfi bloğu sabah saatlerinde gün ışığının yataya yakın açılarda gelmesine rağmen derslik içine ulaşmasını güçleştirmektedir. Yüksek aydınlık düzeyinin yansımadan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

8 Nisan 2016 ölçümlerinde tüm dersliklerde A203 dersliği sabah saat 9 haricinde gün boyunca ortalama aydınlık düzeylerinin 300 lux'ün üzerinde olduğu kaydedilmiştir. A203 dersliğinde sabah saatlerinde %50'lik bir alanın yeterli gün ışığı aldığı, öğle saatinde ise bu oranın %86,6'ya ulaştığı görülmüştür. A202 dersliğinde en yüksek %96,6 değerine saat 14'te ulaşılmıştır. Sınıfın neredeyse tamamı yeterli gün ışığı almaktadır. B105 dersliğinde ise maksimum değer %73,3'dır. Genel olarak dersliğin gün boyu yarısı için ilave aydınlatma gereklidir. Sabah saat 10'da bu değerin %4'e düştüğü görülmektedir. Bunun gün içindeki gökyüzü bulutluluk değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Gün ışığı dağılımı açısından B105 dersliğinde öğle saatlerinde standartlarda belirtilen değerlerin sağlandığı görülmüştür. A203 nolu derslikte saat 17'de U_o değeri 0,62 ile istenen seviyeyi

yakalamaktadır. Tüm dersliklerde diğer zamanlarda istenilen homojenlikte bir aydınlık dağılımı söz konusu değildir. Gün boyu ortalama aydınlık düzeyi A203'te 228,4 ile 1085 lux, A202'de 501,4 ile 1415,7 lux, B105'te ise 377,1 ile 942,3 lux arasında değişmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma, eğitim binasını gün ışığı performansı açısından değerlendirerek mevcut durumun ortaya konulmasını amaçlamaktadır. Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi'ne ait 3 derslik bu kapsamda aydınlatma ölçümleri yapılarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda dersliklerin sadece bazı yerlerinde yeterli gün ışığı düzeyine ulaşıldığı görülmüştür. Hacmin tamamında aynı aktivite yapıldığı düşünüldüğünde gün ışığı yeterli olmayan bölgeler için yapay aydınlatma ile takviye yapılması gerekmektedir. Yapay aydınlatma sisteminin tasarımında mekanların gün ışığı performansları incelenerek çözümler üretilmesi daha başarılı sonuçlar alınmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle yetersiz gün ışığı alan noktaların yapay aydınlatılması homojen bir aydınlık seviyesine ulaşılması bakımından da önemlidir. Aksi taktirde gün ışığının yeterli olduğu bölgeler de yapay olarak aydınlatılacak ve istenen düzgün yayılmışlık değerine ulaşamayacaktır. İncelenen derslikler benzer pencere boyutlarına sahiptir. Buna rağmen gün ışığı performansları farklılaşmaktadır. Bu durum yönlenme ve engeller nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Tasarım aşamasında gün ışığı performansı açısından sadece pencere büyüklükleri değil yönlenme ve çevredeki engellerin etkileri de incelenmeli ve optimum çözümler ortaya konulmalıdır. Elde edilen sonuçlara göre ortalama aydınlık düzeylerinin standartlarda istenen değerleri sağlaması mekanların homojen olarak aydınlatıldığı anlamına gelmediği görülmektedir. Gün ışığı performansı açısından tek bir parametrenin değil birden çok parametrenin bir arada değerlendirilmesi ile görsel konfor açısından daha iyi tasarımlar gerçekleştirilebilecektir. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda elde edilen veriler, dersliklerde gün ışığı performansının artırılmasına yönelik tasarım aşamasında yada mevcut durumda öneriler geliştirilmesi için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Fontenelle, C.V., 2008. The importance of Lighting to the Experience of Architecture. Architecture Quality Issues, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [2] Chena, H., Weib, P., 2013 Utilization of Natural Daylight in Office Buildings. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, Cilt 2 Sayı 2, s. 301–306.
- [3] Edwards, L., Torcellini, P., A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. NREL/TP-550-30769. National Renewable Energy Laboratory <https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf>
- [4] BS EN 12665:2011. Light and lighting. Basic terms and criteria for specifying lighting requirements.
- [5] Megri, A. C., Yu, Y., Sobers, A., Cooper, A., 2014. Illuminance Evaluation and Assessment at Three Elementary Schools. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, Cilt 7 Sayı 1, s. 129-136.
- [6] Hwang, T., Kim, J.T., 2011 Effects of Indoor Lighting on Occupants' Visual Comfort and Eye Health in a Green Building, *Indoor and Built Environment*, Cilt 20, s. 75–90.
- [7] Liberman, J., 1991. Light Medicine of the Future. New Mexico: Bear & Company Publishing.
- [8] Pellegrino, A., Commarauo, S., Savio, V., 2015. Daylighting for Green Schools: A Resource for Indoor Quality and Energy Efficiency in Educational Environments, *Energy Procedia*, Cilt 78, s. 3162–3167.
- [9] Secchi, S., Sciarpi, F., Pierangioli, L., Randazzo, M., 2015. Retrofit Strategies for the Improvement of Visual Comfort and Energy Performance of Classrooms with Large Windows Exposed to East, *Energy Procedia*, Cilt 78, s. 3144–3149.

- [10] Michael, A., Heracleous, C., 2017. Assessment of Natural Lighting Performance and Visual Comfort of Educational Architecture in Southern Europe: The Case of Typical Educational School Premises in Cyprus. *Energy and Buildings*, Cilt 140, s. 443–457.
- [11] Yener, K.A., Güvenkaya, K.R., Şener, F., 2009. İlköğretim Dersliklerinin Görsel Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *İtüdergisi/a mimarlık, planlama, tasarım*, Cilt 8 Sayı 1, s. 105-116.
- [12] Başkan, B.T., Sözen, Ş.M., 2006. Dersliklerde Görsel Konfor Ve Etkin Enerji Kullanımı –Bir Örnek Derslik Aydınlatması. *Megaron*. Cilt 1 Sayı 2-3, s. 143-153.
- [13] Erlalelitepe, İ., Aral, D., Kazanasmaz, T. 2011. Eğitim Yapılarının Doğal Aydınlatma Performansı Açısından İncelenmesi. *Megaron*. Cilt 6 Sayı 1, s. 39-51.
- [14] Yağmur, A.Ş., Sözen, Ş.M., 2016. Dersliklerde Görsel Konfor ve İç Yüzeylerin Etkisi. *Megaron*. Cilt 11 Sayı 1, s. 49-62.
- [15] Carlucci, S., Causone, F., Rosa, F., Pagliano, De L., 2015. A Review of Indices for Assessing Visual Comfort with a View to Their use in Optimization Processes to Support Building Integrated Design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Cilt 47, s. 1016-1033.
- [16] CIBSE, 2015. Environmental Design-CIBSE Guide A, Chartered Institution of Building Services Engineers, Norwich.
- [17] IESNA, 2000 (9th ed.). Illuminating Engineering Society of North America. IESNA Lighting Handbook, IESNA, New York.
- [18] CIBSE, 2009. Code For Interior Lightng, London.
- [19] TS EN 12464-1:2011, 2011. Işık ve Işıklandırma-İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahaller.
- [20] Türkoğlu, K., Çalkın, Y., 2006. Ofis ve İşyeri Aydınlatmasında Standartlar ve Standart Ölçümler, 6. Ulusal Aydınlatma Kongresi. Aydınlatma Türk Milli Komitesi, 23-24 Kasım 2006, İTÜ, Taşkışla İstanbul. s. 152-7.

Kentsel Isı Adası Etkisi ve Serin Çatılar

İnci TOZAM¹
Ülger BULUT KARACA²

Konu Başlık No: 1. Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Kentler, üzerinde yer aldıkları doğanın topoğrafyasını, ekolojik yapısını, atmosferik özelliklerini değiştirmekte, farklı bir ekoloji ve atmosfer yaratmaktadır. Sürdürülebilirliğin çevre korunumu bileşeni olan atmosfer, kentlerde yoğun olarak üretilen sera gazı emisyonlarından etkilenmekte, bunun sonucunda küresel ve bölgesel ölçeklerde iklim değişiklikleri ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında bölgesel ölçekte iklim değişikliklerinden yola çıkılarak “kentsel ısı adası etkisi” açıklanacaktır.

Kentsel ısı adası etkisinin anlaşılabilmesi ve kontrol altına alınabilmesi iklimsel konfor ve enerji korunumu bakımından önemlidir. Bu nedenle kentsel ısı adası sorunu, başlıca kentsel yüzeyleri oluşturan yol, kaldırım, bina cephe ve çatıların değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu çalışma kapsamında kentsel ısı adası sorunu çatı boyutunda ele alınıp, serin çatı çözümleri üzerinde durulmuştur.

ANAHTAR KELİMELE

kentsel ısı adası, sürdürülebilirlik, serin çatı.

ABSTRACT

Cities change the topography, ecological structure, atmospheric properties at different ecology and atmosphere. The atmosphere, which is a component of sustainability environmental protection, influenced by the greenhouse gases, and it lead to climate change at global and regional scales. In this research, urban heat island effect will be explained based on the climate change on the regional and global scale.

The understanding of urban heat island effect and its control can be important for climate comfort and energy conservation. For this reason, the problem of urban heat island, roads, pavement, building, facades and roofs which constitute the main urban surfaces. In this study, the urban heat island problem is discussed in the concept of roof and cool roof solutions are emphasised.

KEYWORDS

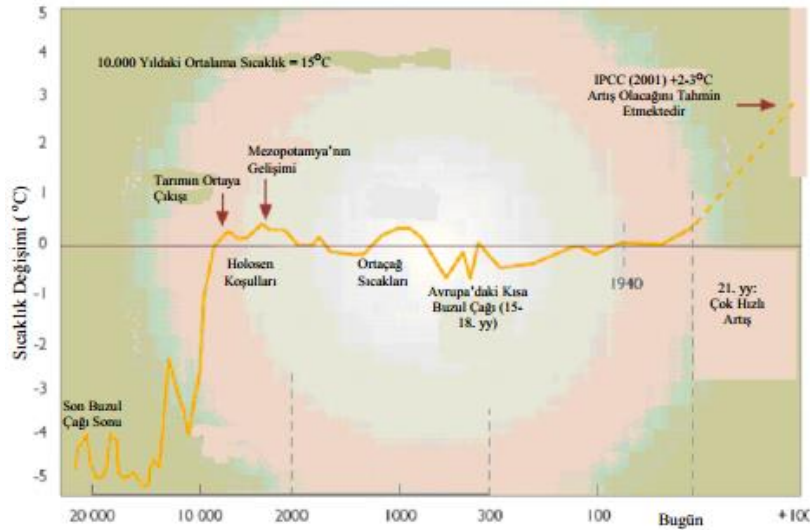
urban heat island, sustainability, cool roof.

¹ Y. Mimar İnci TOZAM, İstanbul AREL Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, inci.tozan@gmail.com

² Yrd. Doç. Dr. Ülger BULUT KARACA, İstanbul AREL Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, ulgerbulut@arel.edu.tr

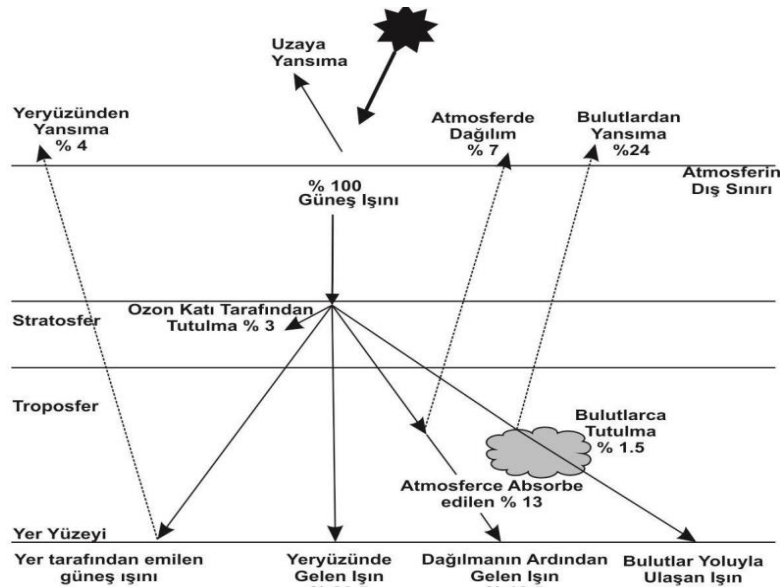
1. GİRİŞ

Dünya tarihi boyunca, belirli dönemlerde iklim değişiklikleri yaşanmıştır. Geçmişteki iklim değişiklikleri buzulların erimesi, volkanik aktiviteler, kıtaların hareketi, güneş ışımlarındaki değişimler, iklim sistemini oluşturan güneş, atmosfer ve yerküre arasındaki ilişkilerin, doğal mekanizmalarla bozulması sonucu ortaya çıkmıştır [1]. Ancak 19.yüzyıldan itibaren iklim değişiklikleri yerel ölçekten küresel ölçeğe ulaşmıştır. Geleceğe yönelik iklim senaryolarına göre ülkemizin batı bölümünde özellikle yaz aylarında 6°C 'ye kadar olmak üzere Türkiye genelinde sıcaklıkların 2 ila 3°C artacağı öngörülmektedir [2].



Şekil 1.1. Dünyanın Ortalama Yüzey Sıcaklığının Son 20.000 Yıldaki Değişimi.

Güneşten gelen radyasyon dünya atmosferine çarptığında, bir kısmı uzaya geri gönderilirken, geri kalan kısım atmosfere girer. Giren enerji % 100 olarak değerlendirildiğinde, bir kısmı atmosferde dağılır (% 7), bir kısmı ise bulutlardan uzaya yansıtılır (% 24), bir kısmı da yerden uzaya yansır (% 4) (Şekil 1.2). Buna göre, atmosfere giren enerjinin % 35'i (24+7+4) direkt olarak uzaya yansıtılır. Yansıyan bu % 35'lik kısım, albedo olarak adlandırılır [10].



Şekil 1.2. Atmosferin Enerji Bilançosu.

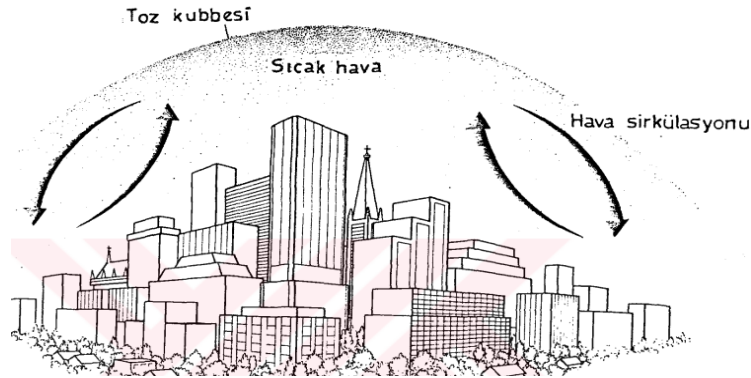
Şekil 1.2.'deki tabloyu değerlendirdiğimizde; güneş ışınlarından gelen enerjinin bir kısmı atmosferde bir kısmı da yeryüzünde tutulur. Bu tutulma; ozon katında (%3), bulutlarda (%1.5) ve atmosferde (%13) olup toplam enerji miktarı %17,5 olmaktadır. Yeryüzünde ise; gelen enerjinin %22,5'i yeryüzüne gelir ve tutulur, bulutları geçerek yere ulaşan enerji %14,5 olup atmosferdeki tutulmadan geriye kalan enerji de %10,5'tir. Bu durumda yeryüzüne gelen enerji %47,5'tir. Şekil 1.2.'de yer alan atmosferin enerji bilançosu sonucunda atmosferde tutulan enerji ile yeryüzünde tutulan enerji birbirinden farklı olup, gelen enerjinin büyük bir kısmı yeryüzünde tutulmaktadır.

Böylece, güneşten gelen enerji, radyasyon (ışınım) yoluyla yeryüzünü ısıtmış olmaktadır. Isınan yeryüzüne teması sonucunda, konduksiyon yoluyla da atmosfer ısınır ve sonrasında, içerisinde konveksiyon (dikey hava hareketi) başlar. Bu sayede yerdeki enerji atmosfere geçer.

Yeryüzündeki su molekülleri de buharlaşarak atmosfere geçer. Atmosferdeki yoğunlaşmaya bağlı olarak içerilerinde sakladıkları gizli ısı da atmosfere enerji aktarımına neden olur. Geriye kalan enerji, yeryüzünden uzun dalga radyasyonu olarak salınır [10]. Bu açıklamaların sonucunda aynı enerji bilançosuna sahip alanların aynı sıcaklık değerlerine sahip olması beklenirken, günümüzde böyle olmayıp iklim, bitki örtüsü, kentleşme gibi etkenler mikro ölçekte değişimlere; mezo ölçekte ise kentlerde ısı adası oluşumuna neden olmaktadır. Hatta, bu etkilerin kıtasal boyutlara ulaşması ile makro ölçekte sıcaklık değişiklikleri meydana gelebilmektedir.

2. KENTSEL ISI ADASI

Kentler üzerinde yer aldıkları doğa parçalarını her yönü ile değiştirerek yeni çevresel koşullar yaratırlar. Bölgenin topoğrafyası, ekolojik yapısı, atmosferik özellikleri değişmekte, ayrı bir ekolojiye ve farklı bir atmosfere sahip olmaktadır [11]. Kentlerde yoğunlaşmış ısı üreten kaynakların yer alması, kentsel yüzey malzemelerinin gündüz saatlerde güneşten gelen ısıyı depolayıp, geceleri bırakması, yaz ve kış aylarında kullanılan iklimlendirme cihazları gibi etkiler sonucunda kent üzerinde toz kubbeleri oluşmaya başlamıştır (Şekil 2.1). Böylece kentler, insan aktiviteleri sonucunda yapay alanlar oluşturarak doğal ortamlardan farklı atmosfer sıcaklığı oluşturmaktadır. Bu farklı özelliklerinden birisi de günümüzün en önemli konularından biri olan iklim değişiklikleri ve bölgesel sıcaklıkların oluşmasına neden olan kentsel ısı adasıdır.

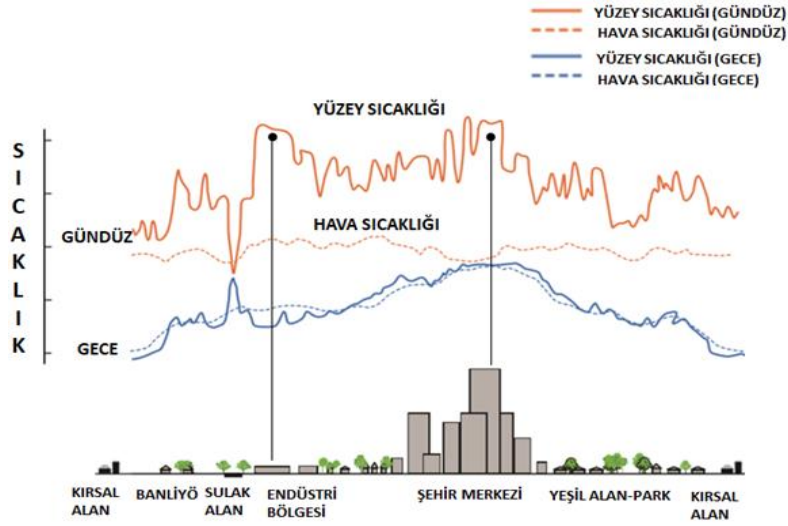


Şekil 2.1. Kent Isı Adası Oluşumu.

Kırsal alanlarda güneş enerjisi herhangi bir engele takılmaz iken bitki ve topraktaki suyun buharlaşmasında kullanılır. Kentlerde ise bitki örtüsünün ve doğal arazi örtüsünün az olması nedeniyle gelen güneş radyasyonunun bir kısmı kentlerde yüksek katlı binalar, sokak genişlikleri gibi kent geometrisini etkileyen unsurlar tarafından absorbe edilerek, geri yayılımında gecikmelere neden olmaktadır. Kentteki yapılar ve asfalt yollar tarafından gün boyu emilen ısıma daha sonra ısıya dönüşerek tekrar ortama salınır ve kentteki hava sıcaklığını artırır. Gece olduğunda kentteki yapılar ve asfalt yollar gün boyu absorbe ettikleri güneş enerjisini yavaş bir şekilde atmosfere gönderirler.

Dolayısı ile atmosferin sıcaklığı kırsal alanlarda çabuk soğur iken, kentlerde yavaş gerçekleştiğinden belirgin sıcaklık değişikliklerine neden olmaktadır. Açık alanda, kent merkezinde kalan konuma göre geceleri daha fazla soğuma meydana gelmektedir. Kent merkezindeki binalarla çevrili alandaki gece sıcaklığının açık alandakine göre farkının 4°C 'ye kadar çıktığı gözlenmektedir [3]. Bunun sonucunda kentlerde iklim değişikliğine neden olarak kent ve kırsal alanlarda önemli ölçüde sıcaklık değişimleri meydana gelmektedir. Kentsel alanların etraftaki doğal alanlardan daha sıcak olmasına neden olan bu sıcaklık olayı “Kentsel Isı Adası” olarak tanımlanmıştır [4].

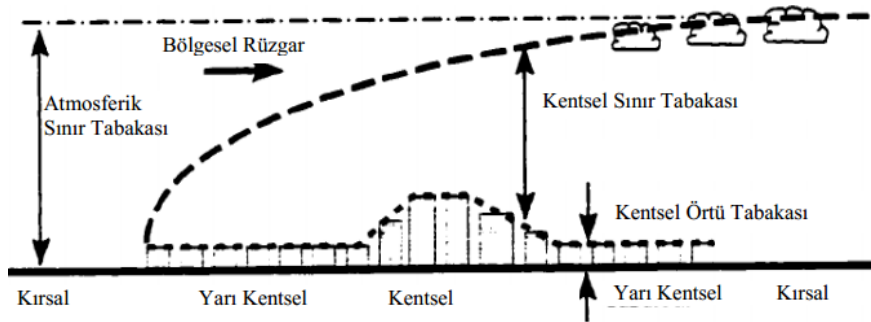
Kentsel ısı adaları, atmosferin farklı katmanları için farklı özelliklerde olup farklı oluşum mekanizmalarına sahiptir. Bu farklılıklar nedeniyle kentsel atmosferik ısı adası ve kentsel yüzey ısı adası olarak iki başlıkta ele alınması mümkündür.



Şekil 2.2. Yüzey ve Atmosferik Sıcaklık Değişimleri.

Yüzey ve atmosferik sıcaklıklar arazinin kullanım alanlarına ve gece-gündüz olaylarına göre değişiklik göstermektedir (Şekil 2.2). Geceleri yüzey ve atmosferik sıcaklık değerleri önemli farklılıklar göstermezken; gündüz yüzey ve atmosferik sıcaklık değerleri arasında farklılıklar görülmektedir.

Kentsel atmosferik ısı adası, yoğun yapılaşma ve yeşil alanların azalması sonucu ortaya çıkan iklim farklılaşmalarında, kentteki ya da kentin belli bir bölümündeki hava sıcaklığının belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmaları konu alır. Kentsel atmosferik ısı adası “kentsel örtü tabakası” ve “kentsel sınır tabakası” olarak ayrışabilir.



Şekil 2.3. Kentsel Sınır ve Kentsel Örtü Tabakaları.

Kentsel Örtü Tabakası, insanların yaşadığı hava tabakasında yer alıp binaların çatıları ile yer yüzeyi, binalar arasında kalan alanlar arasındaki bölgeyi içermektedir [8]. Kentsel sınır tabakası ise kentsel örtü tabakasının üzerinde yer almaktadır.

Kentsel yüzey ısı adaları, kentteki yüzey sıcaklıkları ile ilgilidir. Kentsel yüzey malzemelerinin özgül ısı, renkleri, pürüzlülük gibi özellikleri kentsel yüzey ısınmasında etkili olan unsurlardır. Bu çalışmada ele alınan kentsel yüzeyler, bina çatı ve cepheleri kentsel yüzey ısı adaları için önemli etkenlerdir.

3. KENTSEL YÜZEY MALZEMELERİ

Doğadaki her malzemenin güneş ışınlarını yansıtma oranı farklı olmaktadır. Kentsel yüzey malzemelerinin, özgül ısıları ve renkleri kentsel ısınma ve soğumada etkili olan unsurlardır. Yüzeyin rengi, gelen güneş ışınlarını yansıtma ve soğurma özelliğini belirleyebilmektedir. “Koyu renkteki nesneler, gelen ışınları soğurma eğilimindedir. Bu nedenle de ısınma kapasiteleri yüksektir. Açık renkli, parlak ve cilalı nesneler ise koyu renklerin tersine, gelen ışını yansıtma eğilimindedir ve fazla ısınmazlar [10].

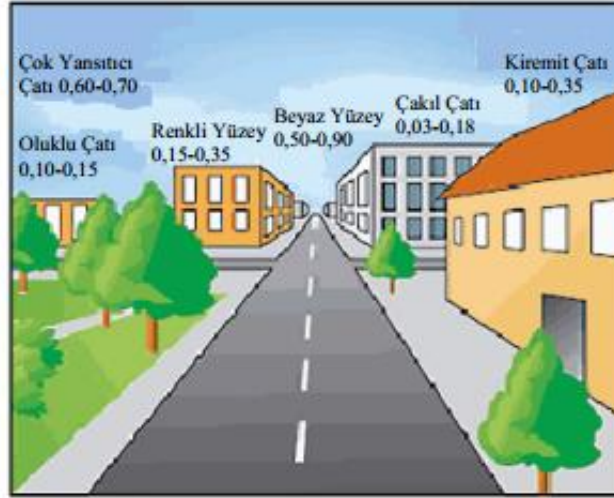
Cisimlerin özgül ısıları da sıcaklık dağılımını etkilemektedir. Birim zamanda, birim hacimde, özgül ısıları farklı cisimlere, aynı enerji verildiğinde, özgül ısısı düşük olan maddenin sıcaklığı daha fazla artar. Aynı şekilde ısı kaybetme döneminde de özgül ısısı düşük olan maddeler daha fazla ısı kaybederek çabuk soğur. Bu özelliğe bağlı olarak, yeryüzünde yan yana iki yüzeyin farklı sıcaklık şartlarına sahip olduğu görülebilir [10]. Kırsal alanlarda, toprak, taş yüzeylerin düşük özgül ısıya sahip olmaları nedeniyle hızlı ısınma ve soğuma görülmektedir. Kentlerde ise asfalt, tuğla, beton gibi malzemelerin yüksek özgül ısıya sahip olması nedeniyle bu alanlarda sıcaklık yavaş artar ve yavaş düşer. Bu nedenle, bu çalışmanın çerçevesini de belirleyen kentsel yüzey malzemeleri önem taşımaktadır.

Kent yüzeyinde kullanılan malzemelerin sıcaklığı etkilemesinde termal iletkenlik ve termal yayılım özellikleri bulunmaktadır. “Termal iletkenlik, maddenin kondüksiyon yoluyla enerji transfer etme kapasitesidir. Termal yayılım ise, maddenin kendi içinde enerji dolaşım kapasitesidir. Bu iki özellik, özgül ısı türevleridir ve özgül ısı ile birleştiklerinde, maddelere enerjiyi hapsetme veya enerjiyi transfer etme kabiliyeti kazandırır [10]. Tablo 1.’de görüldüğü üzere kentsel alanlarda termal yayılım ve termal iletkenlik diğer arazi örtülerine göre en yüksek değere sahiptir.

Tablo 1. Bazı Arazi Örtülerinin Termal Yayılım ve Termal İletkenlik Özellikleri.

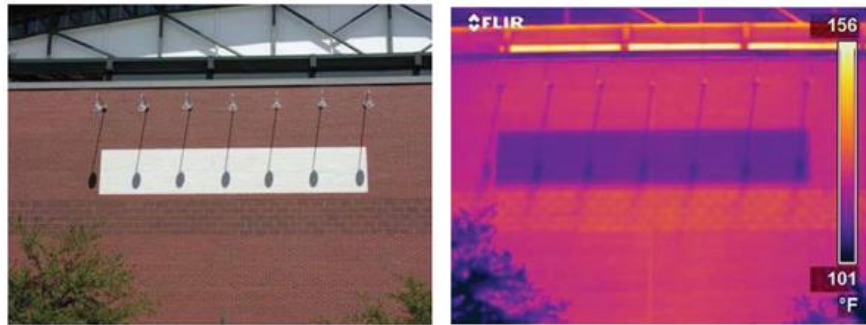
Arazi Örtüsü	Thermal Yayılımı (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	Termal İletkenlik (m ² s ⁻¹ x10 ⁻⁶)
Su	0.15	100
Bataklık	0.74	2.2
Kum	0.57	1.05
Karışık Arazi	0.52	1.33
Çayır	0.52	1.33
Fundalık	0.24	0.30
Çalılık	0.52	1.33
Karışık Orman	0.80	2.16
İğne Yapraklı Orman	0.80	2.16
Şehir	1.40	2.93

Şehir yüzeylerinde kullanılan asfalt, taş, beton, cam gibi absorbe özelliği yüksek malzemeler koyu renkleri, mat ve pürüzlü yüzeyleri ile ısıyı emerek depolarlar. Koyu renkteki bina malzemeleri ile absorpsiyon doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu durum şehirlerdeki yüzey malzemelerinin enerjiyi alma ve depolama süresini artırmaktadır. Şehirlerde albedo değerlerinin düşük olması yüksek net radyasyona neden olmakta ve sıcaklık değerleri artmaktadır [5]. Şekil 3.1’de çeşitli kentsel yüzey malzemelerinin albedo (yansıtıcılık) değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kentlerdeki Farklı Yüzeyle Ait Albedo Değerleri.

Sıcak güneşli bir yaz gününde çatı ve kaldırım gibi kentsel yüzeyler 27-50 °C iken, kırsal alanlar, daha gölgeli ve nemli yüzeylere sahip olması nedeniyle genellikle daha serin olmaktadır [8]. Yoğun yapılaşmanın olduğu alanlarda kentsel ısı adası etkisini azaltabilmek için bina yüzeylerini kaplayan malzemelerin yansıtıcı katsayıları daha yüksek, güneş enerjisini soğurmaya elverişli malzemeler seçilmelidir. Şekil 3.2.’de bina cephesinde tuğla duvarın bir kısmına beyaz şerit uygulanarak termal ölçümle yüzeyin sıcaklık etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Yüzeyde Albedo - Sıcaklık Etkisi.

Şekil 3.2.’de görüldüğü üzere, albedo yüzey sıcaklığını önemli bir ölçüde etkilemektedir. Tuğla duvardaki beyaz şeritler yaklaşık 3-5 °C (5 -10 °F) sıcaklığı düşürmekte olup, diğer tuğla duvara göre daha soğuk olmaktadır [8].

Yeryüzünde sıcaklık dağılımını etkileyen önemli parametrelerden biri güneş ışınlarının gelme açısıdır. Güneş ışınları bir yatay yüzeye ne kadar dik gelirse yüzey tarafından emilme o kadar artar ve dolayısıyla yüzey sıcaklığı artar [13]. Çatılar, kent yüzeylerinde güneş ışınına maruz kalan en açık yüzeylerdir. Bu bağlamda güneş enerjisinin yapılı çevrede ısı enerjisine dönüşmesi sonucu ortaya çıkan kentsel ısı adası oluşumunda, çatılarda kullanılan malzemenin rengi, özgül ısı, yansıtıcı

özellikleri önem taşımaktadır. Yapılan bir araştırmada yüzey sıcaklığı verisinde çok yüksek değerler veren alanların bir kısmının fabrika vb. gibi büyük binalara ait metal malzemenin kullanıldığı çatılar olduğu gözlenmiştir [3]. Bu bağlamda, kentsel ısı adası etkisini azaltacak yöntemlerden biri olan “serin çatılar” değerlendirilecektir.

4. SERİN ÇATILAR VE SERİN MALZEMELER

Serin çatılar, serin malzemeler kullanılarak güneş ışınlarını yansıtan, özellikle sıcak iklim bölgelerinde yaz aylarında binanın soğutulmasına yardımcı olarak bina kullanıcılarının enerji ihtiyaçlarını önemli bir ölçüde azaltan sürdürülebilir bir çatı teknolojisi olarak tanımlanabilir [6]. Serin çatılar, özgül ısı ve termal yayılım değerleri düşük, termal iletkenlik değeri yüksek yüzeylerdir.

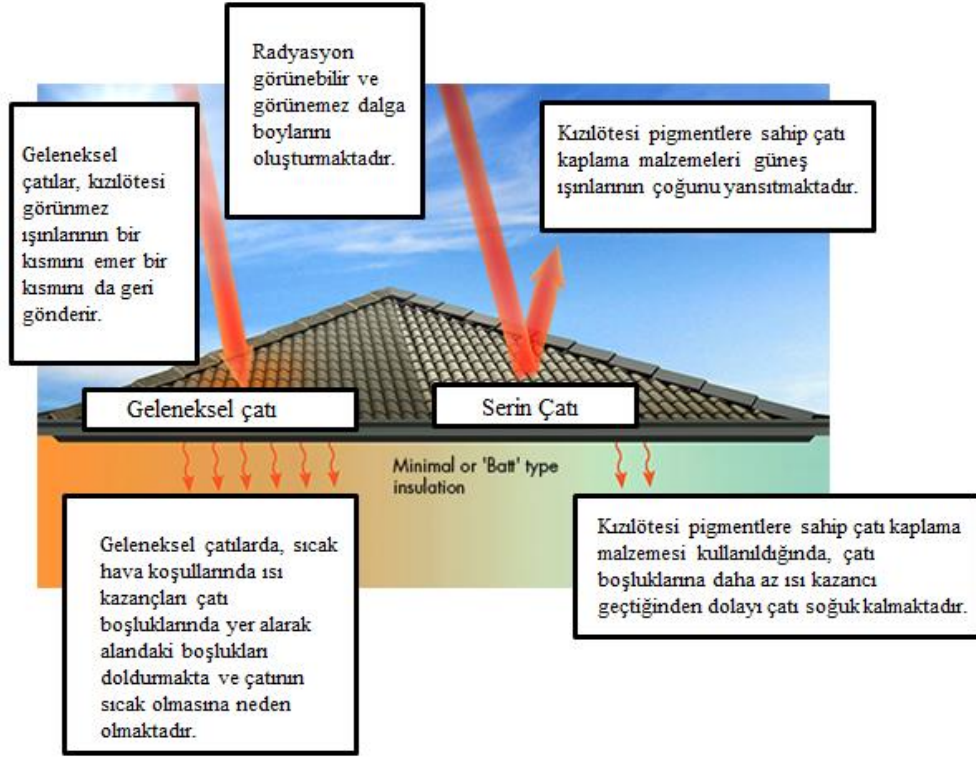
Serin çatı malzemelerinin ısı tutma kapasiteleri, geleneksel malzemelere göre daha düşük olabilmektedir. Geleneksel çatı malzemelerinde çatı yüzeylerindeki sıcaklık 66-85° C kadar ulaşarak sıcak yüzeylerin oluşmasına zemin hazırlarlar. Serin çatı malzemeleri ile bu sıcaklıklar 28-33°C’ye kadar azaltılabilir [8].

Serin çatılar binaların soğutma yükünü azaltarak enerji tasarrufu sağlarlar. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde iklimlendirme cihazlarının kullanımını azaltır. Ortalama enerji tasarrufu %7 ile %15 arasında değişmektedir [7].

Serin malzemeler ekonomik ve çevre dostu olarak tanımlanmaktadır. Bunun nedeni, yüzey ve hava sıcaklığını düşürerek kent-mikro iklimini iyileştiren pasif iklimlendirme araçları olmalarıdır [9]. Serin renkli malzeme tanımı ise aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Ultraviyole ve Kızılötesi ışınlar gözle görünmezler ve renkler üzerinde hiç bir etkileri yoktur. Ancak, gerek görünür gerek görünmez tüm ışıklar emildikleri nesneyi ısıtırlar. Daha fazla solar enerji emen nesne daha fazla ısınır. Tersine, nesnenin bu tip ışınları yansıtması fazlaysa daha az ısınacaktır. İki nesne görünürde aynı renkte görünebilir, fakat kızılötesi spektrumda çok farklı yansıtma özelliklerinde olabilirler. Kızılötesi ışınları yansıtan nesne kızılötesi ışınları emenden daha serin kalacaktır. Ve kızılötesi ışık, güneş ışığının tam olarak yarısını kapsadığından ısı birikmesi söz konusu olduğunda, nesnenin kızılötesi ışığı yansıtması renginden daha önemlidir. Bir başka deyişle, bir nesne güneş ışığı altında serin olması için beyaz olmak zorunda değildir [13].

Yani, serin malzemeler, güneş ışını yansıtıcılık ve emilen/soğurulan ısıyı yayılım yolu ile ortama bırakma özellikleri yüksek malzemelerdir.



Şekil 4.1. Serin Çatı ve Geleneksel Çatı Yüzeylerinin Kıyaslaması.

4.1. Serin Çatı Kaplama Malzemeleri ve Özellikleri

Bu çalışma kapsamında serin çatı kaplama malzemeleri 6 başlıkta ele alınmaktadır:

- Beyaz Kaplamalar ve Beyaz Renkli Malzemeler
- Alüminyum Pigmentli Serin Malzemeler
- Serin Renkli Malzemeler
- Serin Membranlar
- Termodinamik Malzemeler
- Hal Değiştiren Malzemeler

Beyaz Kaplamalar ve Beyaz Renkli Malzemeler:

Beyaz, güneş yansıtıcılığı en fazla olan renktir. Ancak, beyaz rengin yansıtıcılık değeri, malzemeye beyaz rengi veren pigmentin boyutu, boyanın uygulandığı malzemenin kalınlığı ve özgül ısı gibi özelliklerine göre değişir. Çatı yüzeylerinde güneş yansıtıcılığı yüksek olan beyaz renkli kaplama malzemeleri kullanılarak veya çatı yüzeyi akrilik beyaz boya ile boyanarak, çatı yüzeyinin gün boyu ısı depolanması engellenebilir ve çatıların serin olmasını sağlanabilir.

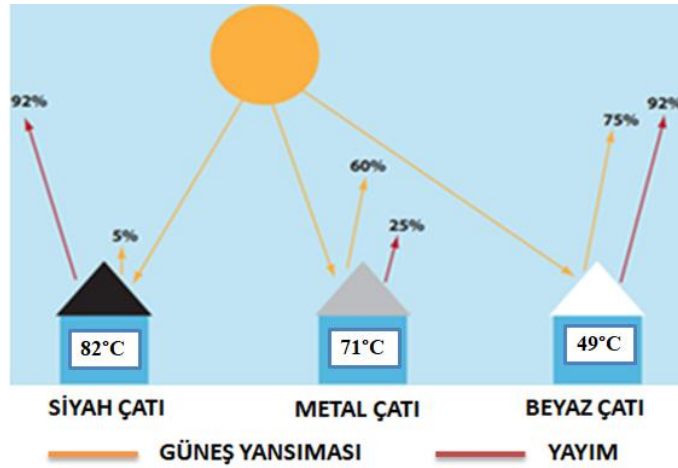
Şekil 4.2. 'de görüldüğü gibi düşük eğimli bir çatıya sıva püskürtmesi yapılmaktadır. Sıvalar düşük eğimli çatılarda en iyi uygulanabilen yüzeysel işlemlerdir. Koyu kıvamlı boya kıvamındadır, yosun ve mantar büyümesine engel olmak için kimyasal maddeler barındırır ve yıkanabilir özellikle olup kiri yağmurda akıtır [8]. Ayrıca çatı yüzeyinde serin malzemeler ile fotovoltaik güneş panellerinin kullanılması enerji tasarrufu sağlamaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Düşük Eğimli Çatıya Sıva Püskürtülmesi, Serin Çatı Üzerinde Fotovoltaik Güneş Panelleri Montajı.

Alüminyum Pigmentli Serin Malzemeler:

Alüminyum pigmentler serin çatı performansını artırabilir. Siyah asfalt malzemenin alüminyum pigmentli halinin güneş ışını yansıtıcılığı %50 olarak ölçülmüştür. Metalik malzemelerde yüksek kızıl ötesi yayılma (Ie) değeri düşüktür. Ayrıca metal malzemelerde yansıtıcılık (SR) ve yüksek kızıl ötesi yayılma (Ie) arasında ters orantı vardır. (SR) ne kadar artarsa (Ie) o kadar azalır. Dolayısıyla alüminyum pigmentler ne kadar fazla ise (SR) o kadar fazladır ve (Ie) azdır. Bu tür malzemeler beyaz kaplamalara göre yıpranmaya karşı daha dayanıklıdır. [9]



Şekil 4.3. Farklı Çatı Yüzeyleri ve Çatı Yüzey Sıcaklığının Yansıması.

Şekil 4.3.'te, farklı yansıtma ve yayma oranlarına sahip koyu renkli, metal ve beyaz renkli çatı kaplama malzemeleri ile kaplı çatılarda yüzey sıcaklıklarındaki farklılıklar görülmektedir. Sıcak güneşli yaz günlerinde koyu renkli çatı güneş enerjisinin %5'ini yansıtır ve sıcaklığın %90'dan fazlasını yayarlar ve absorbe işlemi (çatı altındaki mekanda) 82°C (180°F) kadar ulaşabilir. Metal çatı ise güneş enerjisinin önemli miktarını yansıtır; 4'te biri civarındaki ısıyı absorbe ederek çatı altındaki mekanda sıcaklık 71°C (160°F)'ye kadar çıkabilir. Beyaz çatıda ise güneş enerjisinin çoğunu yansıtır ve yayabilirler; çatı altındaki mekanda ulaşabilecek en yüksek sıcaklık 49°C (120°F)'dir [8].

Serin Renkli Malzemeler:

Yansıtıcılık değerleri yüksek olmasına karşın, güneşli günlerde beyaz renkli yüzeyler, parlaklık ve kamaşma nedenleriyle göze rahatsızlık verebilir. Bu nedenle açık renkte agregalı şingil, metal çatı levhaları, yansıtıcı kiremit gibi malzemeler tercih edilebilir. Diğer yandan, geleneksel pigmentlerin yerine geliştirilmiş olan “soğuk pigmentler (cool pigments)” uygulanarak yansıtıcılık değerleri yüksek yüzeyler elde edilebilir.

Serin Membranlar:

Serin membranlar sentetik ya da bitüm kökenli olabilir. Beyaz renkli membran malzemelerin %75 ile %85 yansıtıcılıkları vardır [9]. Serin membranlar, düşük eğimli çatılarda, prefabrike olarak uygulanabilir. Malzemeler genellikle yapıştırılmış ya da mekanik olarak tüm çatı yüzeyine yapıştırma ya da ısı kaynağı ile sabitlenerek uygulanmaktadır [8]. Sentetik kökenli serin membranlar, EPDM, CSPE, ve PVC olarak çatı yüzeylerine uygulanabilir.

Beyaz granüllü bitüm kökenli şingil örtüler de serin membran olarak uygulanabilir. Beyaz granüllü şingillerin %20 ile %30 arasında yansıtıcılıkları mevcuttur [9].



Şekil 4.4. Serin Bitümlü Örtü, Düz Serin Çatı, Serin Metal Çatı Örnekleri.

Termodinamik Malzemeler:

Termodinamik malzemeler optik özelliklerini iklimsel ya da elektriksel etkiler ile değiştirebilirler (örneğin güneş ışınları ve sıcaklık). Bu tür malzemelerden oluşmuş bina kabuğu enerji ihtiyaçlarına göre davranış değiştirebilir. Kışın güneş ışınlarını kabul eder, yazın güneş ışınlarını yansıtarak binanın gereğinden fazla ısınmasını engeller.

Termodinamik malzemeler kategorisindeki termokromik malzemeler, çevrelerine renk değiştirerek cevap verirler. Isı arttıkça koyu tonlardan açık tonlara geçerler. Isı azaldıkça bu işlemin tam tersi olur [9].

Hal Değiştiren Malzemeler:

HDM'ler, kimyasal özellikleri sayesinde ısı depolarlar ve ortama tekrar ısı salarlar. Gün içinde sıcaklık arttıkça erime noktasına gelen malzeme hal değiştirir ve katıdan sıvı hale dönüşür. Ortam sıcaklığı düştüğünde tekrar hal değiştirerek katı olur. Böylece bu tür malzemeler gün içerisinde enerjiyi bünyesinde depolarlar ve soğutma giderleri üzerinde azaltıcı etki yaparlar [14].

SONUÇ

Yazın sıcak bölgelerde çatı yüzeylerinden kaynaklı ısı kazancı, binadaki kullanıcı konforunu olumsuz etkileyerek serinleme amaçlı enerji sarfiyatını artırmaktadır. Dolayısıyla hava kirliliği de artmakta, kentsel ısı adası etkisini de artırmaktadır. Kentsel ısı adası konusunda son yıllarda yapılan akademik çalışmalar konunun önemine dikkat çekerek farkındalık yaratmaktadır. Bu çalışma ile, konu hakkında farkındalık yaratılmasına katkı yapılması amaçlanmıştır.

Bina, kentsel tasarım ve şehircilik ölçeklerinde alınacak kararların çevre sorunları üzerindeki etkileri bilinmektedir. Kentsel ısı adaları da bu çevre sorunlardan biridir. Bu sorunun önünün alınabilmesi için bu farklı ölçekte yer alan aktörlerin konuya duyarlı yaklaşımları önemlidir. Şehircilik kararları yanı sıra, çatı ve cephe tasarımında yasal düzenleme yetkisine sahip olan belediye gibi yerel yönetimlerin de alınabilecek kararlar ile bu sorunun önlenmesinde katkıları büyük olacaktır.

Kentleşme ve arazi kullanımındaki değişiklikler sonucu kentte öncelikle mikro ölçekte çalışmalara başlanarak haritalanmalıdır. Haritalanma neticesinde, kentsel ısı adası etkisinin yoğun olduğu bölgeler tespit edilerek müdahale edilebilir. Yoğun kentleşmenin olduğu alanlarda mevcut çatı yüzeyleri serin çatı uygulamasına dönüştürülebilir.

Bu bağlamda, farklı çatı kaplama malzemelerinin uygulandığı düz ve eğimli çatıların yansıtıcılık potansiyeli hesaplanabilir. Serin çatı uygulamaları ile bina ölçeğinde enerji tasarrufu ve mikro ölçekte kentsel ısınmaya karşı azaltıcı önlem sağlanabilir.

Mevcut binaların çatı yüzeylerine doğrudan uygulanabilecek beyaz boya neticesinde sağlanacak yansıtıcı yüzey ile enerji kazancı sağlanabilir.

Güneş enerjisinden korunmanın yanında istifade etmek de düşünülerek, serin membranlar ile birlikte kullanacak fotovoltaik (PV) paneller, enerji etkin nitelikte çatı yüzeyi elde edilmesini sağlayacaktır. Serin çatı malzemelerinin yansıtıcılık özelliği, gerek atmosferik etkiler, gerek hava koşulları nedeniyle zaman içinde azaltabilirler. Bu nedenle, bu malzemelerin uygulandığı yüzeylerin periyodik aralıklar ile yıkama ya da fırçalama işlemleri yapılması kullanım ömürlerini uzatıp, performanslarını iyileştirebilir.

Kent geometrisi ve bina yönlenmesi dışında, cephelerde uygulanacak serin renkli malzemeler ile, mikro ölçekte kentsel ısınmaya karşı azaltıcı önlem sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*. Sayı 1, s.47-65, Ankara.
- [2] Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye, 2007. First National Communication on Climate Change, (<http://www.cevreorman.gov.tr>)
- [3] Bayraktar, T., N., ve Gerçek, D., 2014. Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği, 5. *Uzaktan Algılama Sempozyumu*. İstanbul.
- [4] Bayraktar, T., N., ve Gerçek, D. (2014). Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği. 5. *Uzaktan Algılama Sempozyumu*. İstanbul:2.:Oke, T.R., 1982, Theenergeticbasis of the urban heatisland. QuarterlyJournal of theRoyalMeteorologicalSociety, 108(455), 1–24.
- [5] Kılıç, S. ve Kum, G., (2013). Şehirleşmenin Sıcaklık ve Yağış Parametreleri Üzerine Etkisi: Gaziantep Örneği. *Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 6, s.22, Kilis.
- [6] Tozam, İ., 2016. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Çatıların Değerlendirilmesi: Yeşil Çatılar ve Serin Çatılar, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, s.47., İstanbul.
- [7] Cool Roof Rating Council.(t.y.).Cool Roofing Information for Home And Building Owners (<http://coolroofs.org/resources/home-building-owners>)
- [8] EPA, 2009. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Cool Roofs.
- [9] Çelik A.,Ç., 2012. Kentsel Isınmaya Çözüm Olarak ‘Serin Çatılar’ ve ‘Serin Malzemeler.’ *Ege Mimarlık Dergisi*. Sayı, s.35-39, İzmir.
- [10] Yılmaz, E., 2013. Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi. SBE.
- [11] Akay, A., 1996. Kentsel Mekanlarda Oluşan Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Sürdürülebilir Peyzajın Öneminin Ankara Kenti Örneğinde Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara Üniversitesi. FBE.
- [12] Kıncay, O., 2008. Ders Notları.
- [13] Soğuk Pigmentler., 2013. Industrial Paint & Surface. [http://www.ippcm.com/Haber/Soguk-Pigmentler.html\(10.09.2016\)](http://www.ippcm.com/Haber/Soguk-Pigmentler.html(10.09.2016)).
- [14] Santamouris M. et al., “Using Advanced Cool Materials In The Urban Built Environment To Mitigate Heat Islands And Improve Thermal Conditions”, Solar Energy (2011).

GARANTİ BANKASI TEKNOLOJİ ÜSSÜ İNŞAATINDA BİTKİLENDİRİLMİŞ ÇATI UYGULAMASI

Jozef Bonfil

Konu Başlık No: 4

TÜRKÇE ÖZET

Avrupa ve Türkiye’de son yıllarda bitkilendirilmiş çatılar ön plana çıkmaktadır. Bitkilendirilmiş çatılar genellikle teras çatılarda uygulanırken bazı özel projelerde yüksek eğimli çatılarda da uygulanmaktadır. Sistem çözümümünde çalıştığım Garanti Bankası Teknoloji üssü çatılarında eğimler %73'lere kadar çıkmaktaydı. Eğimler tek yüzeyli olmayıp, birçok yerde kubbe çatı şeklindeydi. Şirket olarak bu tür çatılarda toprağı ve bitkiyi tutacak olan alt yapının projelendirilmesini, tedarikini ve yapım aşamasında kontrollük hizmetlerini üstlendik.

ANAHTAR KELİMELER

Çatı, Bitkilendirilmiş Çatı

ABSTRACT

Green roofs in last years are used in more constructions. Mostly these roof are planed in terrace roofs and in some projects in high slopes. In our last job for Garanti Bankası Teknoloji Üssü we try to solve the system in slopes nearly %73. Also these slopes wasn't in one faced it was over curved surface. Our target was to build up a system, that will carry all the substrate and vegetation against that deep slope. Also we were responsible to delivery the system and also to consult during the application.

KEYWORDS

Roof, Green Roof

GİRİŞ:

Tasarımcın isteği altı adet bitkilendirilmiş tepe üzerine, şeffaf cam kütleyi oturmaktı. Bu tepeler tek yüzeyli eğimlere sahip olmadığı gibi eğimler birçok yerde %73'lere ulaşıyordu. Toprağı ve üzerindeki bitkileri taşıyacak olan esnek, yatay ve düşey yönlerdeki eğimlere uyum sağlayabilecek esnek bir taşıyıcı sistemin oluşturulması gerekiyordu.

PROJELENDİRME:

Tepelerinin altları sosyal ve teknik mahaller olarak kullanılacaklarından, bu mahallerin gerekli su ve ısı izolasyon malzemelerinin kalınlıkları ve seçimlerinin yapılması gerekiyordu. Kubbe çatıların özellikleri de dikkate alındığında burada kullanılacak olan su yalıtımı malzemesinin TS EN 13948 bitki köklerine dayanıklı 4mm kalınlıkta iki kat elastomer bitümlü örtü olmasına karar verildi. Altı ısıtılan mahallerde klasik metod yöntemi ile yapılacak olan su yalıtım detayında betonarme yüzey üzerine 2mm bitümlü buhar kesici örtü, 4 cm kalınlıkta sert taş yünü plaklar, üzerine iki 4mm kalınlıkta bitki köklerine dayanıklı elastomer polimer bitümlü örtü konulması kararlaştırıldı. Isıtılmayan mahallerde ise sadece su yalıtımı yapılması yeterli olacaktı. Su yalıtım örtüleri üzerine püskürtme beton ile bir kaplama yapıldıktan sonra bitki ve toprağı taşıyacak olan sistemin ve drenaj malzemesinin yerleştirilmesi öngörüldü. (Şekil-1)

(Şekil-1) Kesit

Toprağı ve bitkiyi taşıyacak olan sistem düşey hatlarda çelik esaslı paslanmaz ipler ve bunların arasına yatay yönde belli aralıklar ile yerleştirilecek sert plastik ayaklardan oluşuyor. Sert plastik ayaklara gelecek olan toprak, bitki ve doğal yükler, iplere aktaracak, iplerde bağlı oldukları ankrajlar yardımı ile bu yükleri ana taşıyıcı sisteme aktaracaktır.

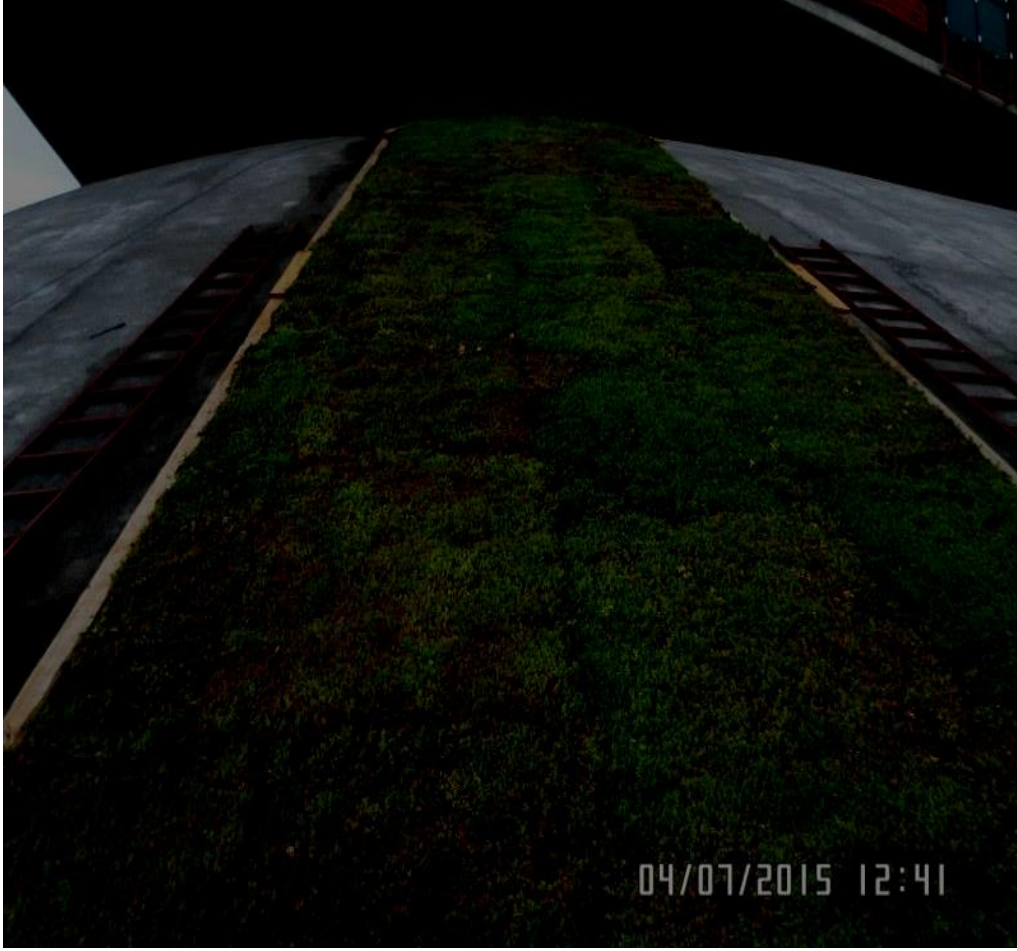
Hangi tepede ne tür ankraj yapmamız gerektiği, bu ankrajların hangi taşıyıcı sisteme veya parapete monte edileceği konusunda çeşitli yorumlar yapıldıktan sonra tüm projede iki tip ankraj kullanılmasına karar verildi. Cafeteria bölümü dışında yapılacak olan ankrajların su yalıtımı ile hiçbir ilişkisinin olmaması güvenilir bir çözüm oluşturdu.

Toprak ve bitki konusundaki çalışmalarımız oldukça yoğundu. Her şeyden önce kullanılacak olan toprağın kalınlığının 10cm ile sınırlı olduğunu kabul ettirdik. Bundan sonraki aşamada ise suya doymuş toprak yoğunluğunu $1200-1400\text{kg/m}^3$ aralığında olması gerektiğini belirttik. Ayrıca yapının özellikleri nedeni ile sulama sistemi, pencereler üzerinde birikecek olan suların tahliyeleri, ana drenaj sisteminin nerelerden geçeceği ve nereler bağlanacağı konusunda da mutabakat sağlandı. Üsteki kütlenin büyüklüğü nedeni ile yıllık güneş simülasyonu yapılarak az ışık alan noktaların tespiti ve o noktalarda ona uygun sedum bitkilerinin uygulanması gerektiği konularında mutabakata varıldı.

PROJE TANITIMI ve KABULU:

6 adet tepenin kaplanacak yüzey alanı yaklaşık 8000m^2 dir. BTM tarafından önerilen sistemin, Alman Ondugreen tarafından bugüne kadar yapılmış olan iki örneği bulunmaktaydı. Bunların ilki İsviçre'de yapılan Golf Klübü çatısı (300m^2) ve Milano'daki yüzme havuzunun çatısı (1200m^2). Havuz çatısının

yapım aşamalarını içeren slayt sunumu işveren, proje yönetimi ve müteahhit firmanın hazır olduğu ortamlarda birkaç kez yapıldı. Her sunumun arkasından gelen tüm sorular yanıtlanmasına rağmen kesin onay için 3 halatlık gerçek bir uygulamanın yapılmasına karar verildi. Yapılan mokap içinde iki farklı toprak karışımı ve hydrofonic sistemi denenme fırsatı yakalandı. (Resim-1)



Resim-1 Örnek Uygulama

Yaklaşık on beş aylık izleme süresi sonunda;

- 1- Sistemin çalıştığı ve güvenilirliği sınanmış oldu.
- 2- Almanya Optigreen firmasından getirilen toprak örneğinin en iyi sonuçları verdiği tespit edildi.
- 3- Kesinlikle sedum halı bitkilenmdirme sisteminin kullanılması gerekliliği ortaya çıktı.

UYGULAMA:

Kesin proje maliyetinin belirlenebilmesi için uygulama sahasında birtakım ölçümlerlerin yapılması

ve sahanın kodlandırılması gerekiyordu. Bu çalışmaya yönelik olmak üzere Optigreen firmasından iki uzman on beş günlük çalışma ile gerekli verileri topladılar ve kodlandırmayı yaptılar. (Resim-2)



Resim-2 Saha Kodlandırması

Elde edilen verilerle;

- 1- Proje maliyeti hesaplandı,
- 2- Ankrajlar için gerekli statik yükler hesaplandı
- 3- İmalat ölçüleri çıkarıldı.
- 4- Kritik noktaların projeleri hazırlandı
- 5- İmalatlara sahadaki kodlamalar verilerek her ipin yeri belirlenmiş oldu.

İşveren ve proje Yönetimi ile iş akış şeması belirlenerek toplam 714 metal ipin (toplam uzunluk 8.317mt), 23.043 sert plastik ayağın ve 700e yakın ankrajın imalatı ve montajı başlatıldı. (Resim 3 ve 4)

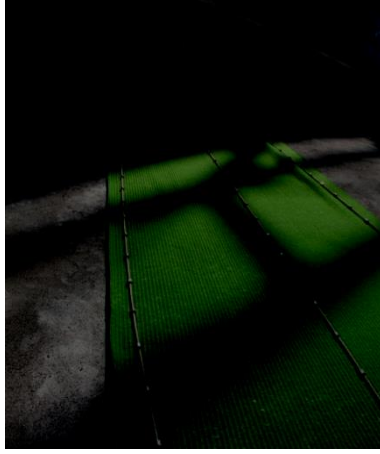


Resim-3 Parapetten Tekli Ankraj



Resim-4 Yatay Çoklu Ankraj

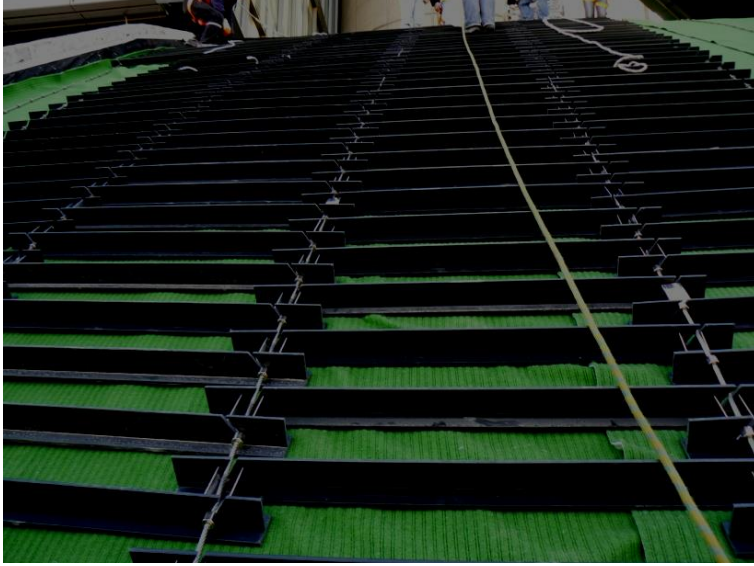
Uygulama özel drenaj keçesinin serilmesi ile başladı (Resim-5)



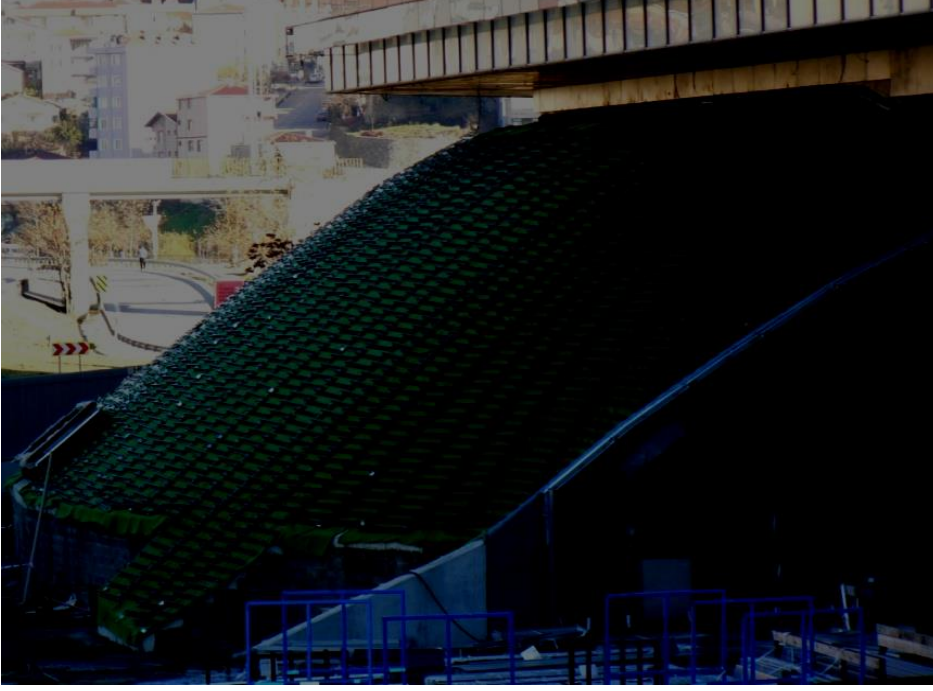
Resim-5 Drenaj Keçesinin Serimi

İpler ankrajlara bağlandıkça, ipler arasındaki yatay sert plastiklerin montajına başlandı.

(Resim 6) Plastik Ayakların Montajı



Toprak ve bitkiyi tutacak olan sistem tamamlandıktan sonra bu alanların su tesisatı ve toprak dolgu işlerinin yapımı için diğer taşeronlara devredildi. (Resim-7 ve 8)



tem

Resim -7 Taşıyıcı Sis-



Resim-8 Su Tesisatı

Aşağıdaki resimlerde de uygulamanın tamamlanmış halini görüyorsunuz.



SONUÇ:

Proje amacına ulaşmış olup, altı tepede uygulanan sistem ile 10 cm. kalınlıkta toprak ile kaplanmış üzerinde de bir yılı aşkın bir süredir sedum bitkileri doğal yaşam ortamında sağlıklı bir şekilde büyümektedir.

KAYNAKLAR:

- 1- ERA Danışmanlık Yönetim Mimarlık Mühendislik Ltd Şti.
- 2- Altınsoy İnşaat Taahhüt Proje ve Ticaret Ltd. Şti.
- 3- BTM Bitümlü Tecrit Maddeleri San. ve Tic AŞ.
- 4- Optigreen AG.

ATMOSFERİK KOROZYONA DAYANIKLI ÇELİK CEPHE PANELLERİNİN ÇEVRESEL KOŞULLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

K.Cansu Es¹
Z.Canan Girgin^{2*}

Konu Başlık No:

ÖZET

Bu çalışmada, düşük alaşımlı-yüksek dayanımlı çelikler grubunda yer alan atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerde panel yüzeyinin, yıllar içerisinde, çevresel koşullar ile etkileşimi ve alaşım elementlerinin katkısı incelenmektedir. Dış atmosfere açık cephe panelleri açısından, panele estetik değeri veren pas-patina katmanı, servis ömrü boyunca, tasarım aşamasında tanımlanmış sınırlar içerisinde kalmalıdır. Sürekli nem, denize yakınlık, ağır sanayi bölgesi gibi agresif şartlar söz konusu ise, sürecin kestirimi ve tasarım aşamasında iken önlem alınması gereklidir. En olumsuz koşullarda, cephede ilerleyen korozyon sürecini geri çevirici / durdurucu önlemler gereklidir. Böylece, panelin estetik değerindeki kaybın yanısıra, değiştirme maliyet kaybının da engellenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada ayrıca, İstanbul'daki peyzaj ve yapı cephe uygulamalarının mevcut durumu; elde edilen çevresel veriler kapsamında değerlendirilmiş, sorunlu olan paneller için çözüm önerileri getirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelik, WS, Cephe, Panel, Alaşım elementleri

ABSTRACT

In this study, weathering steel in high-strength low-alloy group, alloying elements and the interaction mechanism of these elements with environmental conditions are investigated. After panel assemble, the formation of the pass-patina layer during the service life should remain in the predetermined range of design stage. Factor such as continuous humidity, chloride ions, heavy industrial region negatively affect the durability. By precisely understanding the interaction mechanism, it is possible to predicting the environmental conditions at which corrosion will progress more quickly than expected. Thus, it is possible to take preventions before applying. Therefore, it is aimed to prevent cost loss as well as loss in the aesthetic value of the panel. In addition, the present situations of some landscape and building facade applications in Istanbul are evaluated in conjunction with the environmental conditions by suggesting solutions for problematic panels.

KEYWORDS: Weathering Steel, WS, Facade, Panel, Alloying elements

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı, İstanbul, Türkiye, kubracansues@gmail.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, zcgirgin@yildiz.edu.tr

* Sorumlu yazar. Tel: +90 212 3832616, Fax: +90 212 3832650, e-mail: zcgirgin@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Doğru tasarımı doğru malzeme belirler ve malzeme tercihi; mekanik büyüklükler, estetik kaygılar, dayanıklılık, maliyet ve ihtiyaca göre değişebilecek kişisel parametreler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir. Bina dış kabuğu olan cephe elemanı ve malzemesinin seçim sürecinde, estetik değer ve maliyetin yanı sıra çevresel ilişki de dikkate alınmalıdır. Burada “dayanıklılık” ölçütü ön plana gelmektedir, “doğru seçim”in yanında “doğru uygulama” dikkat edilecek diğer konulardır. Seçim konusunda, atmosferik korozyona dayanıklı çelikler (Weathering Steel, WS), çevresel koşullar uygun ise; hizmet ömrü boyunca genellikle bakım gerektirmemesi, farklı uygulama ihtiyaçlarına cevap vermesi ve yüzeyinde zaman içinde oluşan koyu kahve-turuncu pas-patina tabakasının estetik açıdan yaşayan bir görünüm sunmasından dolayı mimari çevrede büyük ilgi görmüştür. Bu çalışmada WS çeliklerin tarihçesi, performans değerleri ve bu değerleri geliştirmek için yapılan araştırmaların sonuçlarına yer verilmiştir. Ayrıca, İstanbul ve çevresindeki bazı örnekler, bu yapıların bulundukları konum ve atmosferik verilere göre kısaca değerlendirilmiştir.

2. Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelik Tanımı, Nitelikleri ve Tarihçesi

ASTM A242 veya ASTM A588 standartlarına uygun¹ WS çelikler; yüksek mukavemetli (akma dayanımı > 275 MPa) düşük alaşımlı çelik grubunun (High-Strength Low-Alloy Steel, HSLA) bir üyesidir; Cu, P gibi atmosferik dayanımı arttıran elementler içermektedir. Yalın karbon çeliklerine göre, 4-8 kat daha yüksek atmosferik korozyon dayanımı sözkonusudur. Bunun temel nedeni ise; metal yüzeyin alaşım elementlerinin atmosferik bileşenler ile reaksiyonu sonucunda, agresif korozif etkilerin sözkonusu olmadığı şartlar için, yüzeyde korozyona karşı koruyucu işlevi olan sıkı bir oksit tabakası oluşması, böylece metalin korozyona karşı korunmasıdır.

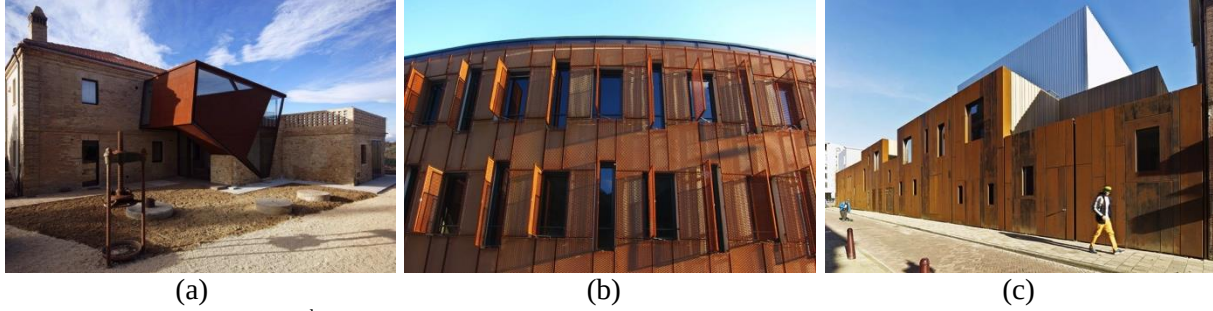
Çeliğin korozyon dayanımının geliştirilmesi amaçlı ilk deneysel çalışmalarda (1800’ler, Almanya); düşük oranda Cu ilavesinin, asidik ortamdaki demirin korozyon dayanımını önemli oranda arttırdığı görülmüştür. 1900’lu yıllarda özellikle Cu ilavesinin, farklı atmosferik şartlarda, demir ve çeliğin korozyon dayanıklılığına etkisi konusunda A.B.D’de yoğun araştırmalar yürütülmüştür. Saklatwalla, U.S. Steel ile işbirliği yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda, farklı elementlerin alaşımı ile 1926’da atmosferik korozyona dayanıklı çeliğin ilk patentini almıştır [1]. 1933’de ilk ve en çok bilinen WS çelik, Cor-Ten®, marka olarak tanıtılmıştır. 1930’larda boyalı olarak silo yapıları, yük vagonları, demiryolları ve Başkanlık konferans arabalarında; 1948’den itibaren ise tamamen boyasız olarak başarı ile kullanılmıştır. Malzemenin boyasız kullanımının ardından fark edilen estetik görünüm ve performansı, inşaat/mimari çevrede yankı bulmuş; Eero Saarinen ve ortakları tarafından tasarlanan John Deere World Headquarters (A.B.D, 1964), boyasız Cor-Ten® çeliğin mimari açıdan ilk yapısal uygulaması olmuştur (Resim 1).



Resim 1: John Deere World Headquarters (Moline, Illinois, A.B.D, 1964) [a-c]

¹ ASTM A 242, 1.9 cm-10 cm kalınlıklı levhalar; ASTM A 588 ise, 10-20 cm kalınlıklı olanlar için tanımlanmıştır. Akma dayanımı 290-344 MPa, kopma dayanımı 434-482 MPa aralığındadır. ASTM A 242 grubu levhalarda kopma şekildeğiştirilmesi min.%18 olmalıdır, ASTM A 588 grubunda ise 10 cm’den daha kalın levhalar için şekildeğiştirme sınırı tanımlı değildir.

Günümüzde farklı firmalarca üretilen WS elemanlar (Çizelge 1); cephe, çatı, köprü, konteyner ve kule kaplamalarının yanı sıra, metalik heykel ve peyzaj çalışmalarında da uygulama alanı bulmaktadır, bazı örnekler Resim 2’de görülmektedir.



Resim 2: a) Restored 19th Century Home (Italy, 2015), b) Administrative Centre Jesenice (Slovenia, 2012), c) Gebr. De Nobel (Netherlands, 2014) [d]

3. Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelikler ve Alaşım Elementleri

Karbon çeliğine toplamda %5’i geçmeyecek oranda, korozyona karşı dayanıklılığı arttırmak üzere alaşım elementleri (Cu, P, Ni, V, Mn, Si, Cr) katılır. Deneysel araştırmalar sonucunda, kullanılan alaşım elementleri ve yüzdelерinde zaman içerisinde değışiklikler meydana gelmiştir. En çok bilinen markalar Cor-Ten A® ve B® (U.S. Steel Corporation), Indaten® (ArcelorMittal) ve Xlerplate® (Bluscope)’dır, kimyasal bileşimleri Çizelge 1’de verilmiştir. Günümüzde WS elemanlar 20 cm kalınlığa kadar üretilmektedir.

Çizelge 1: Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelik Markalarının Güncel Bileşimleri [e-g]

Çelik Tipi	Kimyasal Bileşenler (%)								
	C	Cu	P	Ni	Cr	Si	Mn	S	V
Cor-Ten A®	0.12	0.25-0.55	0.07-0.15	0.65	0.50-1.25	0.25-0.75	0.20-0.50	0.03	
Cor-Ten B®	0.16	0.25-0.40	0.035	0.40	0.40-0.65	0.30-0.50	0.80-1.25	0.03	0.02-0.10
Indaten®	0.12	0.25-0.55	0.06-0.15	0.30	0.30-0.80	0.20-0.50	1.0	0.015	
Xlerplate®	0.22	0.40	0.04	0.50	0.30	0.55	1.70	0.03	

Sözkonusu alaşım elementleri iç pas katmanını güçlendirerek sıkılaştırır. Pas tabakasının üst kısmı gevşek, iç tabakası yapışkan, üniform kalınlıklı ve kompakttır. Yaşlandırmayı hızlandırmak için ürün, üretim sonrası aşındırıcı asidik bileşimlere daldırılabilir.

WS çeliğe eklenecek alaşım elementleri ve yüzdelерinin pas oluşumuna etkisi, üç farklı atmosferik koşulda, 270 çelik levha üzerinde uzun süreli deneysel olarak araştırılmıştır [2]. Yalın karbon çeliği kullanıldığında 15.5 yılda korozyon nedeniyle toplam kalınlık kaybı; yarı kırsal yerleşim bölgesinde 312 µm, endüstriyel alanda 732 µm, atlantik kıyısına 250 m mesafede 1320 µm olarak ölçülmüştür. Deneysel verilerden, alaşım elementlerinin tek başına kullanımının korozyon nedeniyle kaybı büyük ölçüde azalttığı, ama daha da azaltmak için bir kaç elementin kombinasyonunun gerekli olduğu görülmüştür. Makaledeki deneysel verilerden şu değęerlendirmeler yapılabilir :

- o Si veya Cr tek başına ancak okyanus kıyısı koşullarında etkin olabilmektedir. Ayrı ayrı, Si için %0.47-0.61, Cr için % 0.61 uygun oran olarak ortaya çıkmaktadır.
- o Atlantik kıyısına 250 m mesafe için (1320 µm); % 0.1 Cu, ~% 0.1 P, ~% 0.08 Ni’nin her biri; pas kalınlığını % 75 azaltma konusunda eşdeğer etkinliğe sahiptir. % 1 Ni + % 0.57 Si uygulaması ile pas katmanında ~% 88 azalma sağlanmaktadır. 100 µm altının hedef alınması durumunda ise alaşım elementleri çok etkili olamamakta, dört ve daha fazla element ilavesi ile maliyet gitgide artmaktadır.
- o Endüstriyel alanlar için (732 µm), % 0.8 Ni, % 0.06 P veya % 0.1 Cu eşdeğer etkinliğe sahiptir, her bir elementin belirtilen oranları ile pas kalınlığında ~ % 73 azalma izlenmiştir. 100 µm ve altı hedefe daha kolay ulaşılabilir, % 0.46 Cu + 1.3 Cr ile pas tabakasında % 90 azalma elde edilmiştir.

- o Kırsal bölgelerde pas kalınlığı (312 μm) diğerlerine göre azdır ve yüksek azalma oranları konusunda alaşım elementleri çok etkili olamamaktadır. 100 μm 'dan düşük değerler ancak % 0.49 Cu +% 0.1 P ile mümkün olabilmektedir.

4. Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çeliklerin Dayanıklılığında Çevre Faktörü

WS çeliklerin atmosferik koşullara dayanımını sağlayan en önemli faktör, düzenli ıslanma-kuruma çevrimleri ile iç katmanda sıkı bir koruyucu patina tabakasının oluşabilmesidir [3]. Bunun sonucu olarak; yalın karbon çeliğine kıyasla WS çeliğin korozyon kaybının, agresif ortamlar söz konusu olmadığı sürece, ilk yıllardan sonra gitgide yavaşladığı, belirli bir değere yakınsadığı izlenir.

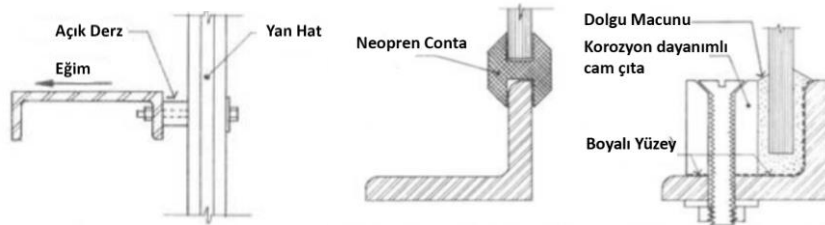
Pas-patina katmanının oluşumuna etki eden faktörler aşağıda verilmiştir:

- o Güneş ve yağmur almayan yüzeylerde gevşek bir patina tabakası söz konusudur.
- o Islanma-kuruma çevrimlerinin düzenli olduğu yüzeyde istenen sıkı patina tabakası oluşmaktadır.
- o Batı ve güneye bakan yüzeyler yüksek oranda güneş ışığı aldığı için (Resim 3), daha düzgün bir oksit tabaka oluştururken; kuzey ve doğuya bakan yüzeyler daha uzun süre ıslak kalmaktadır, patina tabakası oluşumu özellikle kuzey cephede yavaştır.



Resim 3: Angel of the North² (Newcastle, England, 1998) [h]

- o Nemi tutacak detaylardan kaçınılmalı, birleşim yerleri sıkı ve sızdırmaz olmalıdır, ilgili detaylar Resim 4'de verilmiştir.
- o Cephe panellerinin $1.6 \leq t \leq 76$ mm aralığında uygulanması önerilir.
- o Panellerin perfore olarak kullanımı, kuruma sürecini hızlandırır.
- o Dolgu (Resim 4), duvar içindeki suyu negatif hava basıncıyla çeker.
- o Atmosferik korozyona karşı dayanıklı çelikleri ana yapıya somun ve civata ile birleştirmek yaygın bir uygulama yöntemidir. Burada paslanmaz çelik veya galvanizli çelik bağlantı elemanlarının kullanılması önerilir.



Resim 4: Yatay yapısal elemanın cephe birleşimi ve çelik-cam birleşimi örneği [4]

- o 15 yıllık korozyon testlerinin sonucunda [2], boyalı olmayan WS çelikleri için kabul edilebilir pas miktarı 100 yıllık süreçte ≤ 5 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ olarak tanımlanmıştır. Daha sonra, 20 yıllık süreçte pas miktarı ≤ 6 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ olarak yeniden tanımlanmıştır [5].

² İngiltere-İskoçya karayolu kenarındaki, 20 m yükseklik ve 54 m genişliğindeki Kuzeyin Meleği (Angel of the North); yüzeyine düzgün yayılmış turuncu bir tabakaya sahiptir. Güney ve batı cephesi güneş enerjisini toplayıp emerken, heykelin kuzey ve doğuya bakan yüzeylerine yoğunlaşma meydana gelmesini önleyecek ve kuruma imkanı sağlayacak yeterli ısıyı iletir. Böylece oksit tabakasında istenilen sonucun elde edilmesi sağlanır.

o Farklı atmosferik koşullarda, yüzeyin yatay olması durumunda düşey olmasına kıyasla korozyon hızı yavaş olmakla birlikte; yüzeyde çukur/kesik, tuz, toz vb. birikmesi gibi nedenlerle kirlenmenin, süreci negatif etkileyeceği unutulmamalıdır.

o Cephe kaplamasının kenar bölgesi, yüzey kısmına göre korozyon açısından (özellikle de yalın karbon çeliklerinde) daha kritiktir, uygulamada bu bölgelere dikkat edilmelidir.

o Enerji santrali, üretim tesisleri gibi endüstriyel tesislerin baca emisyonları açısından, 90 mg SO₂/m².gün düzeyinin aşılmaması durumunda yılda 2-6 µm/yıl korozyon derinliği sağlanır; ancak bu değerin aşılması durumunda, korozyon kalınlığı yıllar içinde gittikçe artar [6], kalıcı patina tabakası oluşumu mümkün olmayabilir. Oluşan koyu renkli yüzey, gevşek pas partiküllerinden oluşur.

o Denize yakın yerlerde çelik yüzeyindeki klorid korozyonu nedeniyle korozyon hızı diğer atmosferik ortamlara göre en yüksek olacaktır. Agresif ortam, sağlıklı patina tabakasının oluşumuna engel olacak, pas kalınlığı gittikçe artacaktır. Bu durumda pas katmanının hafif aşındırıcı özellikteki temizleyiciler vasıtası ile çıkartılması, gerekirse UV dayanımlı vernik uygulaması önerilir³. Denize olan uzaklık arttıkça agresif korozif etki azalır.

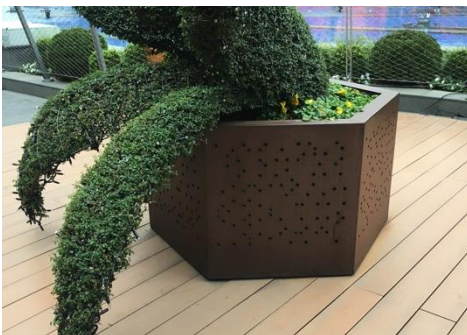
o Denize yakın bölgeler için son zamanlarda yenilikçi çözüm arayışlarına gidilmiş; Cr oranı önemli ölçüde azaltılmış, yerine Ni oranı oldukça artırılarak (% 1.7-3.5) klorid korozyonunun 6 µm/yıl sınırı içinde kalabileceği görülmüştür [8] [i].

o Kırsal bölgelerde başlıca korozif etkenler; % 70 ve üzeri nem, SO_x, CO₂ ve tarım bölgelerinde hayvan gübresi kaynaklı amonyak (NH₃) olup agresif bir korozif durum söz konusu değildir. İstenen görünüm, diğer atmosferik koşullara kıyasla çok daha uzun sürede elde edilecektir. Bu nedenle üretimin son aşamasında yaşlandırma işlemi uygulanması (asit çözültisine daldırma vb. sonucu pas-patina oluşumunun hızlandırılması) önerilir.

5. İstanbul ve Çevresinde Uygulanmış Mimari ve Peyzaj Örneklerin İncelenmesi

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de WS panel uygulamaları son yıllarda yaygınlaşmıştır. Genellikle ikincil cephe olarak kullanılan WS panel uygulamasında, yapının ana taşıyıcı sistemine sabitlenecek ızgara sistem (tali taşıyıcı sistem) oluşturulduktan sonra sözkonusu paneller monte edilir. Ancak çevresel etkenler altında büyük performans farkları gösteren bu malzemeyi en iyi şekilde tanımak, kullanımda olanlar / tasarım aşamasındaki projeler açısından, mevcut ve olası problemlerin saptanıp çözüm getirilmesi gerekmektedir.

Günümüz peyzaj tasarımlarında, yeşil ve toprak arasındaki doğal ilişkiye dahil olabildiği için, WS çeliklerin tercih edilebilirliği gün geçtikçe artmaktadır. İncelenen örneklerde (Resim 5), cephe elemanlarına nazaran daha küçük yüzey alanına sahip peyzaj elemanlarında; dış yüzey genellikle problemleri bir görünüm oluşturmamaktadır, iç yüzeyin ise nemden korunması önerilir.



Resim 5:

- a) Watergarden Peyzaj (Ataşehir)
- b) Piri Reis Üniversitesi Peyzaj (Tuzla)
- c) Leisure Mağazası Peyzaj (Caddebostan)
- d) Saklıkoru Peyzaj (Bahçeköy)
- e) Kıbrıs Lords Palace Otel Peyzaj (Kıbrıs)
- f) Cadde Park Bina Peyzaj (Erenköy), [9]

³ Önlenemeyen pas oluşumlarında; okyanus kıyısına yakın bölgede levhanın yüzeyi ve kenarı için alkid bileşimleri en iyi sonucu vermiştir (Yalın karbon çeliği açısından ise silikon-kromat alkid uygundur, kenar bölgede tam performans yine de mevcut değildir) [7].



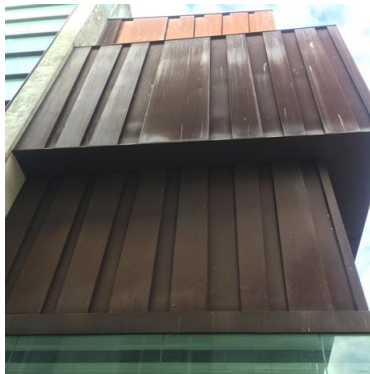
Mevcut yapıların çevre koşullarına bağlı olarak yüzey hareketlerinin değerlendirilebilmesi için üç farklı örnek ele alınacaktır. Bunlar; Suadiye/İstanbul bölgesinde bulunan Benetton (Tanteroz) Mağazası (2009), Şekerpınar/Kocaeli bölgesinde bulunan Doğu Otomotiv Lojistik Merkez Binasına ait D Café personel kafeteryası (2015) ve Yalova merkezde bulunana Raif Dinçkök Kültür Merkezi (2010)'dir.



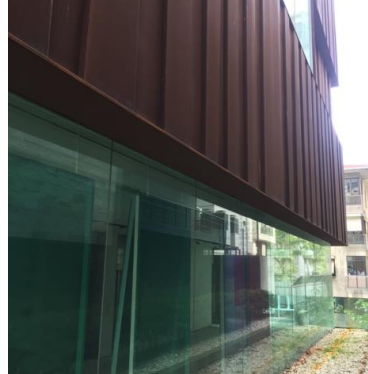
(a) Kuzey Cephesi



(b) Güney Cephesi



(c) Doğu Cephesi



(d) Batı Cephesi

Resim 6: Binanın, a) Kuzey b) Güney c) Doğu d) Batı Cepheleri [9]

Örnek 1

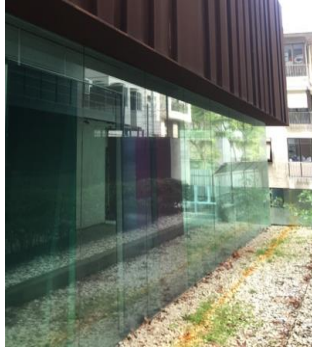
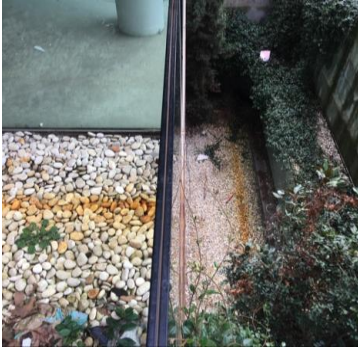
Piero Lissoni'nin tasarladığı Benetton binası (şimdi Tanteroz) Suadiye'dedir (Resim 6,7). Önü açık olan, ışık alan güney cephesindeki yüzey, yoğun turuncu/kahve iken, doğu ve batı cepheleri çoğunlukla gri/kahve renk almıştır. Kuzey cephesindeki pas ise kırmızı görünümlüdür.

Benetton binası güney cephesi (b) 550 m ötede denize bakmaktadır, güneş alması ve denize uzaklığı nedeniyle klorid korozyonu söz konusu değildir. Yola bakan cephe kuzey cephesi (a) olup önü açıktır. Doğu (c) ve batı (d) cepheleri ise, komşu binalar nedeniyle uzun süre gölgede kalmaktadır, yapıda yer yer pas akma problemi gözlenmektedir (Resim 8).



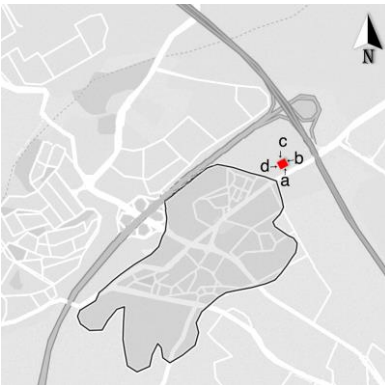
Resim 7: Binanın Suadiye bölgesindeki konumu

Suadiye bölgesi ortalama miktarda yağış almaktadır. Yıllık olarak en yüksek sıcaklığa temmuz-ağustos aylarında ulaşırken, en düşük sıcaklığa ortalama 3°C ile ocak ayında ulaşmaktadır. En fazla yağışlı gün sayısı (12 gün) aralık ve ocak aylarında gözlenirken, 120 mm yağış ile aralık ayı en yoğun yağış alan aydır. Yaz aylarında yağış düzeyi düşüktür.



Resim 8: Binanın cephelerindeki yüzey akması

Zeminde beton veya ahşap yerine toprak/taş kullanıldığı için sulama ile lineer pas şeridi temizlenebilmektedir, ancak bu geçici bir çözümdür. Korozyon malzemeye zarar vermeye başladıysa, oluşan dış pas katmanı alınmalı ve koruyucu vernik uygulanmalıdır.



Resim 9: D café genel görünüm ve bulunduğu Şekerpınar bölgesinin konum gösterim

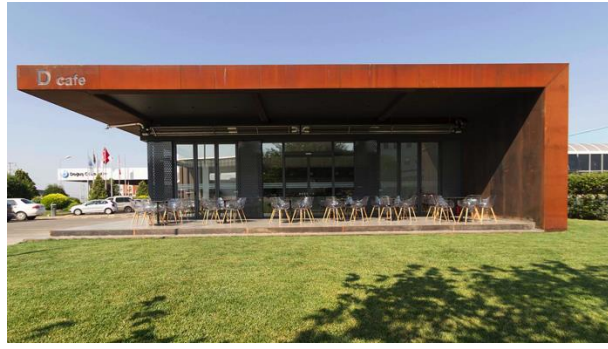
Örnek 2

2015 yılında MuuM Mimarlık tarafından tasarlanan D Café, Doğu Otomotiv Lojistik merkez binası bünyesinde olup, Kocaeli'ye bağlı olan Şekerpınar bölgesinde yer almaktadır. Minimal ve insan ölçeğine hitap eden tasarımda, doğal bir görünüm elde etmek için değişken, sade ve sıcak yüzey görünümü olan, camla birlikte kullanılan WS panellerin (Resim 9) bulunduğu cepheler dikkat çekmektedir.

Bölgede yıllık en yoğun yağış 107.8 mm ile aralık ayında görülürken, 9.4 mm ile ağustos ayı en az yağış alan aydır. Kışın en yüksek nem düzeyi Aralık ayında (ortalama %79) gözlenirken, temmuz ayı %53 nem görülmektedir. Yaz aylarında 30°C sıcaklık gözlenirken, aralık ocak aylarında 1°C'ye kadar azalır. Genel itibariyle çevresi açık olan yapı iç kesimlerde yer almaktadır. Tamamen güneş alabilen güney ve doğu cephelerinde görünüm daha dengeli ilerlemiştir (Resim 10). Kuzey cephesi soğuk cephe olup, batı cephesi de gölgede kaldığından malzemede akma gözlenmiştir.



(a) Güney Cephesi



(b) Doğu Cephesi



(c) Kuzey Cephesi



(d) Batı Cephesi

Resim 10: Doğu Otomotiv Lojistik Merkez Binasına ait D Café personel kafeteryası a) Güney b) Doğu c) Kuzey d) Batı Cepheleri [9]

Örnek 3

Tasarımını Emre Arolat Architects'in üstlendiği Raif Dinçkök Kültür Merkezinde, gerek yapı işlevi gerekse seçilen malzeme ile, sürdürülebilir tasarım kriterleri ön planda turulmuştur. İkincil cephe olarak kullanılan perfore WS paneller (Resim 11) nefes alabilecek ve ışığı kırarak yapı bünyesine alacak şekilde kullanılmıştır.

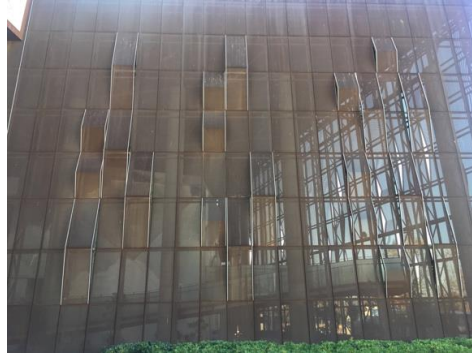


Resim 11: Raif Dinçkök Kültür Merkezi merkezi (Yalova, 2010) ve konum gösterimi

Yalova bölgesinde temmuz ve ağustos en sıcak aylar iken (28°C), ocak ayı en soğuk aydır (2.9°C). Aralık ayında 121.7 mm ve ortalama 12 gün yağış alırken, temmuz ayında 19.1 mm ve ortalama 3 gün yağış almaktadır. Yapı çevresinin açık olması ve perfore olarak kullanılan gözenekli panellerin daha hızlı kurumasından ötürü önemli bir problem gözlenmemiştir. Ancak detaylı incelendiğinde (Resim 12d) panelin betona birleşim yerinde beton üzerine pas aktığı izlenmektedir. Yapı, denize 650 m mesafede olup, kuzey cephesi denize bakmaktadır.



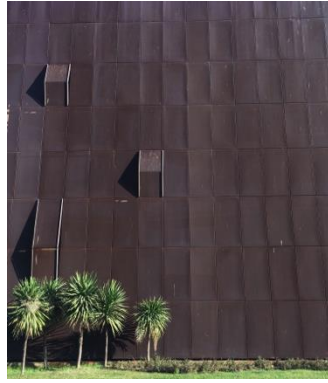
(a) Doğu Cephesi



(b) Kuzey Cephesi



(c) Güney Cephesi



(d) Batı Cephesi ve beton ile birleşim bölgesi detayı



Resim 12: Raif Dinçkök Kültür Merkezi a) Doğu Cephesi b) Kuzey Cephesi c) Güney Cephesi d) Batı Cephesi ve beton ile birleşim bölgesi detayı [9]

6. Sonuçlar ve Öneriler

Yapı malzemesi seçimi; mekanik büyüklükler, estetik kaygılar, maliyet ve ihtiyaca göre değişebilecek parametreler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir. Atmosferik korozyona dayanıklı çelikler üzerindeki incelemelerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir :

- o Malzemenin ıslanma-kuruma döngüsünün gecikmeden tamamlanması, koruyucu pas-patina katmanının oluşması açısından zorunludur.

- o Agresif çevresel koşulların varlığı, levhaların kullanılacağı cephelerin doğru seçimi, soğuk cephe durumu, nemli kalma süresinin uzun olması gibi etkenler dikkatle incelenerek tasarım gerçekleştirilmelidir. Islanma-kuruma döngüsünün tamamlanamayacağına inanılıyorsa WS kullanılmalıdır.

- o WS çeliğin; endüstriyel, kırsal ve kıyı atmosferi etkisi altındaki davranışı incelendiğinde; en iyi sonuç kırsal koşullarda alınırken, en olumsuz sonucun kıyı atmosferi etkisi altında olduğu görülmektedir. Kırsal atmosferde, istenilen görünümü hızlandırmak için üretim sonrası yaşlandırma uygulanabilir.

- o İstanbul ve çevresinde incelenen örneklerden, malzemenin ıslanma-kuruma döngüsünü tamamlayabilmesi için, yüzey alanının küçülmesinin faydalı olacağı gözlenmiştir. İnce levhalar kullanılabileceği gibi perfore levhalar da kullanılabilir.

- o Denize yakın bölgede koruyucu patina katmanını elde etmek mümkün olmayabilir. Özellikle denize bakan soğuk cephede, Ni içeriği yüksek yeni nesil WS çelik kullanmak korozyon hızını sınır düzeye çekebilecektir. Standart WS çelikte ise yüzeyin estetik değerinin bozulmaması için, zaman içinde artan pas katmanında üst tabaka çıkartılıp, UV dayanımlı koruyucu vernik uygulanması gibi yüzey koruyucu önlemlere başvurulabilir; diğer türlü belli aralıklarla pas tabakasının çıkartılması gerekli olacaktır. Bu önlemler endüstriyel bazlı ağır çevre koşulları için de geçerlidir.

Kaynakça

- [1] National Cooperative Highway Research Program Report, 1985. Performance of Weathering Steel in Bridges”, *NCHRP*, No 272.
- [2] Laarabee, C.P, Coburn, S.K, 1961. The Atmospheric Corrosion of Steels As Influenced by Changes in Chemical Composition. *Proc. of the 1st International Congress on Metallic Corrosion*, Butterworth Press, London, 276-285.
- [3] Zhang, X., Yang, S., Zhang, W., Guo, H., He, X, 2014. Influence of Outer Rust Layers on Corrosion of Carbon Steel and Weathering Steel During Wet–Dry Cycles. *Corrosion Science* 82, 165-172.
- [4] Thomasen, S.E., Ewart, C.S. 1985. Detailing of Weathering Steel Facades. *IABSE Reports*.
- [5] Cook, D.C, 2007. An Active Coating and New Protection Technology for Weathering Steel Structures in Chloride Containing Environments, NACE international, Tennessee, U.S.A.
- [6] Knotkova, D., Barton, K, 1982. Corrosion Aggressivity of Atmospheres, STP. *Atmospheric Corrosion of Metals*. American Society for Testing and Materials, Editors: S.S.W. Dean and E.C. Rhea, Philadelphia, 225-249.
- [7] Coburn, S.K, 1978. Increasing Container Service Life with Painted USS COR-TEN Steel. Container Technology, Vol.II, *Proc.2nd Container Technology Conference*, Brighton, England, 177-199.
- [8] Kawabata, F., Matsui, K. Obinata, T., Komori, T., Takemura, M., Kubo, T. 2004. Steel plates for bridge use and their application technologies, JFE Technical Report No. 2, JFE Steel, Japan.
- [9] Es, K.C, 2018. Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çeliklerin Yapılarda Cephe Elemanı Olarak Kullanılabilirlik Şartlarının İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.

İnternet kaynakları :

- [a] http://qctimes.com/john-deere-world-headquarters/image_1ea1923e-ec15-527c-aec4-57ba386b4885.html
- [b] <http://www.architectmagazine.com/project-gallery/deere-company-administrative-center>
- [c] <http://ncrsresearch.blogspot.com.tr/2015/05/>
- [d] <http://www.archello.com>
- [e] <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=5045>
- [f] <http://constructalia.arcelormittal.com>
- [g] http://www.bluescopesteel.com.au/files/xler_entire_brochure.pdf
- [h] <https://tr.pinterest.com>
- [i] https://www.nssmc.com/product/catalog_download/pdf/A006en.pdf

BURSA SETBAŞI KÜTÜPHANESİ: ÇATI VE CEPHE ÖZELLİKLERİ

Duygu Gök¹

Konu Başlık No: 8 Tarihi Yapılarda Çatı ve Cepheler

ÖZET

II. Ulusal Mimarlık Döneminde mimarlar batılılaşmaya karşıdır. Bu dönemde daha fazla sivil mimari örnekleri benimsenmiştir. Malzeme olarak beton kullanılmış, taş ise yalnızca kaplama malzemesi olarak kalmıştır. Dönem binalarında Osmanlı duvar örgü şekli, cephe çıkmaları, girişlemeli saçaklar, kemerler, köşeli sütun başlıkları, geleneksel Türk evi pencere oranları kullanılmıştır.

Bursa’da eski bir pasaj olan ve şu an Setbaşı Kütüphanesi olarak bilinen yapının geçirdiği fiziksel ve işlevsel dönüşümü incelemek ve yapının inşa edildiği II. Ulusal Mimarlık Döneminin özelliklerinin yapının fiziksel görünüşüne nasıl yansıdığını ortaya koymak amacıyla; yapı ile ilgili literatür araştırması yapılmış, alan çalışması yapılarak yapının iç ve dış mekân fotoğrafları çekilmiştir. Yapının eski fotoğrafları Anıtlar Kurulu arşivinden, plan ve kesitleri Büyükşehir Belediyesi Etüt Proje Bölümünden alınmıştır. Ayrıca yapının tescilli olmadığı 19.yy’a ait görüntüleri için internet üzerinden anonim kaynaklardan yararlanılmıştır.

ABSTRACT

Setbaşı Library, is used to examine the physical and functional transformation of the building and to build it. In order to show how II. National Architectural features of the period are reflected in the physical appearance of the structure, a literature survey on the structure was made, photographs of inside and outside were made by performing field work. Old photographs of the building were taken from the archive of the Memorials Board, plan and sections from the Metropolitan Municipality Survey Project. In addition, the 19th century images, which are not proprietary, were made available through anonymous sources on the internet.

ANAHTAR KELİMELEER

Bursa, Setbaşı Kütüphanesi, II. Ulusal Mimarlık Dönemi

KEYWORDS

Bursa, Setbaşı Library, II. National Architectural Movement

¹ Duygu Gök, Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi yüksek lisans öğrencisi Tel: 0224 294 21 31 / 0542 744 88 92, Faks: 0 224 294 21 28, Mail: arthistorian@mynet.com

1. Giriş

1908 ve 1918 yılları arasında, Türkiye’de, geç imparatorluğun ideolojik özlemini ve kültürel karmaşıklığını simgeleştiren yeni bir üslup ortaya çıkmıştı. Mimarlık tarihçileri bu döneme I. Ulusal Mimarlık Dönemi adını vermişti. Bu dönem 1930’lara kadar devam etmiştir. Temel olarak amaç: Klasik Osmanlı mimarisinden alınan dekoratif unsurları yeni inşaat tekniklerini birleştirmektir. Bu üslup, devlet daireleri, bankalar, sinemalar ve diğer kamu kuruluşlarında etkili olmuştur. Bunun yanı sıra sanayi ve iş amaçlı trafo, tren istasyonu ve iskele binalarında da oldukça etkili olmuştur. Bu yüzyılda tasarım ve inşaat yapan mimarlar hem son Osmanlı hem ilk Cumhuriyet mimarlarıdır, onlar Osmanlı korumacılığını benimsemişlerdi, bu kişilere göre Osmanlı canlandırmacılığı atalarımızdan bize intikal eden Osmanlı mirasını simgeliyordu.



Resim.1: Bursa Valiliği (2017) [8] I. Ulusal Mimarlık Örneği; Mimar Ekrem Hakkı Ayverdi [11]

Bu dönemde söz konusu olan iki kavram vardır:

- Batı geleneği
- Batı dışı ötekiler

Bu dönem sanatçıları Avrupa’da eğitim görmüşler ancak devletin Osmanlı Devleti’nin refahına sanatsal ve mimari özelliklerine de bağlı kalmışlardır. Dönemin önemli eğitim kurumları:

- Sanayi-i Nefise Mektebi
- Hendese-i Mülkiye Mektebi. Bu okullarda aralarında Valluary ve Jasmund gibi yabancı mimarlar da ders veriyordu.
- 1914 yılında ise Sanayi-i Nefise Mektebi açılarak kız öğrencilerin de akademiye katılımı sağlandı.
- 1930’lu yıllarda bir çok kamu binasında simetri ve anıtsallık ön plandadır.

Öte yandan klasisizm hiçbir zaman mimarlıktaki etkisini kaybetmemiştir. 1930’ların sonları ve 1940’ların başlarından itibaren daha da güçlenmiştir[1].

Bursa’da eski bir pasaj olan ve şu an Setbaşı Kütüphanesi olarak bilinen yapının geçirdiği fiziksel ve işlevsel dönüşümü incelemek ve yapının inşa edildiği II. Ulusal Mimarlık Döneminin özelliklerinin yapının fiziksel görünüşüne nasıl yansıdığını ortaya koymak amacıyla; yapı ile ilgili literatür araştırması yapılmış, alan çalışması yapılarak yapının iç ve dış mekân fotoğrafları çekilmiştir. Yapının eski fotoğrafları Anıtlar Kurulu arşivinden, plan ve kesitleri Büyükşehir Belediyesi Etüt Proje Bölümünden alınmıştır. Ayrıca yapının tescilli olmadığı 19.yy’a ait görüntüleri için internet üzerinden anonim kaynaklardan yararlanılmıştır.

2. II. Ulusal Mimarlık Dönemi

1940- 1950 yılları arasında II. Dünya Savaşı ve diğer dış etkenlerin etkisi ile II. Ulusal Mimarlık Akımı başlamıştır. Bu dönemde mimarlar Batı’ya ve yabancı mimarlara karşıdır. Ancak yine de batının neo – klasik üslubunun ettikleri görülür. Bu dönemde mimarlıkla ilgili dergiler yayınlanmış, devletin çeşitli faaliyetleri olmuştur. Özellikle resmi binalarda bir biçim bulunması gerektiği devlet tarafından teşvik edilmiştir. **Konutların bulundukları çevreye uyumlarının dikkate alınması II. dönemin I. Dönemden en önemli farkıdır[2].**

II. Ulusal Mimarlık döneminde milli birlik ve beraberlik duygusu hakimdir. Akımın en önemli mimarları:

- Sedat Hakkı Eldem
- Emin Onat’tır[12].

1934 yılında Güzel Sanatlar Akademisi’nde başlatılan seminer çalışmaları kapsamında bir grup öğrenci İstanbul’daki Türk evlerinin rölevelerini çıkartmış ve mimarlık tarihi açısından yararlı bir belge oluşturmuşlardır. Bu çalışmalar II. Mimarlık döneminde Türk sivil mimarlığına ilgi gösterilmesinde etkili olmuştur. Bu dönemde, Mimar Emin Onat’ın ismi ile özdeşleşmiş seminerler düzenlenmiş, bu seminerler kapsamında ulusal mimarinin araştırılması ve bu yönde bir eğilim geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak üç farklı eğilim ortaya çıkmıştır:

- Nostaljik ve yenilemeci anlayış
- Akademik ve ulusalcı anlayış
- Popülist ve yerli anlayış [12].

II.Ulusal Akım devletin gücünü göstermek amacı ile mimari öğeleri öne çıkarmıştır ve buna bağlı olarak büyük kamu binaları, stadyumlar, toplantı salonları, büyük boyutlu bakanlıklar ve meydanlar inşaa edilmiştir[12].

Dönem binalarında Osmanlı duvar örgü şekli, cephe çıkmaları, girişlemeli saçaklar, kemerler, köşeli sütun başlıkları, geleneksel Türk evi pencere oranları kullanılmıştır. Bu dönemde kubbe vb... uygulamalar ile cephe süslemelerine rastlanmaz.

Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat’ın en önemli projeleri İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Binası ve İstanbul Adalet Sarayı binasıdır[13].



Resim.2: İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Sedat Hakkı Eldem- Emin Onat
<http://edebiyat.istanbul.edu.tr/felsefe/?p=6569> Erişim: 07.03.2018[14]

İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Binası anıtsal ve simetrik görünüşü ile Faşist ve Nazi mimarisi görüntüsü vermektedir. Ancak saçakları ve çıkmalı cepheleri ile geleneksel Osmanlı konut mimarisi özelliklerini yansıtmaktadır[13].



Resim.3:İstanbul Adalet Sarayı 1948-52 Sedad Hakkı Eldem, Emin Onat [15]

İstanbul Adalet Sarayı binası moden mimarinin örneği bir yapı olmakla birlikte saçakları ve çıkmalı cephesi ile II. Ulusal Mimari üslubunun özelliklerini göstermektedir ve dönemin son yapısı olarak nitelendirilmektedir[13].

II.Ulusal Mimarlık Dönemi'nde I. Dönemde olduğu gibi eskinin öğeleri ile yeniği birleştirmek esas alınmıştır[2].

Bu dönemde betonarme ön plana çıkmıştır. Taş ise dayanıklı bir malzeme olması bakımından önemlidir. Bu dönemde beton binaların cephelerinde kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır[2]. Taş malzeme kullanımı cephe bölümlerinin daha anıtsal görünmesini sağlamıştır[13].

3. Bursa Setbaşı Kütüphanesi Mimari Özellikleri ve Tarihsel Gelişimi

Setbaşı Köprüsü'nün kuzeydoğu köşesinde bulunan Belediyeye ait eski nikah salonu, pasaj ve lokallerin bulunduğu bina ile Setbaşı Camisi'nin kuzeyinde bulunan eski Bursa evinin restore edilmesi ile iki bina da 11 Eylül 1998 tarihinde hizmete açılmıştır. Kütüphane binası kentin merkezinde yer alan beş katlı toplam 1976 m² kullanım alanına sahip bir yapıdır.



Resim.4: Bursa Setbaşı Kütüphanesi ön cephe (2017) [8]

3.1.Bursa Setbaşı Kütüphanesinin Mimari Özellikleri

Kütüphane bünyesinde toplam dört bölüm bulunmaktadır.

- Halk Kütüphanesi Bölümü
- Çocuk Kütüphanesi Bölümü
- İhtisas Kütüphanesi
- Bursa Belgeliği Bölümü [3]

Bölmeler taraçalı olarak tasarlanmıştır. Binanın örtü sisteminde iki ayrı çatı sistemi uygulanmıştır:



Taraçalar
Kırma çatı
Şet çatı

Resim.5: Bursa Setbaşı Kütüphanesi batı cephesi (2017)[8]

- Kırma çatı
- Testere dişli (Şet) çatı

Kırma çatı: Üzerine yapıldığı binanın kenar sayısı kadar eğimli yüzeye sahip olan çatılardır, yatay olan saçaklar yatay ve aynı düzlem üzerindedir. Yüzeyler, düz, eğik, düşük ve dere mahyalarla sağlanır[4].

Testere dişli (şet) çatı: Çatıdan aydınlatma amacı ile yapılan bu tip çatılarda farklı eğimde iki yüzey yanyana dizilir ve eğimi fazla olan yüzey cam ile kaplanır[4].



Resim.6: Şet çatı iç mekân ayrıntısı (2017) [8]

“Anadolu’nun geleneksel konutlarında cephelerin plan şemasının dışa yansımaları sonucunda oluştuğu söylenebilmektedir. Sözü edilen geleneksel konut cepheleri plandaki oda – sofa ilişkilerine bağlı olarak zengin bir çeşitlilik göstermektedir. Geleneksel konutlarda odaların sokağa bakan yönlerinde cephe açısından en belirleyici eleman çıkmalardır. İç mekânın dış mekâna uzatılması ile oluşturulan çıkmalar; odanın görüş alanının genişletilmesi, kullanışlı yaşam alanının, iç mekân için gün ışığının arttırılması, doğal hava dolaşımının sağlanması ve cephenin görsel açıdan zenginleştirilmesi gibi amaçlara hizmet etmektedir. Çok çeşitli biçimlerde yapılan çıkmalar, çıkma desteklerini de gerekli kılmış ve böylelikle aynı zamanda estetik unsurlar olarak da görülebilen çıkma destekleri geleneksel konutun önemli cephe elemanlarından olmuştur.” Geleneksel konutlarda sabit ve hareketli olmak üzere iki tür pencere kullanılmıştır. Üst katlarda genellikle sabit pencereler ve renkli camlar kullanılmıştır ve pencere önlerinde kafes ve kepenk uygulamaları ön plandadır [6].

3.2. Bursa Setbaşı Kütüphanesinin Tarihsel Gelişimi

1954 – 1960 yıllarında dönemin Belediye Başkanı Reşat Oyal tarafından yaptırılmış II. Dönem sivil mimari örneği bir Türk yapısıdır. Kapalıçarşı yangınından sonra açıkta kalan esnaf için altı pasaj, üst katları nikah salonu olarak tasarlanmıştır[3] 1994- 1998 yılları arasında dönemin Belediye Başkanı Erdem Saker tarafından nikah dairesi költürparka taşınmış, bunun üzerine mevcut bina, Erdem Saker ve Bursalı sanayicilerin katılım ve çabaları ile Ocak 1997 yılında yeniden düzenlenerek Şehir Kütüphanesine dönüştürülmüştür[5].



Resim.7: Setbaşı Pasajı 1980’ler [9]



Resim.8: 1990’lar(Anıtlar Kurul Arşivi)[7]



Resim.9: Kılıçkalkan evi [8]

Bu tarihten önce tescilli olmadığı için yapının özellikle 19. yy'da kullanım özelliği bilinmemektedir. Ancak Osmanlı döneminde Setbaşı bölgesinde meyhane ve bozacılar bulunduğundan böyle bir işlev için kullanılabilmesi muhtemeldir. 1997 yılında Kütüphane olarak düzenlenirken bütün iç mekânlar yıkılmış, kütüphane gereksinimlerine göre yeniden düzenlenmiştir. Yeni düzenleme ile pencere oranları geleneksel konut mimarisine uygun duruma getirilmiştir.

Setbaşı Kütüphanesi'nin bahçesindeki iki katlı Türk evi ise Müzik kütüphanesi olarak hizmete açılmış, günümüzde Kılıç kalkan evi müzesi olarak kullanılmaktadır[3]. Bursa Setbaşı Kütüphanesi, dönemin özelliklerine paralel olarak süslemeden tamamen arındırılmış, yalın haldedir. Yapıda, 2017 yaz döneminden itibaren restorasyon çalışması başlatılmıştır.

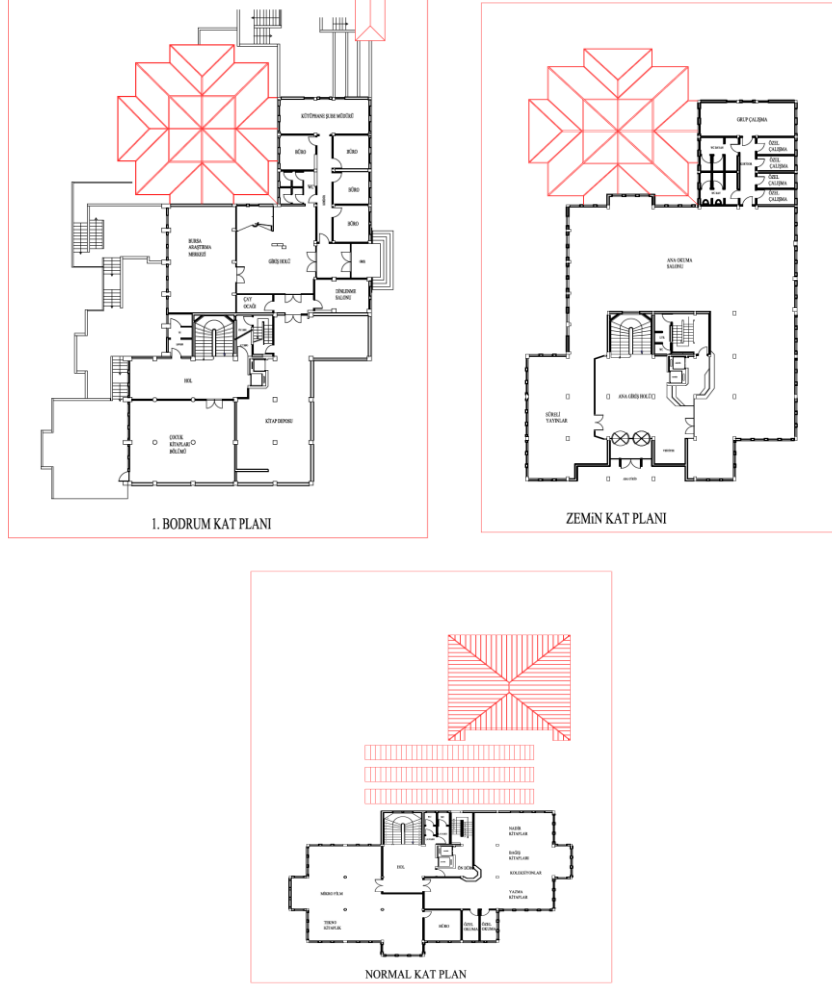
4. Sonuç

20. yüzyılda Türkiye'de I. ve II. Ulusal Mimarlık Dönemi olmak üzere iki ayrı ulusal akım baş göstermiştir; bu akımlar ülke ve dünya genelinde yaşanan toplumsal, teknolojik ve siyasal gelişmeler sonucunda meydana gelmiştir. I.Ulusal Akım Dönemi Osmanlı Devleti'nin tarih sahnesinden henüz çekildiği bir dönemdir ve dünya genelinde yeni inşaat teknolojileri gelişmeye başlamıştır. Bu dönem mimarları Osmanlı döneminden kalan mimari ve bezeme unsurlarının Osmanlı'nın temsilcisi olduğunu düşündüklerinden dolayı cephelerde kemer ve çini uygulamaları, kubbe örtü sistemleri ön plana çıkmıştır.

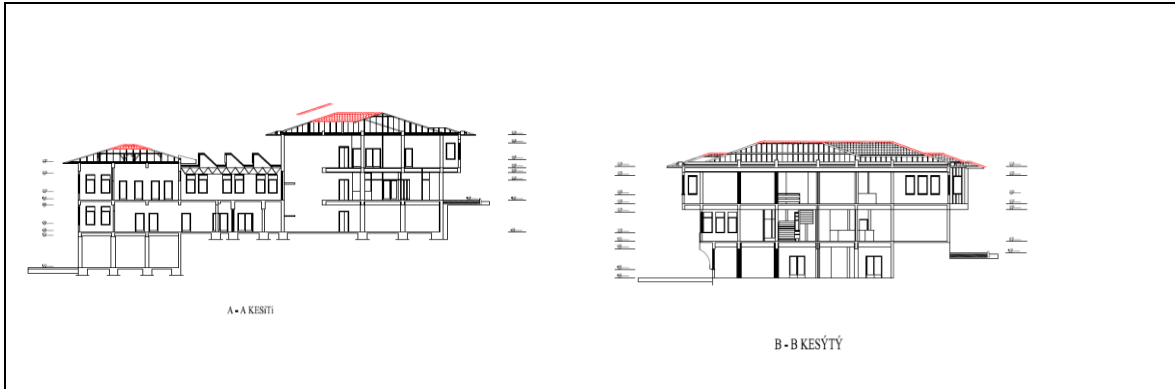
II. Ulusal Akım Döneminde ise mimarlarda Osmanlı canlandırmacılığı fikri hâlâ devam etmektedir; Bu dönem, Türkiye'de Atatürk'ün vefat ettiği bir dönemdir ve Dünya'da ise II. Dünya Savaşı baş göstermiştir. Bu nedenle mimari yapılarda bezemelerden arındırılmış cepheler ön plandadır. Geleneksel konut tipolojisi uygulamaları dikkat çekmektedir ve kubbe uygulamaları terk edilmiştir. Bu dönemde büyük boyutlu bakanlıklar, kamu binaları, stadyumlar vb... yapılar inşa edilmiş ve böylece devletin gücü mimari yapılarla gösterilmeye çalışılmıştır. İnşa edilen binalarda taş malzeme kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır, cephelerde anıtsallık ve simetri hakimdir.

Bursa Setbaşı Kütüphanesi'nin çatı cephe özellikleri incelendiğinde: Çıkmalı cephe, kırma çatı, çatı saçakları ve şet çatı uygulamaları ile II. Ulusal Akımın özelliklerinin kamusal bir yapıya geniş oranda yansıdığı görülmektedir: Yapı, süslemeden tamamen arındırılmıştır ve geleneksel konut tipolojisi uygulanmıştır. Ancak, yapının ilk etapta bir pasaj olarak inşaa edilmesi ve daha sonra kütüphaneye dönüştürülmesine bağlı olarak özellikle pencere oranlarında değişiklikler görülmektedir.

Ayrıca geleneksel konut mimarlığında pek görülmeyen şet çatı burada uygulanmıştır. Yapı olarak beton malzeme kullanılmış ve II. Ulusal Mimarlık Döneminde kaplama malzemesi olarak kullanılan taş malzemeye yer verilmemiştir. Bu yönleri ile yapı, modern mimarlık unsurlarını barındırmaktadır. Yapının iç bölümleri de geleneksel konut mimarisinden tamamen farklıdır ve kütüphane kullanımına göre tasarlanmıştır. Genel olarak denilebilir ki: Bursa Setbaşı Kütüphanesi II. Ulusal Mimarlık Dönemi özelliklerine ve modern mimari özelliklerine sahip olan bir yapıdır. Yapı bu yönleri ile değerlendirildiğinde II. Ulusal Mimarlık Dönemi'nden modern mimariye geçişin göstergesi olabilme özelliğine sahiptir.



Resim.10: Bursa Setbaşı Kütüphanesi Kat Planları (Büyükşehir Belediyesi Etüt Proje Bölümü)[1]



Resim.11: Bursa Setbaşı Kütüphanesi A ve B Kesitleri [10]

Kaynakça

- [1] Bozdoğan, S. 2002. İlk Modernler: Modernizm ve Ulusun İnşası, Birkan, T., Metis, Türkiye, 29-70.
- [2] Aslanoğlu, İ. 1984. Birinci ve İkinci Milli Mimarlık Akımları Üzerine Düşünceler. Mimaride Türk Milli Üslubu Semineri, 11- 12 Haziran 1984, Atatürk Kültür Merkezi, İstanbul.
- [3] Kuzgun, A. 2000. Büyükşehir Belediyesi Şehir Kütüphanesi. *Bursa Defteri*, (5): 82- 85.
- [4] Tezcan, T. 2018. Çatılar, <http://tekintezcan.cbu.edu.tr/files/13CATILAR.pdf>. Erişim:22.01.2018.
- [5] Karataş, A, İ. 2013. Bursa Büyükşehir Belediyesi Setbaşı Şehir Kütüphanesi: Bursa Kütüphaneleri: Karataş,A,i. Bursa, 294-305.
- [6] Peker, Z, S. 2012. Geleneksel Cumalıkızık Konutlarında Cephe Özellikleri ve Günümüzdeki Durum. 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 12 – 13 Nisan 2012, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bursa.
- [7] Bursa Setbaşı Pasajının 1990'lı yıllara ait fotoğrafları Anıtlar Kurulu Arşivi'nden alınmıştır.
- [8] Bursa Setbaşı Kütüphanesi'nin 2017 yılına ait olan fotoğrafları Duygu Gök Arşivi'nden alınmıştır.
- [9] Anonim, 2017. Eski Bursa Setbaşı, www.facebook.com. Erişim:08.05.2017.
- [10] Bursa Setbaşı Kütüphanesi'nin plan ve kesitleri Bursa Büyükşehir Belediyesi Etüt Proje Bölümünden alınmıştır.
- [11] Anonim, 2018. <http://bgc.org.tr/ansiklopedi/vil%C3%82yet-bursa-hukumet-konagi%C4%B1-.html>.
- [12] Acer, Ö.2018. II. Ulusal Mimarlık Akımı, https://www.academia.edu/4377038/II.ULUSAL_AKIMI_%C3%96ZLEM_ACE?auto=download . Erişim: 07.03.2018.
- [13] Uz, Z. 2018. II. Ulusal Mimarlık Akımı Hakkında. https://www.academia.edu/30601958/II._Ulusal_Mimarlık_Akımı_hakkında. Erişim: 07.03.2018.
- [14]Anonim, 2015. İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Binası. <http://edebiyat.istanbul.edu.tr/felsefe/?p=6569> Erişim: 07.03.2018.
- [15] Anonim, 2006. İstanbul Adliye Sarayı. <http://www.boyutpedia.com/805/6082/istanbul-adalet-sarayı>. Erişim: 07.03.2018

GEÇMİŞ YANGINLARIN ÇIKARIMLARI VE ÖĞRETİLERİ

H. Sueda Yılmaz¹
Erkan Avlar

Konu Başlık No: 3. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

TÜRKÇE ÖZET

Yangınlar, yapılarda az sayıda meydana gelmesine karşın büyük maddi kayıplara yol açmakta, yapıların kullanılmasına engel oluşturmakta ve can kayıplarına neden olmaktadır. Geçmiş yangınlar, yangına karşı alınması gereken önlemlerin önemini hatırlatmaktadır. Yangın sonucu meydana gelen zararlar zaman içinde unutulmakla birlikte, yangına karşı alınan önlemler her büyük yangınla birlikte değişim göstermiş ve gelişmiştir. Bu çalışmada, geçmişte çıkan yangınlar sonucu elde edilen çıkarımlar ve öğretiler, yapı cephelerinde düzenlenen yangın kaçışları açısından değerlendirilmektedir. Ayrıca, geçmiş yangınlardan edinilen tecrübeler doğrultusunda yangın kaçışlarının yapı tasarımına nasıl bir girdi oluşturduğu belirlenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Yangın, geçmiş yangınlar, yangın güvenlik önlemleri, yangın merdivenlerinin cepheye etkisi

ABSTRACT

Although fire occurrences are not seen in large numbers, it costs a lot of financial and human life loss together with inhibiting the usages of structures. Previous fires remind us about the importance of taking precautions to prevent such occurrences. Destructions that have come with these fires are forgotten; however, precautions that are taken towards them have been diversified and advanced. In this study the results and doctorines of previous fire occurrences are studied by considering façades of structures. In addition to this, it is examined how the previous experiences of fires contributed to precautions to be taken aganist and how they inspire the design of new structures.

KEYWORDS

Fires, previous fires, security measurements, the effect of fire-escape stairs' onto façade.

¹ Arş. Gör. H. Sueda Yılmaz, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş Kampusu, Mimarlık Fakültesi, Beşiktaş/İstanbul
Tel: +90(212) 219 26 17, Faks: +90(212) 383 26 50, hsueda@yildiz.edu.tr.

² Yrd. Doç. Dr. Erkan Avlar, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş Kampusu, Mimarlık Fakültesi, Beşiktaş/İstanbul
Tel: +90(212) 219 26 17, Faks: +90(212) 383 26 50, eavlar@yildiz.edu.tr.

1. GİRİŞ

Yapılarda yangın sonucu meydana gelen zararlar zaman içinde unutulmakla birlikte, yangına karşı alınan önlemler her büyük yangından sonra değişiklik göstermiş ve gelişmiştir. Geçmişte meydana gelen birçok yangın; şehir planlarının ve imar koşullarının değişmesinde, yapıda kullanılan yapıım sistemleri ve malzemelerinin seçiminde ve yasal zorunlulukların oluşturulmasında etkili olmuştur. Bu çalışmada, geçmişte meydana gelen yangınlar sonucu elde edilen çıkarımlar ve öğretiler, yapı cephelerinde düzenlenen yangın kaçışları açısından değerlendirilmektedir. Ayrıca, geçmiş yangınlardan edinilen tecrübeler doğrultusunda yangın kaçışlarının yapı tasarımına nasıl bir girdi oluşturduğu belirlenmektedir. Yangınların çevre yapılara cephelerden ve çatılardan yayıldığı bilinmektedir. Bu nedenle öncelikle kent ölçeğinde etkili olan yangınlar ele alınmakta ve bu yangınların çıkarımları ve öğretileri iki örnek üzerinden açıklanmaktadır. Daha sonra, yapı cephelerinde yangın kaçışlarıyla ilgili düzenlemelerin süreç içindeki değişimi ve gelişimi kronolojik sıra ile aktarılmaktadır.

2. GEÇMİŞ YANGINLARIN ÖRNEKLENMESİ

Kent ölçeğindeki planlama kararlarında ve yapılarda yangın korunumu konusunda etkili olan önemli yangınlardan biri, 1666 yılında Londra’da meydana gelen ve "Büyük Londra Yangını" olarak bilinen yangındır. 17. yüzyıl başlarında ortaçağ kentlerinden biri olan Londra, 1660'lara kadar yaklaşık yarım milyonluk nüfusu ile Birleşik Krallığın en büyük kenti olmuştur. Bu dönemde sosyal ve ekonomik duruma göre gelişen, ahşap yapıların oluşturduğu kentte sıkışık, düzensiz ve karmaşık bir yapılaşma olduğu bilinmektedir [URL.1]. Dört yüzyıl boyunca bir Roma şehri olan Londra, şehir duvarlarının içinde her geçen gün daha da büyümüş ve nüfus da bir o kadar artmıştır.

2 Eylül 1666 tarihinde meydana gelen Büyük Londra Yangını, bir ortaçağ kenti olan Londra’da Thomas Faryner’in pasta fırınında başlamıştır. Plansız gelişen yerleşim nedeniyle çok hızlı bir şekilde kente yayılmış ve kontrol altına alınamayan yangın beş gün sonra söndürülebilmıştır. Bu yangında, 13,000’in üzerinde konut, çok sayıda kilise, büyük kamu yapıları, hapishaneler ve birçok kent kapısı zarar görmüştür (Resim 1). Yıllık gelirin 12 bin pound olduğu kentte, yangın sonucu maddi hasarın 10 milyon pound olduğu tahmin edilmektedir [1].

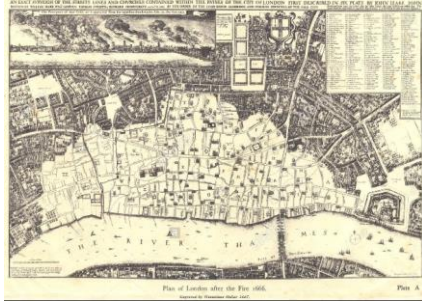
Resim 1. Büyük Londra Yangını [URL.2]



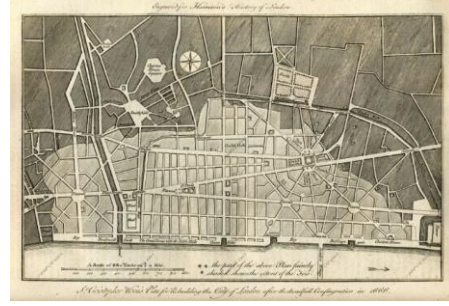
Büyük Londra Yangını, yangının diğer yapılara yayılmasını önleyecek kentsel planlama ilkeleri geliştirmenin gerekliliğini ortaya koymuştur. O yıllarda birçok ortaçağ kenti plansız yapılaşmaya devam ederken Londra, yangından sonra hızlı bir kentsel değişim sürecine girmiştir (Resim 2a, b). Institution of Occupational Safety and Health (IOSH), Birleşik Krallık yangın güvenliği mevzuatındaki gelişmelerin Büyük Londra Yangını ile başladığını belirtmektedir. Bu yangından sonra, İngiltere Kralı II. Charles’ın yayınladığı bildiri ile kentte yollar genişletilmiş ve bütün binaların taştan inşa edilmesi zorunlu hale getirilmiştir [URL.3].

Resim 2. Londra kent planları

a. yangından önce [URL.4]



b. yangından sonra [URL.5]



Yapılarda yangın korunumu konusunda birçok yeniliğe öncülük eden büyük kent yangınlardan bir diğeri, 1870 yılında İstanbul'da meydana gelen ve "Büyük Beyoğlu Yangını" olarak bilinen yangındır (Resim 3). Bu yangın Feridiye Sokağındaki bir evde başlamış ve çoğunluğu ahşap olan binalar arasında hızla yayılmıştır. Yangının yayılmasına; ahşap yapı yoğunluğu, yolların darlığı, bitişik düzen yapılaşma, bakkallarda satılan sulu gazlar, yeterli söndürme suyu bulunmaması, söndürme malzemelerinin yeterli olmaması, yangın söndürme ekiplerinin iyi organize olmaması gibi nedenler gösterilmektedir. Büyük bir alanı kaplayan yangın Naum Tiyatrosu, Ermeni Kilisesi, Alman Hastanesi, Luxembourg Oteli gibi birçok büyük yapının yanmasıyla sonuçlanmış, 100 den fazla insan hayatını kaybetmiş ve birçok insan evsiz kalmıştır [2]. Beyoğlu yangınında ~3000 kagir ve ahşap binanın yandığı tahmin edilmektedir [3].

Resim 3. Büyük Beyoğlu Yangını [URL.6]



Büyük Beyoğlu Yangını, Beyoğlu'nun neredeyse yeniden inşa edilmesine ve çevresinin düzenlenmesine neden olan bir yangındır. İstanbul'da meydana gelen birçok yangından biri olan Beyoğlu yangını, bu yangınlar arasında en büyüğü değildir, ancak yangın konusunda yapılan birçok yeniliğin öncüsü kabul edilmektedir. Özellikle Beyoğlu yangını sonrasında yangın güvenliği, yangın sigortası ve itfaiye teşkilatı konularında çalışmalar yapılmıştır. Bu yangından sonra, yanan alanların yeniden düzenlenmesi için ayakta kalan binalar yıktırılmış ve padişahın emriyle yeni kent planları çizilmiştir. Bundan sonra, Beyoğlu yeni baştan inşa edilmiş ve bugünkü görünümüne bu düzenlemelerden sonra ulaşmıştır. Tulumba ve tulumbacılar konusunda da yeni düzenlemeler yapılmıştır. Bu yenilikler; Beyoğlu'nun yeniden yapılanması, düzenli itfaiye taburlarının oluşturulması, yangın sigortasının yaygınlaştırılması, kagir binaların sayısının artması, Şişli ve Nişantaşı gibi semtlerin önem kazanması olarak sıralanmaktadır [4, 5].

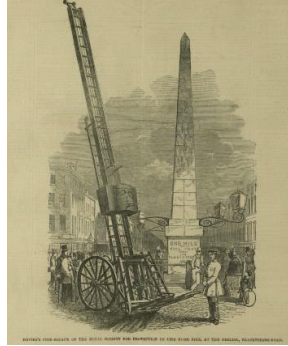
25 Haziran 1870 tarihli bir haberde, Beyoğlu'nda yanan yerlerin çizilen haritasına göre, asıl büyük caddenin Perşembe pazarından başlayacağı, bu yeni caddenin Tepebaşı'ndan ve İngiltere Sefarethane'sinin önünden geçerek ve daha sonra gereken arsalar alınarak Taksim'e kadar uzanacağı ve yanmayan yerlerdeki ahşap evler yenilendikçe her üç evin arasında bir kâgir duvar inşa ettirileceği yazmaktadır. Yanan binaların arsalarına yapılacak olan evlere balkon yapılması kesinlikle yasaklanmıştır. Beyoğlu yangınında yanan yerlerin arsasının tarla yapılarak düzenlenecek haritasına göre, yolların geniş yapılacağı duyurulmuştur. Ancak maddi olanaksızlıklar nedeniyle eski plan esas alınarak, sadece ana yolların genişletilmesine karar verilmiştir. Ayrıca, caddenin iki ucundaki

mezarlıklar kaldırılmış ve bu alanlar parka dönüştürülmüştür. Sonuç olarak, yangından sonra Beyoğlu'nda belli başlı yollar genişletilmiş, büyük caddenin (İstiklal Caddesi) genişliği her iki tarafta yaya kaldırımı olacak şekilde yirmi metreye çıkarılmıştır. Sokaklar, tepeler düzeltilmiş, birçok çıkmaz sokak kaldırılmıştır. Kasımpaşa yeni bir yol ile Beyoğlu'na bağlanmıştır [2].

Binalarda yangın güvenliği konusundaki ilk önlemler dış duvarlarda ve çatılarda alınmıştır. 1800'lü yıllarda az katlı yapılarda yangın kaçışları için yapılan ilk çalışmalar, pencereler ve çatı bölümünde oluşturulan kapaklar üzerinde yoğunlaşmıştır. Çatı kapaklarının amacı, yangın sırasında yapıda bulunan kişilerin yangının etki alanı dışına kaçmalarına fırsat oluştururken, aynı zamanda itfaiyenin çatı ve baca yangınına ulaşmasını kolaylaştırmaktadır [6].

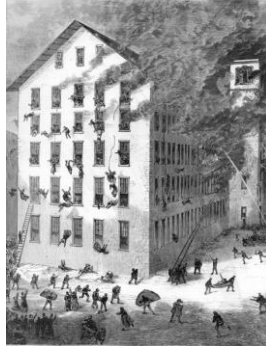
Ancak 19. yüzyılda artan yapı yükseklikleri acil durumlarda yapıyı terk etme koşullarını zorlaştırmış, yangından kaçışlar büyük bir sorun haline gelmiştir. Yapı kullanıcıları az katlı yapılarda olduğu gibi pencere ve çatı kapaklarını kullanamaz durumdadır. Bu nedenle çok katlı yapılar yangın kaçışlarının yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmış ve yangın durumunda yapıdan kaçabilme yolları aranmaya başlanmıştır. Bu dönemde, yangın kaçışları için yapıda çözüm üretmek yerine, dışarıdan müdahale önem kazanmıştır. 1820'li yılların sonlarında, İngiltere'de ilk yangın merdiveni itfaiyeciler tarafından kullanılmıştır. Bu merdivenler, binaların ikinci ve üçüncü katlarına kadar ulaşabilen ve yangın sırasında yapıda bulunanları kurtarmak için kullanılan basit merdivenlerdir. 1836'da kurulan Yangından Yaşamın Korunması Kraliyet Derneği, itfaiyecilerin kullandığı, altında tekerlekleri bulunan hareketli yangın merdivenlerinin sokaklara yerleştirilmesini sağlamıştır (Resim 4) [6].

Resim 4. İngiltere'de kullanılan tekerlekli yangın merdiveni [6]



Yapılarda yangına karşı önlemlerin alındığı yıllara ulaşıncaya kadar, yangınlarda çok ağır sonuçlar ortaya çıkmış ve yangın kaçışlarının önemi bu yangınlarla birlikte yeniden hatırlanmıştır. 1874 yılında Massachusetts'teki Fall River Tekstil Fabrikasında meydana gelen yangında, itfaiyenin yangın merdiveni yapının ancak 2. katına ulaşabilmiş ve bu nedenle 23 işçi pencerelerden atlayarak hayatını kaybetmiştir [6] (Resim 5).

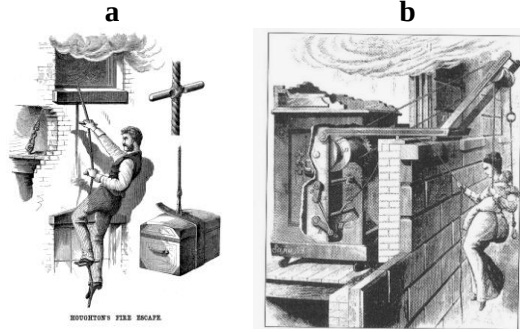
Resim 5. Fall River Tekstil Fabrikası Yangını [6]



Bu dönemde çok katlı yapılar, az katlı yapıların üzerine eklenen 4., 5. ve 6. katlarla oluşturulmuştur. Yangın konusunda farkındalık sağlanması, ilk olarak bu yapılar için yangın güvenliği konusunda yeni düzenlemelerin getirilmesiyle gerçekleşmiş; kullanıcı sayısı, bina yüksekliği, bina işlevi gibi pek çok konuyu ele alan kurallar uygulamaya konulmuştur.

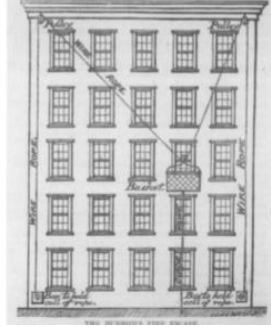
1870'li yıllarda, yangın kaçışları için yeni arayışlar başlamıştır. Yangınlardaki can kayıpları bina kaçışlarının eksikliğini ortaya koymuş ve yangın kaçışı için bazı sistemler tasarlanmıştır. Bu sistemlere ilk örnek olarak, halatlar ve sepetli halatlar verilebilir (Resim 6a, b).

Resim 6. 19.yy'da yangın kaçışı için halatlı öneriler [URL.8, 15]



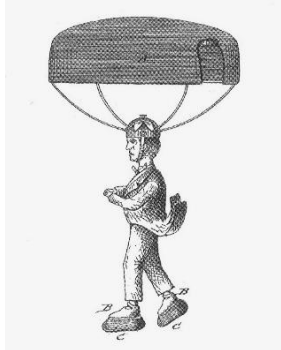
Bu sistemlerden biri olan Burrows Kaçışı'nda, dış cephenin iki köşesindeki çelik halatlara asılı olan sepet, kat boyunca pencereden pencereye hareket ettirilerek kullanıcıların binadan kaçışı sağlanmaktadır. Bu sistem, özellikle yapıya yabancı olan kullanıcıların yoğun olduğu binalar (oteller) için tasarlanmıştır (Resim 7).

Resim 7. Burrows Kaçışı [8]



19. yy'ın ikinci yarısında yangın merdivenleri için alternatif tasarımlar önerilmiştir. Uygulanması en güç olan tasarımlardan biri Benjamin Oppenheimer'in paraşüt şapkası (Resim 8), diğeri ise 1883 yılında, Montgomery C. tarafından geliştirilen, otelin her odasının kendi iç duvarına sabitlenmiş ve pencerede asılı duran halatlarla binayı terk etme önerisidir [7] (Resim 9).

Resim 8. B. Oppenheimer'in paraşüt şapkası [7]



Resim 9. Montgomery C.'nin oteller için yangın kaçışı önerisi [7]



Amerika’da çok katlı yapıların ilk ortaya çıktığı 1861-1871 yılları arasında yeni yapı kodları oluşturulmuş ve 1890’lardan sonra neredeyse her kentin yangın için düzenlediği kurallar uygulanmaya başlanmıştır. Fabrika işçilerini koruma yasalarının ortaya çıkmasıyla işçi güvenliği konuları önem kazanmış ve bu yaklaşım yangın merdivenlerinin artmasını sağlamıştır. Bu dönemde yangın güvenliği için kalıcı düzenlemeler yapılmıştır. İlk olarak 1876 yılında New Universal Cyclopedia’da yangın merdiveni tanımlanmıştır. 1900’lü yıllar öncesinde, New York’ta en yaygın kullanılan yangın merdiveni tipi, yapı cephesine asılı balkon ve tek kollu merdivenden oluşan sistemdir [7] (Resim 10).

Resim 10. 1900’lü yıllar öncesi New York’ta Yangın Merdiveni [URL.9]



Yangın merdivenlerinin yapı cephesine asılı, korunaksız ve demir olarak tasarlanması, birçok kişinin ölümüne sebep olsa da, 1885’te Amerika yapı kodları, yangın merdivenini "dış, açık, demir merdiven" olarak tanımlamıştır [7]. Yapı cephesinde asılı duran bu yangın merdivenlerinin dış mekândan konutlara ulaşım sağlaması, güvenlik önlemlerini gerekli kılmış, kullanıcılar konut pencerelerini çeşitli kafeslerle kapatarak, yangın merdivenlerini belirli bir yükseklikte bitirerek ya da bu merdiven çıkışlarını kilitli kapılarla koruma altına alarak önlem almaya çalışmıştır (Resim 11). Ancak acil durumlarda kafeslerin ve kilitlerin ısı ile deforme olabileceği, kapıların ve pencerelerin kilitli kalabileceği düşünülmemiştir [6].

Resim 11. Yangın Merdiveninde alınan önlem [URL.11]



Franklin Enstitüsü’nün raporuna göre, pencere açıklıklarının hemen yanında yer alan demir balkonlar ve merdivenler, yangında zarar görebilmekte ve kullanılmaz duruma gelebilmektedir. Bu demirler paslanmakta ve soğuk iklim koşullarından etkilenmektedir. Ayrıca, yapı kullanıcıları çoğunlukla yasak olarak belirlenmiş kurallara uymaksızın yangın merdivenlerini oturma, yatma, oyun, çamaşır kurutma alanı olarak kullanmakta, hatta yangın merdivenleri bir film setine dönüşebilmektedir (Resim 12). Bu nedenle 1896 yılında kurulan National Fire Protection Association (NFPA), yangını önleme ve yangından korunma konularında standartlar geliştirerek halkı eğitmeyi de amaçlayan çalışmalar yapmıştır [7].

Resim 12. Yangın merdivenlerinin farklı kullanımı [URL.11, URL.12]



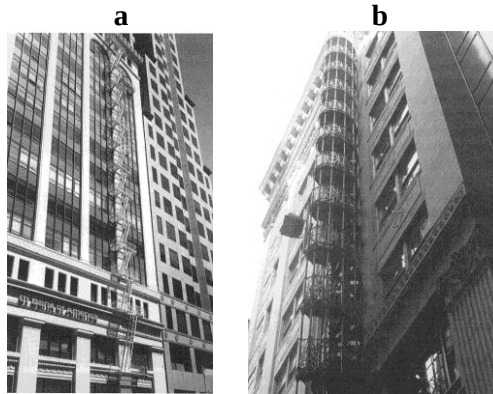
1900'lü yıllarda uygulanan yangın merdiveni örneklerinden biri de, okullarda hem acil durum için hem de oyun aracı olarak kullanılan merdiven olmuştur (Resim 13) [URL.13].

Resim 13. Davis Okulu yangın merdiveni - 1930 [URL.14]



Yapı malzemelerindeki gelişmelerle birlikte, 1900'lü yılların başlarında yangın merdiveni çok az sayıda uzman tarafından gerekli görülmüştür. Genelde binalarda yangın merdiveni yerine, binaların yangına dayanımlı malzemelerle inşa edilmesi fikri savunulmuştur [7]. Bu dönemde birçok yüksek binada, yapı içi merdivenlerle birlikte bina cephesinde yangın merdiveni inşa edilmiş ve yangına dayanımlı malzemelerle binanın yangına karşı korunumu desteklenmiştir (Resim 14).

Resim 14. ABD'de yangın merdiveni örnekleri [7]



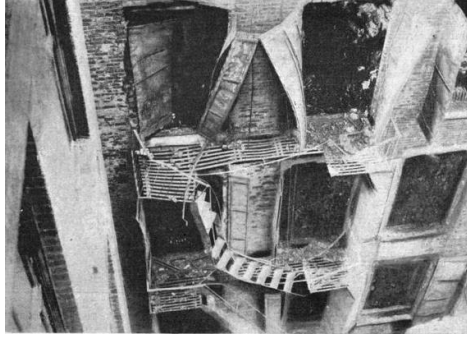
Bu binalardan biri olan ve 1901 yılında inşası tamamlanan Asch binası, sahibi Joseph Asch tarafından "yangına dayanımlı bina" olarak açıklanmıştır [9]. New York'taki bu binanın 8., 9., ve 10. katlarında kurulan, genç ve göçmen kadınların çalıştığı Triangle Waist Tekstil Fabrikası, Max Blanck ve Isaac Harris tarafından 1900 yılında kurulmuştur. 25 Mart 1911 tarihinde fabrikada meydana gelen yangında, yarım saatten kısa bir süre içerisinde 146 işçi hayatını kaybetmiştir. Bu yangın, yüksek yapılarda meydana gelen önemli ilk yangınlardan biridir (Resim 15).

Resim 15. Triangle Fabrikası Yangını [URL.15]



10 katlı binanın son üç katında bulunan Triangle Fabrikasında çıkan yangında, itfaiye merdivenleri binanın ancak 6. katına ulaşabilmiştir [10]. Binanın 8. katında çıkan yangın, 180 işçi arasında paniğe neden olmuştur. Bu kattaki yangın kapılarının kilitli olması nedeniyle işçilerin bir bölümü çatıya çıkmaya çalışmış, bir bölümü camları kırarak yangın merdivenine ulaşmayı başarmıştır. Ancak ulaştıkları yangın merdiveni hem alevlerden zarar gördüğü hem de çok sayıda kişiyi taşıyamadığı için çökmüş ve işçilerin hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Resim 16).

Resim 16. Yangın merdiveninde oluşan hasar [26]



Triangle yangını, binalarda yangın merdiveni ile ilgili standartların bina yüksekliği, işlevi ve kullanıcı sayısı gibi ölçütlere uygun olarak belirlenmesi ve yangın merdivenlerinde kullanılan malzemelerin yangın dayanımlı malzemelerden seçilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

1913 yılında kurulan "The Committee on Safety to Life" kurulu, 1915 yılında "dış merdivenler- yangın merdivenleri" için güvenlik önlemleri artırılmış şartnameler hazırlamıştır. 1923 yılında yayınlanan "The Building Exits Code" ile özel durumlar hariç olmak üzere, yeni binalarda yapılacak dış yangın merdivenleri yasaklanmış ve yapılarda merdiven kulesi yapılmasını öneren bir kitapçık yayınlanmıştır [7]. Bu kod, yangınlarda can kayıplarının azaltılması için 1966 yılında yeni düzenlemeler ve iyileştirmelerle "Code for Safety to Life from Fire in Building" olarak değiştirilmiştir. 1997 yılında yayınlanan bugünkü adı "Life Safety Code" olan NFPA 101, can güvenliği için birçok yeni önlem ve düzenlemelerle birlikte en son 2017 yılında yenilenmiştir.

2000’li yıllarda birçok ülkede yangın yasaları çıkarılmıştır. Türkiye’de de 2002 yılında yürürlüğe giren "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY)" 27.11.2007, 09.09.2009 ve en son 09.07.2015 tarihlerinde revize edilerek bugünkü şeklini almıştır. Bu yönetmelik için İngiltere’nin yangın ile ilgili yasaları ve National Fire Protection Association (NFPA) referans alınarak binaların yangın güvenliğine yönelik çalışmalar yapılmış, yapılarda yangın merdivenleri için standartlar belirlenmiştir. Bu yönetmelikte, kaçış yolları tanımlanmakta, kaçış güvenliği esasları ve kaçış merdiveni düzenlemeleri belirlenmektedir. Yönetmelik içeriğinde; kaçış merdivenlerinin boyutları, yeri ve düzenlemeleri, özellikleri ve kaçış merdiveni havalandırmasından bahsedilmektedir [11].

Ancak yangınlar, yapılarda büyük tehlike olmaya devam etmekte ve can kayıplarına neden olmaktadır. 1974 yılında Londra’da inşa edilen 24 katlı Grenfell Tower konut binasında, 14 Haziran 2017 çıkan yangında 71 kişi hayatını kaybetmiştir. 4. katta başlayan yangın hızla yayılmıştır. Yangın sırasında yapıda ~350 kişi olduğu tahmin edilmektedir (Resim 17) [12].

Resim 17. Grenfell Tower Yangını [URL.16]



Yangın güvenlik uzmanları, yangının bu kadar hızlı yayılmasının nedenini dış cephe kaplaması olarak belirlemiştir. Dış cephe kaplaması, polietilen çekirdekli alüminyum kompozit paneldir. Bu kaplama, diğer alternatif cephe kaplama malzemelerine göre yangına daha az dayanımlıdır. 127 daire bulunan yapının cephe kaplaması 2016 yılında yenilenmiştir. Cephe kaplaması ile birlikte pencereler, ısıtma sistemi değiştirilmiş ve ilk dört kat yeniden düzenlenmiştir. 2017 yılında, bir yıl önce yenilenen konut yapısında meydana gelen yangında ortaya çıkan sonuç, dış cephe kaplama malzemelerinin yanıcılık özelliklerinin önemini ortaya koymuş, bu yangın 2017 yılında dış cephe kaplama malzemelerinin yanıcılık sınıfının önemini anlaşılamadığını göstermiştir. Ayrıca, Grenfell Tower’da can kaybının nedeni olarak, 24 katlı binada yangın merdiveni bulunmaması yanı sıra, iç mekân yapı elemanlarında yangın direnir süresinin yetersiz olması, yangına müdahalenin sınırlı kalması gibi birçok etken olduğu düşünülmektedir. Diğer bir örnek olarak, 13 Aralık 2012 tarihinde İstanbul’da 42 katlı Polat Tower konut binasında meydana gelen dış cephe yangını verilebilir. Bu binanın da dış cephesinde alüminyum kompozit dış cephe kaplaması kullanıldığı bilinmektedir.

3. SONUÇ

Geçmişte meydana gelen birçok yangın, yapılarda yangına karşı alınacak önlemler konusunda yol gösterici olmuş, yangın korunumlu yapı tasarımı konusunda birçok değişiklik yapılmış ve birçok yeni kural getirilmiştir. Özellikle geçmiş yangınlardan elde edilen çıkarımlar ve öğretiler konusunda, yangın kaçışlarına yönelik gelişmeler önemlidir. Ancak, araştırma sonucunda yangına karşı alınan önlemlerin yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir. Yapının işlevi, kullanılan yapı malzemeleri ve mekânsal donanımlar, binanın bulunduğu çevre ve imar koşulları, kullanıcı profili ve sayısı göz önünde bulundurulmadan inşa edilen yapılarda, yangınlar sonucu oluşan can kayıpları, yangına karşı alınmayan veya yetersiz olan önlemlerin göstergesidir.

1666 yılında meydana gelen Büyük Londra Yangını ile 351 yıl sonra aynı kentte meydana gelen Grenfell Tower Yangını değerlendirildiğinde, her iki yangında da; yangına karşı güvenlik

önlemlerinin yeterli düzeyde olmaması, yapılarda yangın kaçışlarının düzenlenmemesi ve yanıcılık sınıfı düşük yapı malzemeleri kullanılması, yangına müdahale sistemlerinin yetersiz olması geçmiş yangınlardan etkin düzeyde kazanım sağlanamadığını göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Gilpin, J., 2013. God's Terrible Voice: Liturgical Response to the Great Fire of London, *Anglican and Episcopal History*, Sayı 82, No. 3, s. 318-334.
- [2] Keyvanoğlu, M.C., 2017. 1870 Büyük Beyoğlu Yangını- 1870 The Great Beyoğlu Fire, *OTAM*, 41, s. 169-190.
- [3] Koçu, R.E., 2005. İstanbul Tulumbacıları, *Doğan Kitapçılık*, İstanbul.
- [4] Baskıcı, M., 2002. Osmanlı Anadolu'sunda Sigorta Piyasası: 1860-1918, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, Cilt 54, Sayı 4, Ankara
- [5] Kılıç, A., Büyük Beyoğlu Yangını, http://www.yangin.org/dosyalar/buyuk_beyoglu_yangini.pdf.
- [6] Van Leeuwen, T.A.P., 2008. Iron Ivy, *Cabinet*, sayı. 32, No. 9.
- [7] Wermiel, S.E., 2003. No Exit: The Rise and Demise of the Outside Fire Escape, *Technology and Culture*, Vol. 44, No. 2, s. 258-284.
- [8] Blair, J., 2008. Fire Escape, *Victorian Review*, Vol. 34, No. 1 (Spring 2008), pp. 52-56.
- [9] Wermiel, S.E., 2000. The Fireproof Building: Technology and Public Safety in the Nineteenth-Century American, *Technology and Culture*, Vol. 42, No. 2 (Apr., 2001), s. 359-361.
- [10] Argersinger, E.A.E., 2009. The Triangle Fire- A Brief History with Documents, *The Bedford Series in History and Culture*, Boston, New York.
- [11] Türkiye Yangından Korunma Yönetmeliği, 2015. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 5. Baskı, İstanbul.
- [12] Ares, E., Potton, E., Wilson, W., 2017. Grenfell Tower fire: Response and tackling fire risk in high rise blocks, *House of Commons Library, Briefing Paper*.

İnternet Kaynakları (Erişim Tarihi: 20.12.2017)

- [URL.1] http://www.sinerjiyangin.com/forum/printer_friendly_posts.asp?TID=32.
- [URL.2] <https://www.japantimes.co.jp/wp-content/uploads/2016/09/f-london-a-20160907.jpg>.
- [URL.3] <https://www.iosh.co.uk/~media/Documents/Networks/Branch/North%20Wales/Branch%20News/Brief%20History%20of%20Fire%20Safety%20Legislation.pdf?la=en>.
- [URL.4] <http://www.alamy.com/stock-photo-city-of-london-plan-of-london-after-the-fire-1666-after-hollar-1944-94506694.html>.
- [URL.5] <http://mapco.net/london/1666wren.htm>.
- [URL.6] <https://i.pinimg.com/736x/4f/69/29/4f6929d85330521f2aa20a6d94fb6934--istanbul.jpg>.
- [URL.7] <https://pbs.twimg.com/media/C1gDVLrXcAgSIso.jpg>.
- [URL.8] https://assets.atlasobscura.com/article_images/37700/image.jpg.
- [URL.9] <https://ak2.picdn.net/shutterstock/videos/6077192/thumb/1.jpg>.
- [URL.10] <https://i.pinimg.com/originals/fe/f3/87/fe3872e1dbd4715cb1825fdb4a02e4.jpg>.
- [URL.11] <https://i.pinimg.com/originals/f7/ef/03/f7ef0388c7560c5ec122346254ec890b.jpg>.
- [URL.12] <https://i.pinimg.com/736x/81/17/6a/81176a4af97f45de14d850962d25985a--nyc-streets-old-apartments.jpg>.
- [URL.13] <https://gizmodo.com/the-secret-history-of-emergency-exits-1602935478>.
- [URL.14] <http://wallawalladrazanphotos.blogspot.com.tr/2017/08/history-of-college-place-public-school.html>.
- [URL.15] <https://trianglefire.ilr.cornell.edu/>.
- [URL.16] <http://prod-upp-image-read.ft.com/152c92ca-52ad-11e7-a1f2-db19572361bb>.
- [URL.17] <https://firenewsfeed.com/incident/162694>.

BİNA CEPHELERİNDE OLUŞAN TASARIM KAYNAKLI BOZULMALARIN İNCELENMESİ

N. Özge ESENER¹
Ömer Ş. DENİZ²

Konu Başlık No: 3

TÜRKÇE ÖZET

Bina tasarımında tasarımcılar, belirlenen performans ihtiyaçlarını karşılayacak estetik, işlevsel ve dayanımlı tasarımlar yapmayı amaçlar. Ancak tasarım sürecinde verilen hatalı kararlar, binanın beklenen hizmet süresi bitmeden, beklenen ihtiyaçları karşılanamamasına ve binanın estetik, işlevsel ve dayanım açısından yetersiz kalmasına, bozulmasına yol açabilmektedir. Bina cepheleri bina sisteminin en sık bozulmaya uğrayan bölümlerinden biridir. Bu çalışmada, bina cephelerindeki bozulmalar, tasarım kararları bağlamında analiz edilerek, bozulmaya yol açan tasarım hatalarının belirlenmesi, sınıflandırılması ve açıklanması amaçlanmıştır. Kaynak taraması ve gözlem tekniği ile belirlenen 30 bina cephesi bozulması incelenmiş ve bu bozulmaların tasarım kararlarıyla ilişkisi kurulmuştur. Bozulmalara yol açan etkiler araştırılmış, bozulmalar sistematik olarak sınıflandırılmıştır. Dış kapı ile pencerelerde, dış duvarlarda ve dış kapı ve pencere ile dış duvar birleşimlerinde bozulmalara yol açan tasarım sorunları saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda tasarım aşamasında yapılan hatalar ve eksiklikler belirlenmiş, önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER

Cephe Bozulmaları, Tasarım Hataları, Bina Cephe Tasarımı, Cephe Performansı

ABSTRACT

Building designers aim to create aesthetic, functional, durable that meet specified performance needs. However, wrong decisions made during the design process can cause building facades to be inadequate in terms of aesthetic, function and durability. Such an inadequacy can be described as the deterioration of the building facades. In this study, it is aimed to determine, classify and explain design faults that can lead to deterioration by analyzing the deterioration of building facades in the context of design decisions. Deterioration in the facades of the buildings was determined by using observation technique and source scanning method in the study. Deteriorative effects, in 30 building facades which have deteriorations originated by design faults, were investigated, and deterioration was systematically classified. Door, window, external wall detailing problems that lead to deterioration were identified and suggestions were made for solutions to these problems.

KEYWORDS

Facade Deterioration, Design Faults, Building Facade Design, Facade Performance

¹ Arş.Gör. N. Özge ESENER, G.T.Ü., Mim.Fak. Mim. Böl., Gebze/Kocaeli, Tel: 0262 605 16 18, ozgeesener@gtu.edu.tr

² Yrd.Doç.Dr. Ömer Ş. Deniz, M.S.G.S.Ü. Mim.Fak. Mim. Böl., Fındıklı 34427 İstanbul, Tel: 0212 1600 / 279, omersdeniz@gmail.com

1. GİRİŞ

Bina cephesi, Hasol'un sözlüğünde “Bir binanın yüzeylerinden her biri; özellikle ön yüz” olarak tanımlanmaktadır [15]. Tarih boyunca bina cepheleri pek çok farklı üslupla tasarlanılmış, farklı sistemlerle üretilmişlerdir. Malzeme ve yapım teknolojilerinin gelişmesiyle farklı işlevler üstlenen ve katmanlaşan bina cephelerinin temel işlevleri şöyle sıralanabilir [1]:

Taşıma: Bina cephesinin, bazı durumlarda, kendi yüküne ek olarak bina bütününe etkileyen yükleri de taşıması gerekebilir.

Koruma: Bina cephesi, yapıyı dış etkilere karşı koruyabilmelidir. İç ortam konforunu sağlamalıdır.

Bitirme: Bina cephesinin estetik fonksiyonlarını karşılayan, insanlar için konforlu ve güvenli yüzeylere sağlayan bitirme yüzeyleri olması gereklidir.

Dağıtma: Servis sistemleri bina cephesinin içerisinde çözülebilmektedir. Servis sistemleri ile bina cepheleri tasarım aşamasında beraber düşünülmediklerinde sonradan yapılan uygulamalar sonucu bina cephesi bozulmaya uğrayabilmektedir.

Çalışmada, literatür araştırması ve gözlem yöntemi ile saptanan 30 tasarım kaynaklı bozulma örneğinin incelenmesi ile bozulmaya neden olan tasarım sorunları belirlenmiş ve detaylı olarak incelenmiştir.

2. BİNA CEPHELERİNDE BOZULMA

Çalışmada, beklenen hizmet süresi dolmadan, tasarımcı tarafından belirlenen işlevleri sağlamada yetersiz kalan bina cepheleri, bozulmaya uğramış cephe olarak kabul edilmiştir [2].

1.1. Bozulma Tipleri

Bina cephelerinde saptanan bozulma tipleri estetik bozulma, dayanımsal bozulma ve işlevsel bozulma olarak üç başlıkta incelenmiştir [2].

Estetik bozulma, bina cephesinin tasarlanan görüntüyü ve estetik etkiyi kaybetmesi olarak tanımlanabilir. Bu değerlendirme yapılırken biçim, ölçek, oran, ritim, renk ve doku gibi tasarım elemanları göz önüne alınabilir [2].

Dayanımsal bozulma, bina cephesinin elemanlarında ve/veya bileşenlerinde meydana gelen deformasyon sonucu, cephenin statik dengesini kaybetmesi olarak tanımlanabilir [2].

İşlevsel bozulma, kullanışsızlık, bina cephesinin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalması olarak tanımlanabilir. Bu ihtiyaçlar yapının konumlandığı yer, çevresi ve bölgenin kültürü gibi faktörler sebebiyle farklılık gösterebilir [2].

1.2. Bozulmaya Neden Olan Etkiler

Estetik, işlevsel ve dayanımsal bozulmaların, bina cephe elemanlarının ve bileşenlerinin, hangi etkilere maruz kalması sonucu ortaya çıktıklarının bilinmesi tasarım eksikliklerinin ve yanlışlarının belirlenmesinde önemlidir. Çalışmada bina cephelerinde bozulma oluşturan etkilere: Fiziksel, kimyasal, jeolojik, biyolojik, mekanik etkiler olmak üzere beş başlıkta incelenmiştir [2].

Bir malzemenin fiziksel özelliği, onun deneylerle ölçülebilen özelliğini (boyut, kütle, hacim, genleşme katsayısı, iletkenlik vb.) ifade eder [3]. Fiziksel etkiler; iklim etkileri (rüzgar, yağış), ısı etkileri, su ve nem etkileri, ses etkisi olarak sayılabilir [2,4] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Dış duvar kaplamasında rüzgar etkisi [17] solda, Cephede dolu yağışı etkisiyle kaplamada bozulma örneği [18] sağda.

Bina cephe elemanlarının ve bileşenlerinin kimyasal özelliklerinde değişime neden olan etkiler, kimyasal etkiler olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda kimyasal etkiler; korozyon, tuzlar, hava etkisi, güneş ışıınımı ve yangın etkileri olarak sıralanabilir [2].

Jeolojik olaylar, yer kabuğu hareketlerinden kaynaklanan olaylar olarak tanımlanabilir. Bina cephelerinde bozulmaya neden olan jeolojik etkiler deprem, toprak kayması, volkanik olaylar, sel ve tsunami olarak sayılabilir [2].

Biyolojik etkiler ise, hayvanların, ağaçların ve diğer bitkilerin, böceklerin, likenlerin, yosunların ve mantarların bina cepheleri üzerindeki bozucu etkileri olarak incelenebilir [2] (Şekil 2.2).

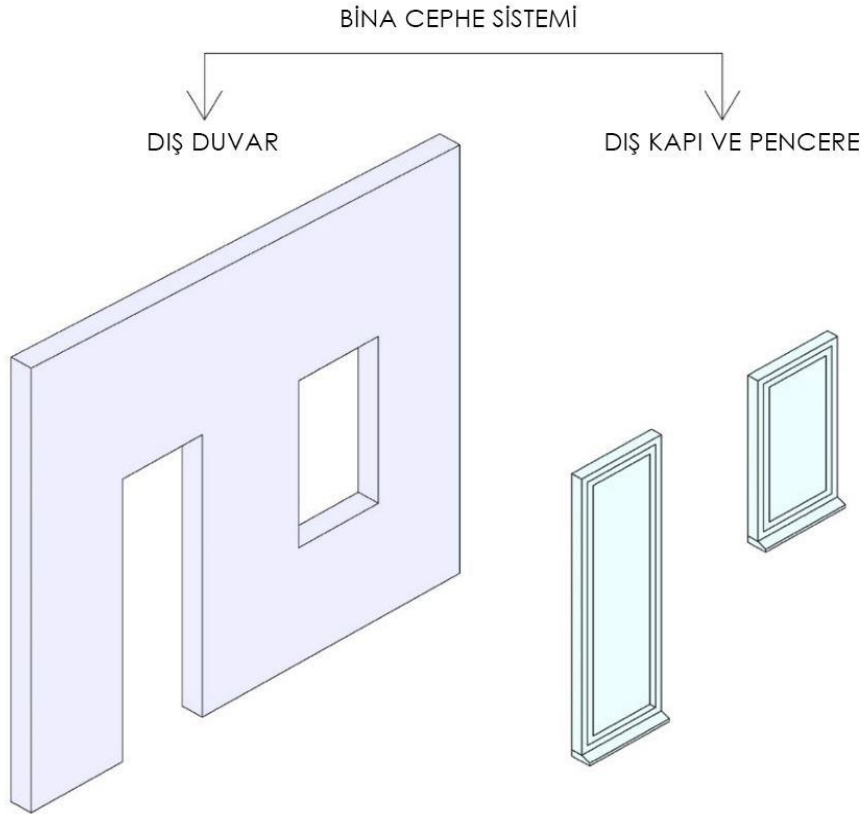


Şekil 2.2 Yıkılan ağacın cephede oluşturduğu bozulma [19].

Malzemelerin yük taşıma, dayanıklılık, esneklik, süneklik gibi özellikleri mekanik özellikleri olarak düşünülebilir [5]. Bu bağlamda cephelerde meydana gelen aşınma, rötire, vandallık gibi etkiler düşey elemanlara etki eden mekanik etkiler olarak sayılabilirler [6].

3. BİNA CEPHELERİNDE BOZULMAYA YOL AÇAN TASARIM KAYNAKLI SORUNLAR

Çalışmada bina cephesi elemanları dış duvar ile dış kapı ve pencere olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1) [2]. Bu elemanların ve birleşimlerinin tasarımlarında verilen yanlış ve eksik kararlar sonucunda ortaya çıkan sorunlar üç ana başlıkta incelenmiştir.



Şekil 3.1 Bina cephe sistemini oluşturan elemanlar [2].

3.1. Pencerelelerde/ Dış kapılarda Bozulmaya Yol Açan Tasarım Kaynaklı Sorunlar

İç ortamla dış ortam arası geçiş, koruma sorunlarını birlikte çözmek amacıyla duvar boşluklarına yerleştirilen elemanlardır. Pencerelelerin ve dış kapıların temel işlevleri geçiş sağlama, koruma ve yalıtım olarak sayılabilir [7]:

Geçiş sağlama: Pencereleler ışık geçişi (aydınlatma), hava geçişi (havalandırma) ve görüş sağlarken; dış kapılar insan ve eşya geçişi de sağlarlar [7].

Koruma ve yalıtım: Pencereleler dış duvarda suya karşı koruma, güneş kontrolü, ısı yalıtımı, ses ve gürültü yalıtımı, görüş kontrolü, hava geçirimsizliği sağlarken; dış kapılar güvenlik, mahremiyet, yangın korunumu da sağlarlar [7].

Dış kapı ve pencereleler kasa, kanat, cam gibi bileşenlerden oluşmasına karşın, çalışmada, kasa ve kanat bir arada “çerçeve” olarak tanımlanmıştır.

3.1.1. Cam ile Çerçeve Birleşim Detayı Sorunu

Cam ile çerçeve birleşim detayında geçirimsizliğin sağlanamaması bozulmaya neden olabilmektedir (Şekil 3.2). Geçirimsizlik hava, su, ısı, ses gibi dış ortam etkilerinin iç ortama kontrolsüz geçişinin cephe elemanları tarafından kontrolünün sağlanması olarak tanımlanabilir. Geçirimsizliğin sağlanamaması ile oluşan kontrolsüz geçişler kullanıcı konforunu olumsuz etkileyebilir. Örneğin; fazla nem sebebiyle bileşenlerde paslanma, küflenme benzeri nem kaynaklı sorunlar ortaya çıkabilir ve durum bu iç ortam hava kalitesini ve kullanıcı sağlığını bozabilir [2].



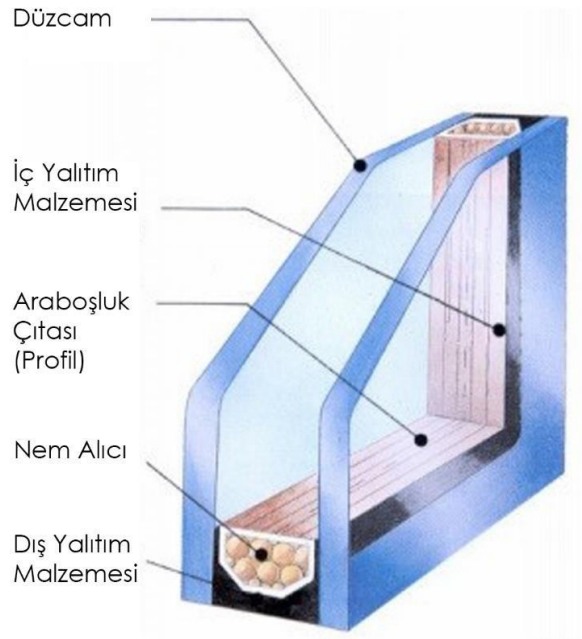
Şekil 3.2 Yağmur sızdıran cam ile çerçeve birleşiminde bozulma [20].

3.1.2. Çerçeve Kesitinin Yetersizliği

Çerçeve kesitinin tasarımı cephe tasarımcısı tarafından yapılmasa bile tasarımcının seçim yaparken ürünün detaylarına hakim olması ve doğru seçim yapması gerekmektedir. Çerçeve kesiti seçiminde ya da tasarımında dikkat edilmesi gereken temel noktalar; bina cephesinin bulunduğu bölgenin hakim rüzgarları, yapının yüksekliği ve çerçeveye etki edecek rüzgar yükleri, kullanılan cam boyutu (camın bindireceği yük), çerçeve bileşenlerinin genleşme katsayıları (gerekli genleşme payları bırakılmalıdır), doğru çerçeve malzemesi seçimi (örneğin ahşap çerçeve için doğru sertlikte ahşap seçilmesi çerçevenin dayanımını artırabilir) [2] [8].

3.1.3. Cam Kesitinin Yetersizliği

Geçmişte ısı yalıtımı için tek camlı pencerelerde cam kalınlıkları artırılırdı [16]. Ancak günümüzde ısı yalıtımı için cam kalınlığını artırmak yerine cam sayısı artırılmaktadır. Günümüzde kullanılan bu ısı yalıtımlı çift cam kesiti ve bileşenleri şekilde ifade edildiği gibidir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Isı yalıtımlı çift cam kesiti [21].

Camların arasındaki boşlukların standartlara göre ölçülendirilmemesi, bu boşlukta nem önleyici malzeme eksikliği, cam kesitinin yetersizliği nedeniyle oluşan bozulmalara yol açabilmektedir [2].

3.1.4. Çerçeve ile Zemin Birleşiminin Yetersizliği

Dış kapı ve pencere çerçevelerinin zemin ile birleşiminde hatalı detaylandırmalar bina cephelerinde; iç ortama hava, su ve böcek sızması, yağmur suyunun uzaklaştırılmasında karşılaşılan problemler, çerçeve malzemesinin genleşme katsayısına dikkat edilmemesi, darbe dayanımı düşük malzeme seçimi, iç mekanda zemin kaplaması ve süpürgelik ile ilişkinin eksik ya da hatalı çözülmesi, damlalık tasarımının yetersizliği olarak sayılabilir [2] (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Denizlikte yağmur suyu birikimi [2].

Zemine sıfır birleşimin getireceği ısı, su ve nem yalıtım problemlerini ortadan kaldırmak için belli yükseklikte subasman tasarımı yapmak faydalı olabilir. Subasman yüksekliğinin düşük tutulması yalıtım tedbirlerinin artırılmasını gerektirebilir.

3.1.5. Çerçeve ile Çatı Birleşiminin Yetersizliği

Çerçeve ile çatı doğrudan birleşmese bile bu elemanlardan birinin hatalı detaylandırılması sonucu diğeri bozulmaya yol açan etkilere maruz kalabilmektedir. Pencerenin yağmur suyu ile temasını engellemek amacıyla çatı saçağı tasarlanabilir, uzunluğu gerekli görüldüğünde artırılabilir. Saçakta biriken kar ise bir diğer problemdir. Karın cephe üzerinden dökülmesi yapının önünden geçen insanlara ya da cephe elemanlarına zarar verebilir. Bu nedenle sert iklimli bölgelerde, karı çatıda tutucu, eridikten sonra oluk ile uzaklaştırıcı sistemler düşünülebilir.

3.2. Dış Duvarlarda Bozulmaya Yol Açan Tasarım Kaynaklı Sorunlar

Dış duvar, binada dış ortamla iç ortamı düşey doğrultuda bölerek ayıran düzlemsel yapı elemanıdır. Bu elemanın temel işlevleri taşıma, ayırma, yalıtma, koruma olarak sayılabilir [7,2]. Dış duvarlarda oluşan tasarım kaynaklı sorunlar dış duvar katmanları üzerinden incelenebilir. Bu katmanlar iç kaplama katmanı, taşıyıcı katman, yalıtım katmanı, dış kaplama katmanı olarak incelenebilir [2].

3.2.1. Taşıyıcı Katman:

Taşıyıcı katman, dış duvara binen yükleri taşıyan, cephenin statik dengesini sağlayan katmandır. Bu katmandaki bozulmalar, aşırı gerilme ve yapısal bileşenlerin kapasitesini aşan yüklerin yüklenmesi sonucu ortaya çıkabilir [2]. Bu katmanda meydana gelen bozulmalar yıkıcı olabilirler. Dış duvar taşıyıcı katmanları yığma/örme, iskelet ve perde taşıyıcılar olmak üzere üç başlıkta incelenebilir [1]:

Yığma/örme taşıyıcılar: Yığma/örme dış duvar taşıyıcıları taş, tuğla, briket, kerpiç, ahşap, gaz beton blok, beton blok gibi malzemelerin üst üste örülmesi ile oluşturulabilmektedir. Yığma cephe taşıyıcılarında tespit edilen tasarım sorunları şunlardır: Düşey derzlerin düzensizliği, dayanıksız

bağlayıcı malzeme seçimi, duvar köşesinde sağlam örgü sağlanamaması, standart tuğla kalınlığının oluşturulamaması, taşıyıcıların düşeyde devamsızlığı, taşıyıcıların yatayda devamsızlığı, dış duvarda oluşturulan boşlukların ve çıkmaların fazlalığı, planın simetrik olmayışı, yönetmeliklere uyulmamasıdır [2,9] (Şekil 3.5).

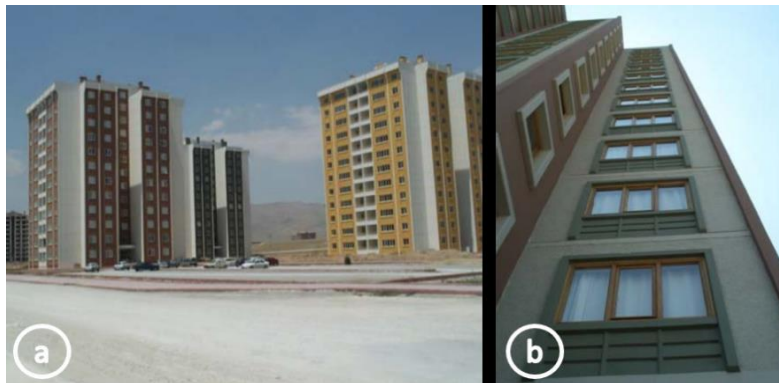


Şekil 3.5 Ekim 2011’de meydana gelen Van Depremi sonrası yığma konut yapısının cephesinde farklı büyüklükte çatlaklar olduğu gözlemlenmiştir [22].

İskelet taşıyıcılar: İskelet taşıyıcı sistemler, cephenin yatay taşıyıcı bileşenlerinin yükleri düşey taşıyıcılara aktarması ile statik dengenin sağlanması prensibine dayanır. İskelet cephe dış duvar taşıyıcıları ahşap ve hafif çelik olarak üretilmektedir. İskelet cephe taşıyıcılarında karşılaşılan tasarım sorunları şunlardır: Ahşabı suya ve neme karşı koruma sorunu, dikmeler arası boşlukların standart ölçülerden fazla olması, dış kapı ile pencere boşluklarını oluştururken yanal destek kullanılmaması, dikmelerin ve panellerin gelişigüzel yerleştirilmesi, yangın yalıtımının yetersizliği, ahşap cinsinin seçimine dikkat edilmemesi, korozyona karşı önlem alınmaması, yangın yönetmeliklerine uyulmaması, birleşimlerin hatalı detaylandırılmasıdır [2,10].

Perde taşıyıcılar: Dış duvarlarda kullanılabilecek perde taşıyıcılar, yerinde dökme beton perde ve önüretimli panel duvar olarak sayılabilir. Bu taşıyıcıların yüzeyleri geniş, kalınlıkları ise azdır. Gerilmeler strüktür kesitinin orta bölgesine paraleldir [1].

Yerinde dökme beton perde taşıyıcılara tünel kalıp sistemle üretilen cephe taşıyıcıları örnek gösterilebilir. Bu taşıyıcılarda karşılaşılan sorunlar: Isı yalıtımı sorunları, ses yalıtımı sorunları, cephede tekdüzeliktir [11] (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Tünel kalıp uygulaması ile oluşturulan tekdüze cepheler(a) ile önüretimli

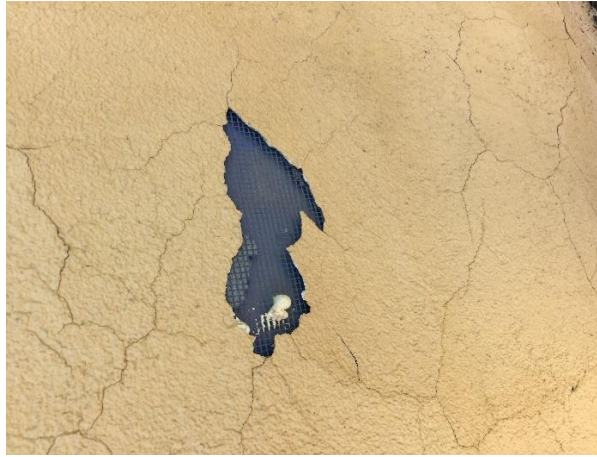
cephe panellerinin tekdüzeliğe etkisi (b) [11].

Prefabrike betonda karşılaşılan tasarım sorunları: Donatı konumlandırması, paslanmaya karşı önlem, yivli duvarlarda kirlenme, birleşimlerde su geçirimidir [10].

3.2.2. Dış Kaplama Katmanı

Dış duvarın atmosfere temas eden yüzeyidir. Bu nedenle mimari konsepti yansıtan, insanlar için güvenli, dış etkilere karşı sağlam, alt katmanları koruyucu olmalıdır. Karşılaşılan tasarım sorunları şöyledir [10] [3]:

- Hatalı renk seçimi, koyu renklerin ısıyı absorbe ederek genişmesi sorunu.
- Sıva kalınlığının yetersizliği (Şekil 3.7), düşük darbe dayanımı.



Şekil 3.7 Sıvada çatlak oluşumu [2].

- Genleşme payının eksikliği, malzemelerin hatalı entegrasyonu.
- Tespit malzemesinin paslanması, hatalı tespit malzemesi seçimi.
- Prefabrike duvar kaplama panellerinde geçirim sorunları, birleşimlerin hassas ölçülendirilmemesi.
- Yönetmeliklere uyulmaması, yanıcı malzeme seçimi.
- Giydirme cephelerde: cephe formuna uygun olmayan kaplama veya dolgu malzemesi seçimi, rüzgar yükünü hesaba katmama, sistemin boyutlandırılmasında hatalar, genleşme derzinin eksikliği sonucu bozulmalar, su ve nem sızması sonucu bozulmalar, güneş etkisiyle bozulmalar, fazla yansıtıcı yüzey yapılarak güneşli havalarda çevredeki yapılara ve insanlara zarar verilmesi, kaplamanın yağmur sularını ve havadaki kiri, tozu tutarak kirlenmesi olarak sayılabilir.

3.2.3. İç Kaplama Katmanı

Dış duvarın iç ortamdaki bitirme yüzeyinin oluşturduğu katmandır. Bu katmanda tasarım sorunları şöyledir [10] [2]:

- ❖ Islak hacimde sızıntılar : Islak hacimlerde, tesisattan sızan sular iç kaplamada kabarma, dökülme, küflenme, soyulma benzeri su ve nem kaynaklı bozulmalar oluşturabilirler.
- ❖ Farklı karakterdeki kaplama malzemelerinin hatalı detaylandırılması: Kimyasal özellikleri, genleşme katsayıları dikkate alınmadan seçilen malzemeler.

- ❖ Subasman yüksekliğinin/yalıtımının yetersizliği: Dış duvarın zemin suyuna ve sıçrama suyuna maruz kalmasına neden olabilir. Duvarda su ve nem kaynaklı bozulmalar (yosunlaşma, çiçeklenme, küflenme, çürüme) ortaya çıkabilir.

- ❖ Damlalık tasarlanmaması: Damlalık eksikliği nedeniyle suyun yönlendirilmesinde sorunlar yaşanabilir.
- ❖ Biyolojik ataklara karşı önlem alınmaması: Böcek ve hayvan girişlerinin önlenememesi kullanıcı konforunu ve cephe boşluğunun temizliğini olumsuz etkileyebilir.
- ❖ Süpürgelik detayının eksikliği: Birleşim noktasının dış etkilere karşı korunmasında süpürgelik detayı gereklidir.
- ❖ Darbeye dayanıksız kaplama seçimi: Dayanıksız kaplamalar darbe aldıklarında bozulmaya uğrayarak alt katmanları korumasız bırakırlar (Şekil 3.9).
- ❖ Su yalıtım detayı nedeniyle dış kaplamada renk değişimi: Su yalıtımının homojen olmayışı yer yer renk değişimlerine sebep olabilir.



Şekil 3.9 Dış duvar ile zemin birleşiminde kaplama ve yalıtım katmanlarında mekanik etki [2].

3.2.6. Dış Duvar ile Çatı Birleşiminde Detay Sorunları

Dış duvar ile çatı birleşim detaylarında karşılaşılan tasarım sorunları aşağıdaki gibidir [12]:

- ❖ Hatalı parapet detaylandırması: Genleşme katsayıları veya kimyasal özellikleri farklı malzemelerin bir arada kullanılmasındaki hatalar sonucu birleşim noktalarından kopmalar, çatlaklar ve korozyon meydana gelebilir (Şekil 3.10).
- ❖ Dış duvarın bacayla aynı düzlemde tasarlanması: Bacanın oluşturacağı nem dış duvarın kaplama katmanında kirlenme yapabilir.



Şekil 3.10 Pasın dış duvarda oluşturduğu kirlenme [2].

3.3. Dış Duvar ile Pencere/Dış Kapı Birleşim Detaylarında Bozulmaya Yol Açan Tasarım Kaynaklı Sorunlar

Dış duvar ile pencere ile dış kapı birleşimleri, dış duvar ile dış kapı veya pencerelerin çerçevelerinin birbirlerine entegre edildikleri detay noktalarında karşılaşılan sorunlar şunlardır [10] [13] [14]:

- ❖ Genleşme payı bırakılmaması.
- ❖ Hatalı silikon detayı: Hatalı silikon detayı/uygulaması.
- ❖ Hatalı denizlik detayı: Denizlik eğiminin yetersizliği sonucu suyun uzaklaştırılması sorunu, denizlik kalınlığının yetersizliği sonucu kırılması (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Kırılmış denizlik [2].

- ❖ Damlalık eksikliği/yetersizliği: Denizlikte damlalık tasarımı yapılmaması sonucu denizliğin kırılması (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Damlalık düzenlenmemiş denizlik altından görünüş [2].

- ❖ Hatalı kör kasa detayı: Kör kasa malzemesinin metal seçilmesi ısı köprüsü oluşumuna sebep olabilmektedir.
- ❖ Çerçevenin konumu: Çerçevenin duvar boşluğunda konumu yalıtım katmanının performansını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir.
- ❖ Hatalı tespit malzemesi seçimi: Genleşme kaynaklı hareketlere izin veren tespit malzemesi seçimi yapmak gerekebilmektedir.
- ❖ Lento kirişinin boyut yetersizliği: Boyutların yetersizliği, açıklıkların geçilmesinde sorunlar oluşturarak birleşim noktalarında dayanım problemleri yaratabilir.
- ❖ Yanal destek eksikliği: Yanal destek eksikliğinde taşıyıcılara fazla yük binebilir ve çerçeve bundan olumsuz etkilenebilir.

4. SONUÇLAR

Bina cephelerinde oluşan tasarım kaynaklı bozulmaların, bozulma odaklı gözlem çalışması ile incelenmesi, bozulmaları oluşturan sebepler, tasarım aşamasında yapılan temel hatalar hakkında pek çok bilgiye ulaşılmasını sağlamıştır. İncelemeler sonucunda bozulmalara yol açan tasarım eksiklikleri ve yetersizlikleri şöyle sıralanmıştır [2]:

- Binayı tasarlayan mimarların detay tasarımı yapmaktan kaçınması ve bu işi yüklenici firmaya bırakması,
- Tasarımcı ile uygulayıcı arasında yeterli koordinasyonun sağlanamaması,
- Uygulama sırasında yapılan son dakika değişikliklerinin tasarımcı tarafından izlenilmemesi,
- Bileşenlerin doğru entegrasyonu hakkında bilgi eksikliği,
- Tasarım aşamasında kullanıcı ihtiyaçlarını belirlemede yetersizlik gözlemlenmiştir.

Eğitimde uygulanabilir detay tasarımının öneminin artırılması, projelerde detay çiziminin tasarımcı tarafından yapılması ve izlenmesi, detay tasarımının yönetmelikler yoluyla zorunlu hale getirilmesi, ortaya çıkan bozulmaların alan çalışmalarıyla incelenmesi ve tasarımcılara geribildirim yapılması ile bu hataların azaltılması, bozulmalara yol açan tasarım eksikliklerine ve yetersizliklerine karşı alınabilecek önlemlerdir.

KAYNAKLAR

- [1] Deniz, Ö. Ş. (2011). Bina Çevreleyici Sistemi. Yalıtım Dergisi. İstanbul.
- [2] Esener, N. Ö., (2018). Bina Cephelelerinde Oluşan Tasarım Kaynaklı Bozulmaların İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Toydemir, N. Gürdal, E., Tanaçan, L., Özkal, S., Doymuş, N. ve Ciravoğlu, Ö. (2000). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür yayınları.
- [4] Zakar, L. (2013). Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Eriç, M. (1994). Yapı fiziki ve malzemesi. Literatür Yayınları.
- [6] Coşkun, D., (1990). Yapı Fiziki Açısından Yapı Hasarları Üzerine Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Deniz, Ö. Ş. (2017). İnce Yapı Bilgisi. Ders Notları. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- [8] Bulut, Ü. (2001). Pencere Doğramalarının Gelişimi-Ahşap Ve Polimer (PVC) Pencere Doğramalarında Tasarım, Üretim Ve Uygulama Hataları. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] Çırak, İ. F. (2011). Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler. SDU International Technologic Science, 3(2), 55-60.
- [10] Hinks, J. ve Cook, G. (2002). The technology of building defects. Routledge.
- [11] Oğuzalp, E. H. ve Korur, S. (2005). Toplu Konut Üretiminde Tünel Kalıp Sistemi Uygulamaları Ve Karşılaşılan Sorunlar. J. Fac. Eng. Arch. Selcuk Univ, 20(3).
- [12] Dereli, M. (2004). Konutlarda Dış Sıva Hasarlarının Çözüm Yolları ve Alternatif Sıva Denemeleri (Konya Örneği). (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [13] Ekinci, S. (2006). Hafif Çelik Yapım Sistemleri: Taşıyıcı Sistem, Yapı Fiziki Etkileri Ve Mimari Tasarım İlkeleri Açısından Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] PİMAPEN. (2004). Montaj Teknik Dokümanı, Teknik doküman. Erişim adresi: <http://www.pimapen.cc/common/kutuphane/montaj.pdf> (Erişim tarihi: 17.12.2018).
- [15] Hasol, D. (2010) Mimarlık ve Yapı Sözlüğü: İngilizce-Türkçe, Türkçe-İngilizce. Yapı-Endüstri Merkezi.
- [16] İzgi, U. (1983) Pencere(c. 1-2). Yay Yayıncılık. İstanbul.
- [17] <<https://carlsonexteriors.com/category/storm-damage/>>, erişim tarihi 11.12.2017.
- [18] <<https://i.pinimg.com/originals/39/b3/7a/39b37a900c200268ead6b79cfbc4b378.jpg>>, erişim tarihi 11.12.2017.
- [19] <https://d2g8igdw686xgo.cloudfront.net/19176592_1490502922.0642_funddescription.jpg >, erişim tarihi 11.12.2017.
- [20] <<http://feldco.i8tsowwc5dyxskt.netdna-cdn.com/img/window-seal.jpg>>, erişim tarihi 06.09.2017.
- [21] <http://www.izoder.org.tr/dosyalar/yalitim_cami_uniteleri.pdf>, erişim tarihi 02.10.2017.
- [22]<http://www.yapi.com.tr/haberler/van-kirsali-icin-kapsamli-bir-modelonerisi_100022.html>, erişim tarihi 07.11.2017.
- [23] <<https://i0.wp.com/dekordelisi.com/wp-content/uploads/2017/03/boyak%C3%BCf%C3%BC.jpg?resize=1000%2C500&ssl=1>>, erişim tarihi 15.11.2017.

KİL ESASLI YAPI MALZEMELERİNİN ÇATI VE CEPHELERDE GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI

Ezgi Yıldırım¹

Konu Başlık No:1 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

TÜRKÇE ÖZET

Tarih boyunca bilinen ilk yapı malzemesi kil olmuştur. İnsanlar toprağı yapıda kullanabilmek için onu biçimlendirip dayanıklı hale getirmiş, kerpici bulmuştur. Kerpiç geliştirilerek killi toprağın pişirilmesiyle uzun ömürlü ve dış hava koşullarına daha dayanıklı ilk tuğla gereci ortaya konmuştur. Tuğlanın ilk kullanımı milattan önceki dönemlerde Türkiye’de Çatalhöyük Antik Kenti’nde ve Filistin’de Erika Antik Kenti’nde görülmektedir. Sonrasında eski Mezopotamya, Mısır, Roma, İran ve Çin, Kuzey ve Orta Avrupa ve Anadolu’da olmak üzere tüm dünyada kullanımı yaygınlaşmıştır. Doğada bulunan malzemenin belirli bir biçime getirilmesi, binalarda kullanılması, sağlıklı olması ve geri dönüştürölüp tekrar kullanılması bu malzemenin sürdürülebilir bir malzeme olduğunun kanıtıdır. Geçmişten günümüze yapı teknolojisinin gelişimiyle birlikte tuğlanın masif kullanımı yerini farklı ebatlarda, uygulaması kolay ve daha estetik sistemlere bırakmıştır. Bu sistemler, statik, ısı, ses, yangın ve estetik açıdan binalara daha yüksek performans kazandırır ve kullanıcılara yüksek konfor koşulları sunar. Çalışmada, tuğla ve kiremitin geçmiş ve günümüzde çatı ve cephede kullanımı, sürdürülebilirlik açısından önemi ve gelecekte ne gibi yeniliklere sahip olacağı analiz edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE

Tuğla, sürdürülebilirlik, performans, yapı teknolojisi, yenilikler.

ABSTRACT

Throught history, clay is one of the oldest known first building material. Clay was formed as more resistant and sun dried mud brick were found by people. With the improvement and burning of sun dried mud brick, the long lasting and more resistant to harsher weather conditions brick was produced. The first usage of brick was seen in Çatalhöyük Ancient City and Jericho Ancient City in B.C. Subsequently, brick use has been spreading around the word such as Mesopotamia, Egypt, Roman, Iran and China, North and Middle Europe and Anotalian. Forming natural material, using in buildings, being healthy, recycling and reusing are the evidence of sustainable material of brick. From past to present, due to the development of building technology, use of solid wall of brick give place to different sizes, easy to install with more aesthetics systems. This systems provides high performance of statics, thermal, sound, fire, aesthetics and high comfort conditions to users. The study analyses includes brick and tile usage on the roof and facade in past and present, the importance of sustainability and innovations of future.

KEYWORDS

Brick, sustainability, performance, building technology, innovations.

¹ Mimar Ezgi Yıldırım, İTÜ FBE ÇKY Yüksek Lisans Programı öğrencisi, 0537 469 36 36, ezgiyldrm91@gmail.com

1.GİRİŞ

Mimarlıkta yapıyı bir araya getiren tüm elemanlardan her biri (temeller, duvarlar, kolonlar, kirişler, döşemeler, merdivenler ve çatılar) çeşitli yapı malzemeleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Ahşap, doğal taş, kil, metal, cam, plastik esaslı malzemeler ve bağlayıcı (alçı, çimento, kireç) malzemeler belli başlı yapı malzemeleri olarak tanımlanmaktadır [1].

Kil, aslı alüminyum silikası olan geçirimsiz ince taneli toprak olarak tanımlanır. Kil kuruduğu zaman büzülen, ıslandığında hacmini artıran ve sıkıştırıldığında suyunu veren plastik bir topraktır [2]. Kerpiç, seramik, tuğla ve kiremit kil esaslı yapı malzemeleridir. Bu çalışmada özellikle tuğla ve kiremit yapı malzemeleri incelenmektedir.

Tuğla, duvar örmekte kullanılmak üzere kalıplara dökülüp kurutulduktan sonra harman ocağı ya da fırınlarda pişirilen toprak gereçlere verilen isimdir [2]. Tuğla yapımında kullanılan kil içindeki kum oranı yüksek olan kildir. Bu killerin içindeki kum, demir oksit, kalker, organik maddeler ve tuz yüzdeleri tuğlanın mukavemetini, su emmesini, şekil ve görünümünü ve kalitesini yüksek ölçüde etkilemektedir [3]. Kiremit ise çatıları kaplamakta kullanılan, birbirinin kenarına binip suyu alta geçirmeden akıtacak biçimde yapılmış çoğu pişmiş topraktan, cam, beton ve metalden de üretilen gereç olarak tanımlanmaktadır [2]. Bir çatıda uygulanacak olan kiremitler düzgün yüzeyli bir görünüşte olmalı, yüzeyinde çatlak, kırık ve renk farklılıkları olmamalıdır. Ölçülerine uygun olmalı, su emme oranı, eğilme dayanımı ve donatı dayanıklılık gibi performans özellikleri dikkate alınmalıdır [3].

Binayı meydana getiren malzemelerin seçimi sürdürülebilirlik açısından büyük rol oynamaktadır. Kil esaslı yapı malzemelerin ham maddesinin toprak olması, malzemenin sağlıklı olması, gösterdiği yüksek ısı yalıtımı sayesinde binalardaki enerji etkinliğini artırması, uzun süreli bir kullanıma sahip olması ve malzemenin geri dönüştürülebilir olması sürdürülebilirlik açısından yüksek performanslı malzeme olduğunu göstermektedir.

Çalışmada, kil esaslı malzemelerin geçmişten günümüze olan süreci analiz edilmiştir. Yapı teknolojisinin gelişimi ile birlikte malzemenin kullanımı farklılaşmış, günümüzün kullanıcı konforuna cevap veren, gerekli performans özelliklerini karşılayan, modern mimariyi yansıtan ve estetik açıdan farklı görünüm sağlayan çatı ve cepheler oluşturmuştur. Bu sebeple çalışmada, kil esaslı malzemelerin çatı ve cephelerdeki gelişimi çeşitli örneklerle anlatılmış, teknik bilgileri ve detayları açıklanmıştır. Çalışma çatı ve cephelerde kil esaslı yapı malzemelerin yeri ile ilgili yapılacak olan ileriki çalışmalara yol gösterici olacaktır.

2. KİL ESASLI YAPI MALZEMESİ ÇEŞİTLERİ

Tuğla ve kiremit bu çalışmada incelenen kil esaslı malzemelerdir. Tuğlalar kullanıldığı yere, şekline, pişirilme özelliklerine göre sınıflara ayrılmaktadır. Temel olarak yatay ve dikey delikli tuğlalar, dış baca tuğlaları, asmolenler, klinker tuğlaları ve taban tuğlaları olarak çeşitlenmektedir. Cephelerde kullanılan tuğlalar yatay ve dikey delikli tuğlalar ve klinker tuğlaların farklı çeşitleridir. Bunlar şu şekilde belirtilmektedir: [2, 4,5]

Yatay ve dikey delikli tuğlalar: Tuğla bloğunda belirli ölçülerde deliklere sahip elemanlardır. İçindeki deliklere perlit, mineral yün, taş yünü gibi malzemeler yerleştirilerek yüksek ısı ve ses performansı yaratır. Böylelikle duvar kesitinde ek yalıtım malzemelerine gerek duyulmadan uygulama tamamlanır. Bu tuğlalar bu özellikleri sebebiyle cephe kabuğunda yalıtımı sürdürülebilir kılar (Şekil.1).



Şekil.1. Türkiye’de ve Avrupa’daki delikli tuğlalar [4,5,6]

Klinker tuğlalar: Sinterleşmeye kadar pişirilmiş, birim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek, dona dayanıklı tuğlalardır. Genel olarak en çok kullanılan türleri pres, kaplama, terracotta türleridir. Pres, kaplama ve terracotta türleri boyutları, üretim aşaması, uygulama yönetimi, performans özelliklerine göre birbirinden farklılaşmaktadır [2,5,6] (Şekil.2).



Şekil.2. Pres, kaplama ve terracotta klinker tuğlaları [5]

Kiremitler, şekil, boyut ve çatıda kullanıldığı yere göre alaturka kiremit, mahya kiremidi, makine kiremidi, marsilya tipi kiremit, pul kiremit, yassı kiremit diye temel olarak çeşitlenmektedir [2] (Şekil.3)

Şekil.2. Alaturka, marsilya tipi ve mahya kiremiti [4,5]

Geçmişten günümüze yukarıda anlatılan tuğla ve kiremit çeşitlerine binaların cephe ve çatılarında sıkça rastlanmaktadır. Çalışmanın aşağıdaki bölümlerinde ise örnek görseller üzerinden bu çeşitlerin çatı ve cephede kullanımları incelenecektir.

2.KİL ESASLI YAPI MALZEMESİ GELİŞİMİ

2.1. Kil Esaslı Malzemelerin Cephede Kullanımı

İnsanlık tarihinin bilinen ilk yapı malzemesinin kil olduğu milattan önceki tarihlerden günümüze kalan Çatalhöyük ve Erika Antik Kenti ve Babil Kulesi kalıntılarına bakıldığında açıkça görülmektedir (Foto.1,2). Çatalhöyük ve Erika Antik Kentlerinde olduğu gibi ilk kullanımlar güneşte kurutulmuş kerpiç elemanlar şeklindedir. Kerpiğin dayanıklı olmaması, dış hava koşullarından çabuk etkilenmesi killi toprağın pişirilmesini gerektirmiştir. Dünyanın 7 harikasından biri olan Babil Kulesi pişmiş tuğlanın sistemli ve düzenli kullandığı ilk bina olarak kabul edilir [7,8]. (Foto.1,2)

Foto.1. Çatalhöyük Antik Kenti M.Ö 7400-6200 [9] Foto.2. Babil Kulesi M.Ö. 600 [10]

Milattan önceki dönemde Eski Mezopotamya(Asurlular, Persler, Sasaniler vb.), Antik Mısır, Antik Roma ve Antik Yunan'da toprağın kullanımı yaygınlaşmıştır. Milattan sonra Selçuklular döneminde İran'da, Gotik Mimari ile Avrupa'nın birçok ülkesinde tuğlanın farklı kullanımları görülmektedir [7,8] (Foto.3,4).

Foto.3. Tuğrul Bey Kulesi, İran 12yy. [11]



Foto.4. Kathedral Binası, Almanya 15 yy. [12]



Tuğlanın masif ve kalın kesitte kullanımı yerini daha küçük boyutta ve var olan duvarın önüne arada hava boşluğu bırakılarak ve yalıtım katmanı eklenerek örülmesi tekniğine bırakmıştır. Böylelikle duvar bloğunun ısı ve neme karşı direnci artırılmış ve performansı yükselmiştir. Ayrıca dış duvarda tuğlanın boşluklu kullanımı ve amorf kullanımı estetik açıdan farklı bir görünüm yaratmakta ve modern mimarinin çizgilerini sergilemektedir (Foto.5,6)

Foto.5. Kurukahveci Mehmet Efendi, Türkiye [13]



Foto.6. Dr Chau Chak Kanat Binası, Avustralya[14]



Tuğlanın cephelerde ve iç mekânlarda daha kolay kullanımını ve estetik açıdan görünümünü iyileştirmek amacıyla ince kesitli ve farklı doku ve renklerde kaplama tuğlası geliştirilmiştir. Bina cephelerinden ısı ve ses yalıtımı, mekanik dayanım, su ve nemden koruma performanslarının bekleniyor olması kaplama tuğlasının arkasında cam elyafı beton, XPS(Ekstrüde polistiren), EPS(Ekspande polistiren) gibi yardımcı malzemelerle kullanımını yaygınlaştırmıştır (Foto,7,8).

Foto.7.Termeh Ofis Binası, İran- Tate Modern Müzesi Eklenti Binası, İngiltere- Hilton Garden Inn Oteli, Sivas [15,16,13]



Foto.8.Güney Asya İnsan Hakları Merkezi, Hindistan- Mum Evi, İngiltere-Butik Otel Binası, Güney Kore [18,19,20]



Tuğlaların yüksek derecelerde pişirilmesi ve farklı üretim teknikleriyle üretilmesi yüksek mukavemete sahip daha büyük boyutlu paneller üretilmiştir. Bu paneller binaların cephelerinin daha dayanıklı olmasını sağlamış, uzun ömürlülüğü sayesinde binalarda bakım onarım maliyetini azaltmış, farklı renk ve boyutlarıyla cephelerde daha farklı çizgiler oluşturmuştur. Bu teknik ile bina cephelerinde güneşin etkisini azaltmak ve kontrollü güneş kullanımını sağlamak amacı ile de güneş kırıcı elemanlar da üretilmektedir (Foto.9,10,11,12).

Foto.9 .Yüksek Hızlı Tren Garı, Ankara [13]



Foto.10. Üniversite Binası, Amerika [21]



Foto.11. Okul Binası, Fransa [21]

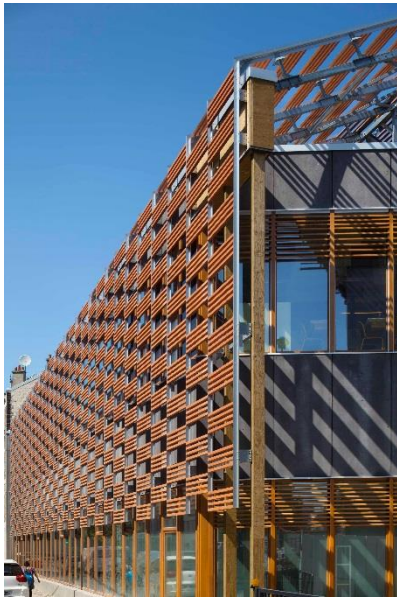
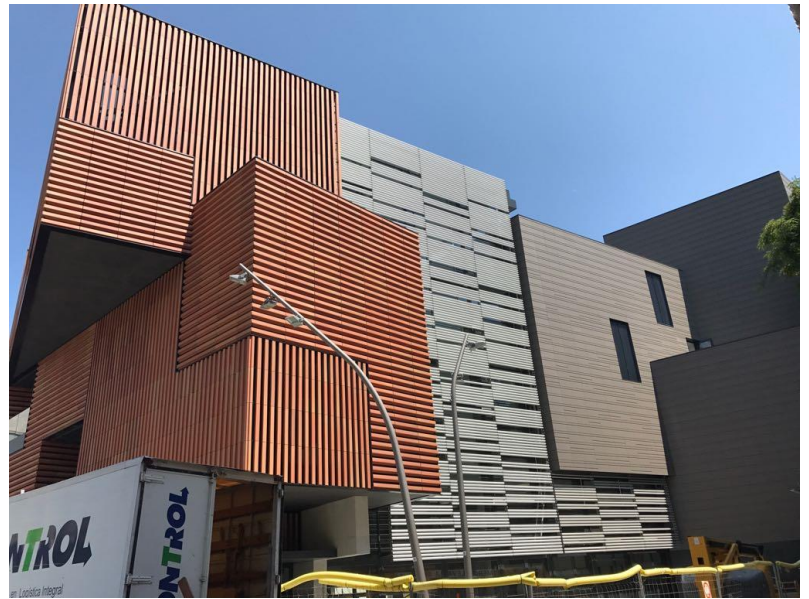


Foto.12. Avm Binası, İspanya [22]



2.2. Kil Esaslı Malzemelerin Çatıda Kullanımı

Millattan önceki zamanlarda pişmiş tuğla kullanımının yaygınlaşması çatı malzemesi boşluğu yaratmıştır. M.Ö. yy'da Korintler Konkav kiremitini bularak çatılarda kil kullanımını geliştirmişlerdir. Yuvarlak bir şekle sahip bu kiremitler günümüzdeki kiremitlere göre daha kalın ve daha büyük en ve boyuttaydılar. Sonraki dönemlerde kiremit Yunanlılar tarafından geliştirilmiş, ardından Romalılar Yunan kiremit formlarını değiştirip üretim kalitesini artırmışlardır [8]. Kil esaslı malzemenin geçmişten günümüze çatılarda kullanımı teknolojinin getirdiği avantajlarla fabrikalarda yüksek teknolojili makinelerle renk, doku, boyut seçeneklerini artırmış ve binayı her türlü dış hava koşullarına karşı koruyan, yüksek ısı yalıtımı sağlayan, mekanik dayanımı yüksek, yangına karşı dayanıklı ve hatta solar enerjiyi kullanır hale getirmiştir (Foto 13,14,15).

Yüksek teknolojinin getirdiği avantajlar hem cephede hem çatıda kil esaslı malzeme kullanımı yaygınlaşmış ve günümüz mimarisine yeni görünümler katmıştır (Foto 16).

Foto 13.Özel Konut, Antalya [13]



Foto 14.Özel Konut, Konya [13]



Foto 15. Solar enerjili kiremitler [23]



Foto.16. Konut Yapısı, Danimarka [24]



3. KİL ESASLI MALZEMELERİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI

Doğada bulunan malzemenin belirli bir biçime getirilmesi, binalarda kullanılması, sağlıklı olması ve geri dönüştürülüp tekrar kullanılması bu malzemenin sürdürülebilir bir malzeme olduğunun kanıtıdır. Genel olarak tuğla ve kiremit fabrikaları ham maddeye yakın konumlanır. Doğal kaynakları tedbirli bir şekilde kullanır. Üretimden kaynaklı atıklar yürüme alanlarında, tenis kortlarında, mahya renklendirmede, saksı diplerinde değerlendirilmektedir. Yanlış veya hasarlı üretimler ham maddeye eklenip yeni ürünler meydana getirilmektedir. Böylelikle atık malzemeler tekrar geri dönüştürülebilir ve yeni üretim için gereken ek enerji tüketimi yapılmamış olur [4,5].

Tuğla ısıyı içerisinde depolayan bir malzeme olduğundan bu malzemeyle oluşturan duvarlarda ısı köprüsü sorunu en aza indirgenir. Soğuk havalarda bina içindeki sıcak hava dışarıya iletilmez, sıcak havalarda ise dış ortamdaki sıcak hava içeri iletilmez. Böylelikle, binalarda enerji kullanımı azalır ve sürdürülebilir bir binanın temel prensibi olan enerji etkinliğine katkı sağlanmış olur [4,5].

Tuğlaların geçmişten günümüze gelişimi ve değişimi yukarıdaki kısımlarda anlatılmıştır. Bu gelişime ek olarak, gün geçtikçe gelişen teknolojinin getirdiği avantajlar ile yüksek ses yalıtımı sağlayan akustik tuğlalar, ısı performansı daha yüksek ürünler, daha büyük ve uzun ürünler, yığma binalar için özel detay tasarımları ve büyük boyutlarda kompakt cephe sistemleri geliştirilmesi bekleniyor. Kiremit açısından bakıldığında çatıda daha farklı dizaynda ve daha büyük elemanlar geliştirilmesi hedeflenmektedir [4,5].

5.SONUÇ

“Kil Esaslı Malzemelerin Geçmişten Günümüze Çatı ve Cephe Sürdürülebilir Kullanımı” konulu bu çalışmada öncelikle kilin tanımı, yapı malzemeleri arasındaki yeri ve çeşitleri sunulmuştur. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde kil esaslı ürünlerden tuğla ve kiremit daha detaylı aktarılmış, bina cephe ve çatısında

kullanılan türleri açıklanmıştır. Bu türler çeşitli proje örnekleriyle anlatılmış ve kil esaslı malzemelerin mimarideki yeri ve önemi gösterilmiştir. Sonuç kısmında ise kil esaslı malzemelerin sürdürülebilirlik açısından önemi ve kullanımı ve gelecekteki yeri belirtilmiştir.

Geçmişten günümüze; tuğlanın masif ve kalın kesitte kullanımı yerini daha küçük boyutta ve duvar performansını artıracak şekilde evrilirken estetik açıdan da modern mimarinin çizgilerini sergileyebilmektedir. Teknolojik olanaklara bağlı olarak büyük boyutlu paneller üretilebilmekte, bu da beraberinde cephe iyileştirmelerine katkı getirmektedir. Çatılarda ise kiremitlerin renk, doku, boyut seçenekleri artmış ve binayı her türlü dış hava koşullarına karşı koruyan, yüksek ısı yalıtımı sağlayan, mekanik dayanımı yüksek, yangına karşı dayanıklı hale getirmiş ve günümüz mimarisine yeni görünümler katmıştır. Kil esaslı malzemeler kullanımı ile genelde binalarda enerji kullanımı azalmış, sürdürülebilir bir binanın temel prensibi olan enerji etkinliğine katkı sağlanmıştır. Çalışmada sunulan bilgiler, kil esaslı malzemelerin mimarlık dünyasında daima yer alacağını desteklemektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., 2000. “Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme”, Literatür Yayıncılık, İstanbul
- [2] Hasol, D., 2010. “Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü”, YEM Yayın, İstanbul
- [3] Özışık, G., 2000. “Yapı Mühendisliğinde Tuğla Elemanlar ve Yapı Sistemleri”, Birsan Yayınevi, İstanbul
- [4] İNTERNET, <http://www.tukder.org/> , Erişim Tarihi: 25.01.18
- [5] İNTERNET, <http://www.isiklartugla.com.tr/> , Erişim Tarihi: 25.01.18
- [6] İNTERNET, <https://www.ziegelzentrum.eu/>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [7] İNTERNET, “The History of Bricks and Brickmaking”
http://www.brickdirectory.co.uk/html/brick_history.html, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [8] İNTERNET, “Tuğla ve Kiremit Tarihçesi”, <http://tukder.org.tr/wp-content/uploads/tugla-ve-kiremit.pdf>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [9] İNTERNET, <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR,46251/catalhoyuk-neolitik-kenti-konya.html>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [10] İNTERNET, <http://www.ancient-origins.net/myths-legends/gateway-heavens-assyrian-account-tower-babel-001751>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [11] İNTERNET, <http://www.arkeolojikhaber.com/galeri-irandaki-selcuklu-yadigari-tugrul-bey-kulesi-119/sayfa-9/>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [12] İNTERNET, <http://www.muenchen.de/int/en/sights/churches/cathedral-church-of-our-lady.html>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [13] İNTERNET, <http://www.isiklartugla.com.tr/tr/projeler/all-all-79.html>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [14] İNTERNET, <https://brickworksbuildingproducts.com.au/portfolio-posts/dr-chau-chak-wing-building/>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [15] İNTERNET, <https://www.archdaily.com/788959/termeh-office-commercial-building-farshad-mehdizadeh-architects-plus-ahmad-bathaei>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [16] İNTERNET, <https://www.archdaily.com/788076/tate-modern-switch-house-herzog-and-de-meuron>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [17] İNTERNET <http://www.isiklartugla.com.tr/tr/projeler/2-all-all-all.html>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [18] İNTERNET <https://www.archdaily.com/58519/south-asian-human-rights-documentation-centre-anagram-architects>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [19] İNTERNET, <http://cjtstudios.com/work/residential/candle-house/>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [20] İNTERNET, <https://www.archdaily.com/800416/bombom-boutique-hotel-architecture-studio-yein>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [21] İNTERNET, <https://argeton.com/products/aubagne>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [22] İNTERNET, <https://tr.pinterest.com/holabarcelonanl/modern-architecture-in-barcelona/>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [23] İNTERNET, <http://materialicious.com/2010/06/solar-roof-tiles-from-tegolasolare.html>, Erişim Tarihi: 25.01.18
- [24] İNTERNET, <https://www.archdaily.com/803510/kroyer-square-vilhelm-lauritzen-architects-pluscobe>, Erişim Tarihi: 25.01.18

EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARINDA ISI YALITIM KATMANI KONUMUNUN BİNA ENERJİ PERFORMANSINA ETKİSİ

Kübra Sümer Haydaraslan 1¹

Sibel Maçka Kalfa 2²

Ersin Haydaraslan 3³

Yalçın Yaşar 4⁴

Konu Başlık No: 1 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının yakın gelecekte tükenmek üzere olması binalarda enerjinin verimli kullanımını gerekli kılmaktadır. Enerji verimliliğinin sağlanılmasında binaların atmosferik koşullara açık bina kabuğu elemanlarından gerçekleşen ısı kayıp ve kazançları binaların yıllık ısıtma ve soğutma yüküne önemli oranda etki etmektedir. Bu bağlamda bina kabuğu elemanı olan çatılarda alınacak önlemlerle binanın ısıtma ve soğutma yükünün azaltılması ve bina enerji performansının artırılması sağlanabilmektedir. Bu çalışmada eğimli çatı konstrüksiyonlarında çatı aralarının kullanım durumuna göre; çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu, çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu, çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu olmak üzere üç tip eğimli çatı konstrüksiyonu ele alınmıştır. Her bir çatı konstrüksiyonunda ısı yalıtımının taşıyıcı ile konumsal ilişkisine göre senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryolar Trabzon’da olduğu düşünülen bir konut binası için DesignBuilder bina enerji simülasyon programı yardımı ile simüle edilmiştir. Oluşturulan senaryoların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri elde edilmiş ve çıkan sonuçlar bina enerji performansı ve fiziki avantaj ve dezavantajlar açısından değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Eğimli çatı konstrüksiyonu, Çatı arası, Isı yalıtımı, Bina enerji performansı

ABSTRACT

The efficient use of energy in buildings is important as non-renewable energy resources are about to run out in the near future. One of the measures to be taken for energy efficiency is to reduce annual heating and cooling loads which consist of building envelope elements open to the atmospheric conditions of buildings and which make it possible to assess the building energy performance. It is important to reduce the annual heat loss and gains in roofs, which have a significant role in heat loss and gains in building envelope, in order to increase building energy performance and use energy efficiently. In this study, three different pitched roof structures were investigated according to the use of attic: pitched roof structure in which attic is not used, pitched roof structure in which attic is used and pitched roof structure in which attic is partially used. Scenarios were created for each roof structure according to the positional relationship of thermal insulation. The created scenarios were simulated by using DesignBuilder building energy simulation software for a residential building

which is thought to be situated in Trabzon province, Turkey. The annual heating and cooling load data of the created scenarios were obtained and the data were assessed in terms of both energy efficiency and physical advantages and disadvantages.

KEYWORDS

Pitched roof structure, Attic, Thermal insulation, Building energy performance

- ¹ Arş.Gör. Kübra SÜMER HAYDARASLAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, 61080/Trabzon, Tel:+90(462) 377 16 25, kubrahaydaraslan@ktu.edu.tr.
- ² Yrd. Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, 61080/Trabzon, Tel:+90(462) 377 16 19, sibelmaçka@ktu.edu.tr.
- ³ Öğr. Gör. Ersin HAYDARASLAN, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, 53100/Rize, Tel:+90(464) 228 00 22, ersin.haydaraslan@erdogan.edu.tr.
- ⁴ Prof. Dr. Yalçın YAŞAR, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, 61080/Trabzon, Tel:+90(462) 377 20 50, yyasar@ktu.edu.tr.

1.GİRİŞ

Binalarda enerji verimliliği günümüzün en önemli konularından biridir. Enerji verimli bina tasarlamak ve bu konuda gerekli önlemleri alabilmek için binaların enerji verimliliğine katkısı olan etmenlerin bilinmesi gereklidir. Bina kabuğu atmosferik koşullara açık olduğu için bina kabuğunu oluşturan opak ve saydam elemanlarda alınacak konstrüksiyonel önlemlerle binaların enerji verimlilik performansında iyileştirmeler sağlanabilmektedir [1-4]. Bu bağlamda binanın atmosferik koşullara açık elemanı olan çatılarda binaların enerji verimliliğini artırmak için alınabilecek önlemler birçok çalışmanın odak noktası olmaktadır [5-9]. Çatıların bina enerji performansına etkileri üzerine yapılan çalışmalarda farklı çatı konstrüksiyonlarını oluşturan katmanların tipi, boyutsal özellikleri ve konumu gibi parametreler değiştirilerek bu değişimlerin bina enerji performansına etkileri incelenmekte ve yapılan iyileştirmelerin binanın enerji verimliliğini ne oranda arttırdığı değerlendirilmektedir.

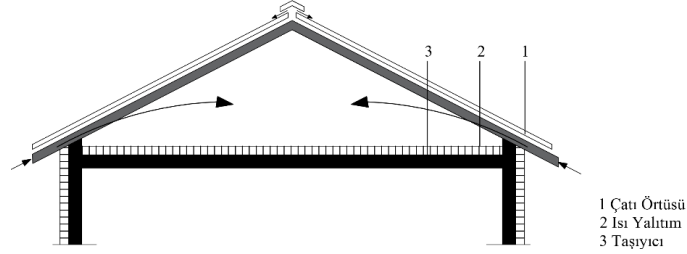
Binaların enerji performansının artırılmasında önemli etkiye sahip olan çatılar bir binayı üstten sınırlayan ve iç ortamı dış atmosfer koşullarından ayıran önemli bir bina kabuğu elemanıdır. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında katmanlaşma çatı arasının kullanım durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Bu konstrüksiyonlarda çatı arasının kullanım durumu, katmanların diziliş sırası ve konumları bina kabuğunda gerçekleşen ısı kayıp ve kazançlarında etkilidir. Özellikle ısı yalıtım katmanının konumu ve bu katmanın taşıyıcı eleman ile ilişkisinin özel olarak değerlendirilmesi gereklidir. Bu çalışmada; eğimli çatı konstrüksiyonları birbirine göre ve ısı yalıtımının konumuna göre yıllık ısıtma ve soğutma yükleri açısından karşılaştırılmışlardır.

2. ÇATI ARASININ KULLANIM DURUMUNA GÖRE EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARI

Eğimli çatı konstrüksiyonlarında çatı eğimi sayesinde ortaya çıkan çatı arası mekanı farklı işlevler için kullanılabilir. Ancak günümüzde binaların büyük bir çoğunluğunun çatı araları boş bir mekan olarak bırakılmakta ve kullanıma dâhil edilmemektedir. Çatı arası katmanlarının eğimli yüzeye ya da kısmen eğimli ve kısmen dikey yüzeye yerleştirilmesi ile çatı mekânı kullanıma kazandırılması mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda binaları bitiren eleman olan çatılar, çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu (soğuk çatı), çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu (sıcak çatı) ve çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonları (hibrid çatı) olmak üzere üç tip konstrüksiyon olarak incelenmektedir [10].

2.1. Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu (Soğuk Çatı)

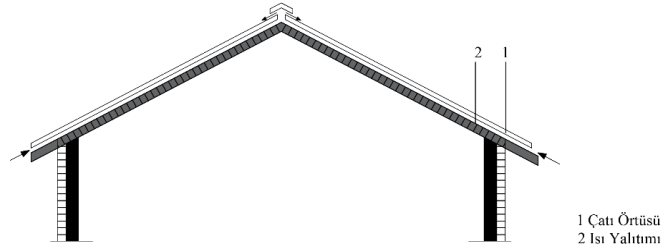
Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatılar (ÇA-kullanılmayan) soğuk çatı olarak adlandırılmaktadır. Soğuk çatılar yatay döşemenin üst seviyesinden yalıtılmış eğimli çatılardır. Çatı arasının ısıtılmayan bir hacim olmasından kaynaklı olarak soğuk çatılarda eğimli yüzeyde ısı yalıtımı kullanılmamaktadır [4,11]. Herhangi bir termal performans gereksinimini (örn. depolama) karşılamaya ihtiyaç duymayan binalar yalıtımsız eğimli çatı olarak inşa edilebilmektedir. Isıtılmayan termal bir hacim olmasından dolayı havalandırılabilen çatı araları, hem yazın hem de kışın bir tampon bölge olarak işlev görmektedir Şekil 1’de çatı arasının kullanılmadığı eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir [4].



Şekil 1. Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonu [4].

2.2. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu (Sıcak Çatı)

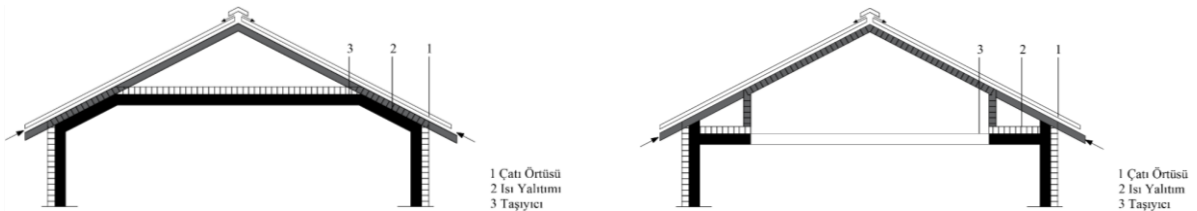
Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatılar (ÇA-kullanılan) sıcak çatı olarak adlandırılmaktadır. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında herhangi bir havalandırma katmanı düzenlenmemiştir. Genellikle ısı yalıtım katmanı, su sızdırmazlık katmanı ve koruyucu katmanlardan oluşmaktadır. Şekil 2’de çatı arasının kullanıldığı eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir [12,13].



Şekil 2. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu [4].

2.3. Çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu (Hibrid Çatı)

Çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatılar (ÇA-kısmi kullanılan) hibrid çatı olarak adlandırılmaktadır. Bu çatılar çatı arasının kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda farklı bir katmanlaşma düzeni gösterir. Şekil 3 a ve b’de hibrid çatı olarak adlandırılabilen çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonları görülmektedir [14].



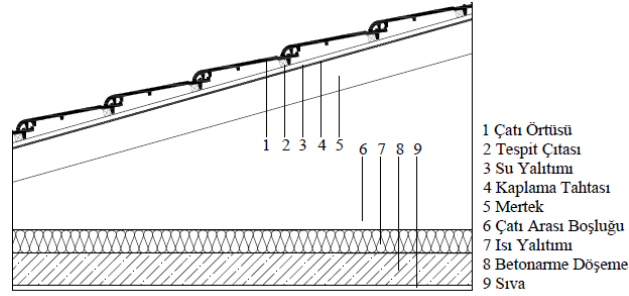
(a) (b)
Şekil 3 a, b. Çatı arasının kısmen kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonu [4].

3. ÇATI ARASININ KULLANIM DURUMUNA GÖRE EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARINDA ISI YALITIM KATMANININ KONUMU

Çatı arasının kullanım durumuna göre eğimli çatı konstrüksiyonları ısı yalıtım katmanının konumuna göre; ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman altında, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında ve altında olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır [15].

3.1. Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının konumu

Çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında, ısı yalıtımı yaşama hacmi ile çatı arası hacmini birbirinden ayıran tavan döşemelerine uygulanmaktadır. Bu tip çatılarda ısı yalıtımı çatı örtüsüne uygulanmamaktadır. Şekil 4’de çatı arasının kullanılmadığı eğimli çatı konstrüksiyonları için tavan döşemesine uygulanan ısı yalıtımının detayı görülmektedir.

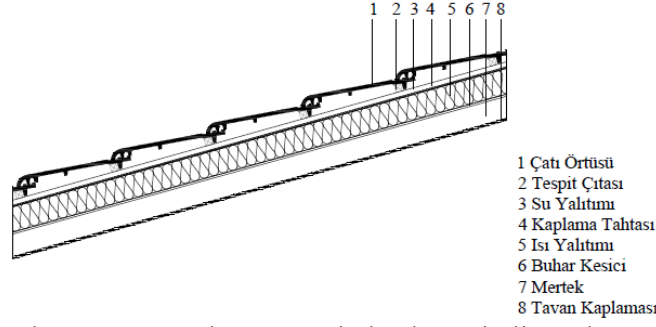


Şekil 4. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olan eğimli çatı ve döşeme konstrüksiyonu [16]

3.2. Çatı arasının kullanıldığı eğimli çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının konumu

3.2.1. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olan eğimli çatı konstrüksiyonu

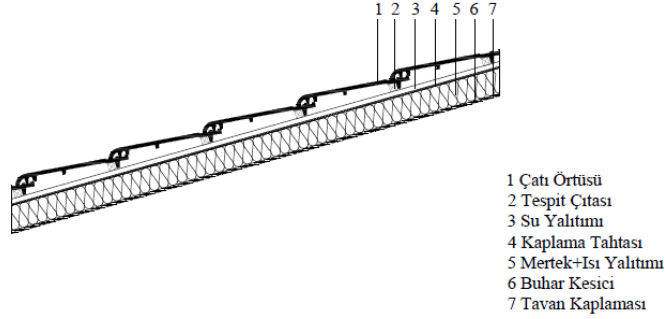
Çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtımının taşıyıcıların üzerinde olması durumunun avantaj ve dezavantajlarının birlikte değerlendirilerek uygulanması gereklidir. Eğimli çatılarda ısı yalıtımının kirişlerin üzerinde yerleştirilmesi hava sızıntılarını azaltarak ısı yalıtımının performansını artırmaktadır. Isı yalıtımının kirişler üzerine uygulanması çatı kirişlerinin sıcak ve kuru ortamda kalmasını sağlayarak yoğuşma riskini azaltmaktadır. Dezavantajları incelendiğinde ise; bu tip uygulamanın maliyeti diğer uygulamalara göre daha yüksektir. Yalıtımların uygulamasında büyük titizlik gösterilmeli ve sızdırmazlığın iyi derecede sağlanmasına dikkat edilmelidir. Isı yalıtımının taşıyıcılar üzerine uygulanması kirişlere daha fazla yük binmesine neden olmakta ve çatı konstrüksiyonunun güçlendirilmesini gerektirebilmektedir [15]. Şekil 5’te ısı yalıtımının taşıyıcı eleman üzerinde olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 5. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

3.2.2 Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında olan eğimli çatı konstrüksiyonu

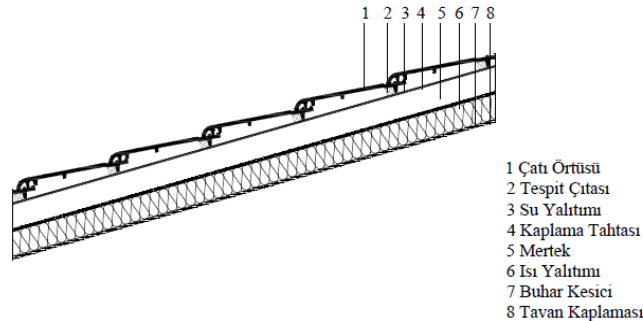
Çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının taşıyıcıların arasında olması durumu çatının kesitini artırmamasından dolayı başarılıdır. Bu uygulamanın maliyeti diğer uygulamalara göre daha azdır. Bu uygulamanın dezavantajlarına bakıldığında çatının taşıyıcı kalınlığının gerekli ısı yalıtım kalınlığını karşılayacak ölçülerde olması gerekli ve ısı yalıtım uygulaması sırasında taşıyıcılar ve yalıtım arasındaki boşlukların minimuma indirilmesi için iyi bir işçilik gerektirmektedir. Diğer bir dezavantajı ise taşıyıcılar arasına geçirgen bir ısı yalıtımı uygulanması su buharı girişine neden olmaktadır [15]. Şekil 6’te ısı yalıtımının taşıyıcı eleman arasında olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 6. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

3.3. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu

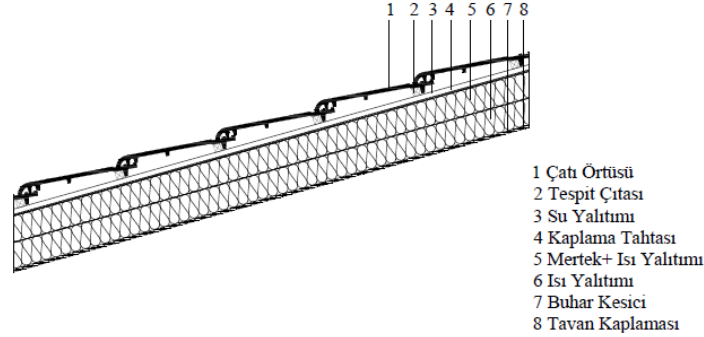
Kullanılan çatı araları için yapılan çözümlerden en optimum olanlarındandır. Bu uygulamada çatı konstrüksiyonunun kesitini artırmaya gerek yoktur. Çatı örtüsüne bağlantısız bir biçimde uygulaması yapılabilir. Isı yalıtımının kesintisiz uygulanması konusunda avantaj sağlamaktadır. Bu tür uygulamalarda kullanılabilir mekanda daralmalar meydana gelebilir. Isı yalıtımının kirişlere değmiş olduğu noktalarda boşlukların detaylandırılmasında zorluklar çıkabilmektedir [15]. Şekil 7’de ısı yalıtımının taşıyıcı eleman altında olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 7. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

3.4. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında ve altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu

Bu konstrüksiyon ile farklı detaylar üretilebilmektedir. Maliyeti diğer konstrüksiyon alternatiflerine göre daha fazladır. Şekil 8’de ısı yalıtımının taşıyıcı eleman arasında ve altında olduğu eğimli bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 8. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında ve altında olan eğimli çatı konstrüksiyonu [15]

4. YAPILAN ÇALIŞMA

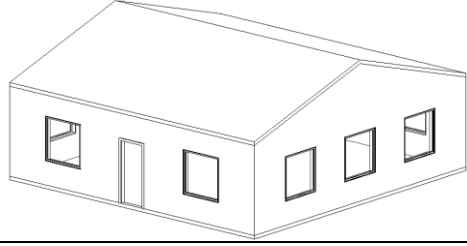
Çalışma için Trabzon’da olduğu düşünülen müstakil bir konut binası, DesignBuilder bina enerji simülasyon programı yardımıyla modellenmiştir. Modellenen konut binasının ısıtma ve soğutma yüklerine, mevcut eğimli çatı konstrüksiyonunun kullanım durumunun ve ısı yalıtım katmanının konumunun değiştirilmesinin etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Tablo 1’de verilen 13 senaryo oluşturulmuş ve her bir senaryonun yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

Tablo 1. Konut binası modelinin eğimli çatı konstrüksiyonunda kullanılan senaryolar

	Kullanım durumuna göre çatılar			
Isı yalıtım katmanının konumu	ÇA Kullanılmayan B1	ÇA Kullanılan B2	ÇA Kısmi Kullanılan B3	ÇA Kısmi Kullanılan B4
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde	●	●	●	●
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında	-	●	●	●
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altında	-	●	●	●
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman ara. ve alt.	-	●	●	●

İncelenen konut binası kare forma sahip, 10 x 10 m boyutlarında, tek katlı, kat yüksekliği 3 m ve toplam kullanım alanı 100 m²’ dir. Binada ısıtma sistemi için yakıt olarak doğalgaz kullanan kombi, soğutma sistemi için elektrik ile çalışan klima kullanıldığı, mekanik havalandırma olmadığı, binayı 4 kişinin kullandığı varsayılmış ve bina kabuğu elemanlarının ısı geçirgenlik katsayı değerleri (U değeri-W/m²K) Trabzon için, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Türk Standardı’nda (TS 825) belirtilen U değerlerine göre belirlenmiştir [17] (Tablo 2).

Tablo 2.Bina modeli ve modelde kullanılan bina elemanlarının ısı geçirgenlik değeri (U) değerleri

	Duvar	Taban Döşemesi	Pencere	
U (W/m ² K)	0,60	0,53	2,36	

Oluşturulan senaryolarda kullanılan çatı konstrüksiyonları farklılık gösterdiği için çatılara ait toplam ısı geçirgenlik katsayıları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Çatı konstrüksiyonlarına ait toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerleri

	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında
U (W/m ² K)*	0,384	0,529	0,384	0,275

* Çatı konstrüksiyonlarında 7 cm’lik ısı yalıtım malzemesi kullanıldığı varsayılmıştır.

5. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada Trabzon’da olduğu düşünülen bir konut binasının 3 farklı tip çatı konstrüksiyonunda ve çatı konstrüksiyonuna eklenen yalıtım katmanının 4 farklı konumuna göre enerji performansına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda oluşturulan ÇA_Kullanılmayan_B1, ÇA_Kullanılan_B2, ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kısmi Kullanılan_B4 modellerinde uygulanacak ısı yalıtım malzemesinin konumu; taşıyıcılar üzerinde, taşıyıcılar arasında, taşıyıcılar altında ve taşıyıcılar arasında ve altında olmasına göre toplam 13 farklı senaryo oluşturulmuş ve bu senaryolar için yıllık ısıtma ve soğutma yükleri elde edilmiştir. Her bir bina ve her bir ısı yalıtım malzemesi konumuna göre oluşturulan senaryolardan elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı çatı konstrüksiyonları ve ısı yalıtımının konumuna göre oluşturulan senaryolar için elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri

Isı Yalıtımının Konumu	Isıl Yükler (kWh)	ÇA Kullanılan B1	ÇA Kullanılmayan B2	ÇA Kısmi Kullanılan B3	ÇA Kısmi Kullanılan B4
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	Soğutma	1092	1093	1069	1071
	Isıtma	2672	4098	3545	4086
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	Soğutma	-	1104	1064	1070
	Isıtma	-	4310	3658	4239
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	Soğutma	-	1112	1109	1112
	Isıtma	-	3933	3293	3789
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Ara. ve Alt.	Soğutma	-	1159	1127	1136
	Isıtma	-	3640	3198	3643

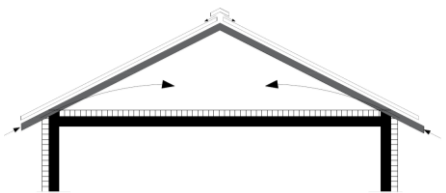
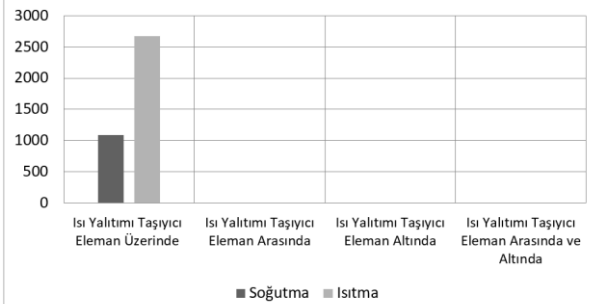
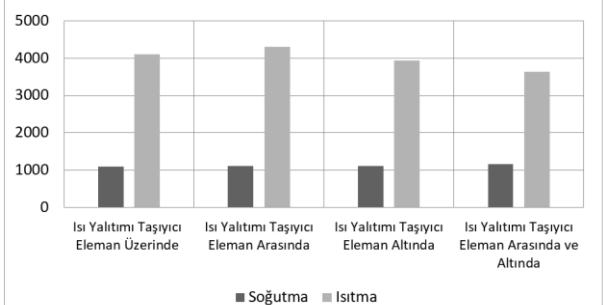
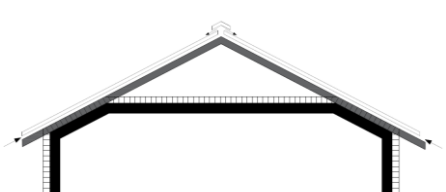
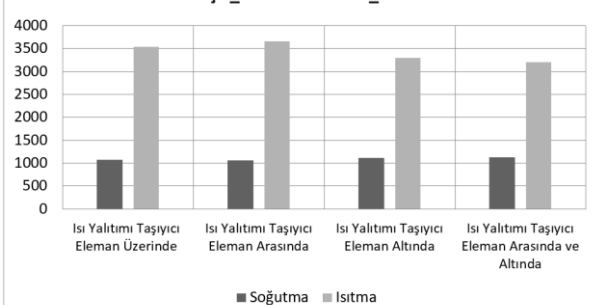
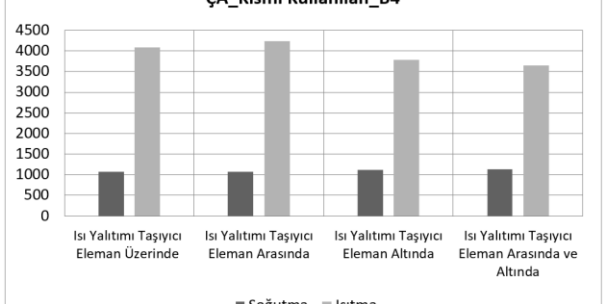
ÇA_Kullanılmayan_B1 olarak adlandırılan senaryoda, yaşama hacmini çatı arası hacminden ayıran tavan döşemesinde, ısı yalıtım malzemesinin betonarme kirişler altında ve arasında kullanılamayacağı

sebebiyle ısı yalıtımı taşıyıcı eleman altında, taşıyıcı eleman arasında ve taşıyıcı eleman arasında ve altında olması durumları için enerji hesapları yapılamamıştır.

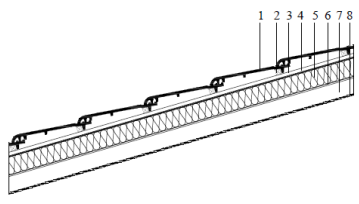
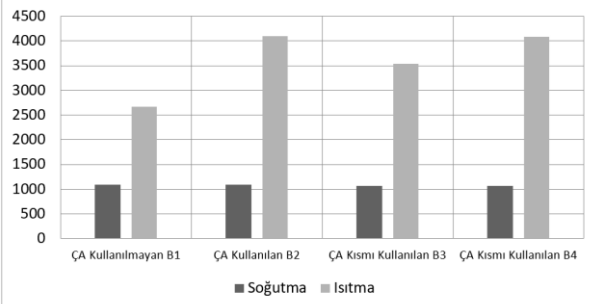
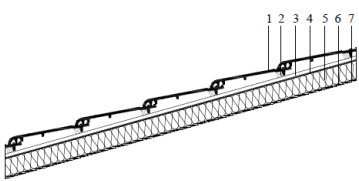
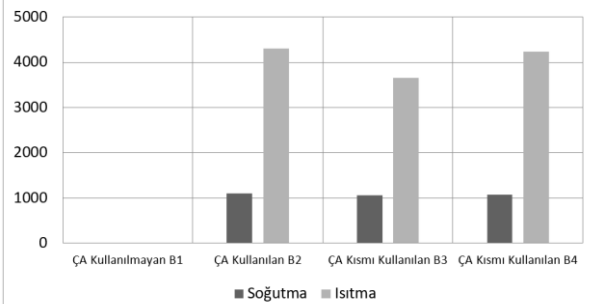
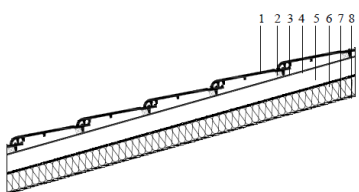
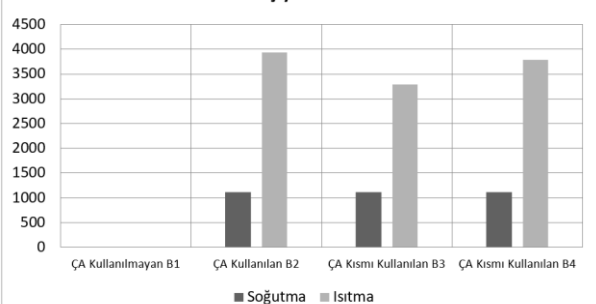
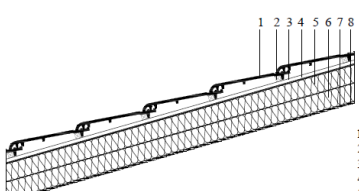
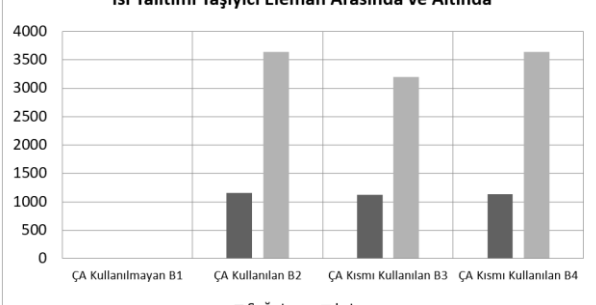
Isı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olması durumu için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri ve ÇA_Kullanılan_B2, ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kısmi Kullanılan_B4 için hesaplanan ısı yalıtımının konumuna göre elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 5'te gösterilmiştir. ÇA_Kullanılmayan_B1 için, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde iken yıllık ısıtma yükü 2672 kWh, yıllık soğutma yükü 1092 kWh olarak elde edilmiştir. ÇA_Kullanılan_B2'de yıllık ısıtma yükü, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde iken 4098 kWh, yıllık soğutma yükü ise 1093 kWh olarak elde edilmiştir. ÇA_Kullanılan_B2'de ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinden arasına alındığında yıllık ısıtma yükü yaklaşık % 5,2 artmış ve 4310 kWh olarak elde edilmiştir. Isı yalıtımının taşıyıcı eleman arasında olması çatı kesitini artırmaması, montaj kolaylığı vb. avantajlarına rağmen yıllık ısıtma yükünü artırdığı görülmüştür. Isı yalıtımı taşıyıcı elemanın altına uygulandığında, taşıyıcı elemanın üzerinde olması durumuna göre yıllık ısıtma yükü yaklaşık % 4 azalmış ve 3933 kWh olarak hesaplanmıştır. Aynı kalınlıkla iki ısı yalıtım malzemesinin taşıyıcı eleman arasına ve altına uygulandığı durumda ise, ısı yalıtımının taşıyıcı eleman üzerinde uygulandığı duruma göre yıllık ısıtma yükü yaklaşık % 11,2 azalmış ve 3640 kWh olarak elde edilmiştir. Isı yalıtımının farklı konumları için yıllık soğutma yükleri incelendiğinde elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kısmi Kullanılan_B4'den elde edilen sonuçlar incelendiğinde de ÇA_Kullanılan_B2'den elde edilen değerlere paralel sonuçlar görülmektedir.

Çatı konstrüksiyonunda bulunan ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde bulunduğu her bir bina, yıllık ısıtma ve soğutma yükleri açısından değerlendirildiğinde; kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip ÇA_Kullanılmayan_B1'in yıllık ısıtma yükü 2672 kWh olarak elde edilmiştir. Bu değer referans olarak alındığında ÇA_Kullanılan_B2'nin yıllık ısıtma yükü yaklaşık %53,4 artmış ve 4098 kWh olarak hesaplanmıştır. Yıllık soğutma yükünün ise çok fazla değişmediği görülmüştür. ÇA_Kısmi Kullanılan_B3'ün yıllık ısıtma yükü ÇA_Kullanılmayan_B'ye göre yaklaşık %32,6 artmış, ÇA_Kullanılan_B2'ye göre yaklaşık %13,5 azalmış ve 3545 kWh olarak elde edilmiştir. ÇA_Kısmi Kullanılan_B4'de ise yıllık ısıtma yükü ÇA_Kısmi Kullanılan_B3'e göre yaklaşık %15,2 artmış ve 4086 kWh olarak hesaplanmıştır. Bütün senaryolar yıllık soğutma yükü açısından incelendiğinde her bir senaryo için hesaplanan değer birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Tablo 5 ve Tablo 6'da ısı yalıtımının konumuna göre farklı çatı konstrüksiyonuna sahip binalardan elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 5. Çatı konstrüksiyonlarına göre farklı ısı yalıtımı konumuna sahip binaların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

ÇA_Kullanılmayan_B1 	ÇA_Kullanılmayan_B1  <table><tr><th>Isı Yalıtımı Konumu</th><th>Soğutma</th><th>Isıtma</th></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1100</td><td>2700</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	2700	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	0	0	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	0	0	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	0	0
Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	2700														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	0	0														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	0	0														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	0	0														
ÇA_Kullanılan_B2 	ÇA_Kullanılan_B2  <table><tr><th>Isı Yalıtımı Konumu</th><th>Soğutma</th><th>Isıtma</th></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1100</td><td>4100</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>1100</td><td>4300</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>1100</td><td>4000</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>1100</td><td>3700</td></tr></table>	Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	4100	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1100	4300	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1100	4000	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1100	3700
Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	4100														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1100	4300														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1100	4000														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1100	3700														
ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 	ÇA_Kısmi Kullanılan_B3  <table><tr><th>Isı Yalıtımı Konumu</th><th>Soğutma</th><th>Isıtma</th></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1100</td><td>3500</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>1100</td><td>3600</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>1100</td><td>3300</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>1100</td><td>3200</td></tr></table>	Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	3500	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1100	3600	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1100	3300	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1100	3200
Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	3500														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1100	3600														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1100	3300														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1100	3200														
ÇA_Kısmi Kullanılan_B4 	ÇA_Kısmi Kullanılan_B4  <table><tr><th>Isı Yalıtımı Konumu</th><th>Soğutma</th><th>Isıtma</th></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde</td><td>1100</td><td>4100</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında</td><td>1100</td><td>4200</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında</td><td>1100</td><td>3800</td></tr><tr><td>Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında</td><td>1100</td><td>3600</td></tr></table>	Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	4100	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1100	4200	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1100	3800	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1100	3600
Isı Yalıtımı Konumu	Soğutma	Isıtma														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde	1100	4100														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında	1100	4200														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında	1100	3800														
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında	1100	3600														

Tablo 6. Isı yalıtımının konumuna göre farklı çatı konstrüksiyonuna sahip binaların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde  1 Çatı Örtüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahatası 5 Isı Yalıtımı 6 Buhar Kesici 7 Mertek 8 Tavan Kaplaması	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Üzerinde  ■ Soğutma ■ Isıtma
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında  1 Çatı Örtüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahatası 5 Mertek-Isı Yalıtımı 6 Buhar Kesici 7 Tavan Kaplaması	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında  ■ Soğutma ■ Isıtma
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında  1 Çatı Örtüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahatası 5 Mertek 6 Isı Yalıtımı 7 Buhar Kesici 8 Tavan Kaplaması	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Altında  ■ Soğutma ■ Isıtma
Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında  1 Çatı Örtüsü 2 Tespit Çıtası 3 Su Yalıtımı 4 Kaplama Tahatası 5 Mertek-Isı Yalıtımı 6 Isı Yalıtımı 7 Buhar Kesici 8 Tavan Kaplaması	Isı Yalıtımı Taşıyıcı Eleman Arasında ve Altında  ■ Soğutma ■ Isıtma

5.SONUÇ

Çalışma kapsamında modellenen 3 farklı çatı konstrüksiyonun ve çatı konstrüksiyonundaki ısı yalıtım katmanının 4 farklı konumunun enerji performansına etkisinin incelenmesi amacıyla oluşturulan senaryoların yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerleri elde edilmiştir. Ilıman iklim tipine sahip Trabzon ilinin yıllık iklim şartları ve güneşlenme süreleri göz önünde bulundurulduğunda, ısıtma döneminde soğutma sezonuna göre daha önemli olduğu düşünülebilir. Bu durumda soğutma yüklerinde çok fazla değişiklik olmaması beklenen bir durumdur. Trabzon ve benzeri iklimdeki illerde, kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binalarda yaşama hacmini çatı arası hacminden ayıran tavan döşemesinde, ısı yalıtımının taşıyıcı eleman üzerine olduğu durum için yıllık ısıtma ve soğutma yükü elde edilmiştir. Çatı arası kullanılan ve kısmi kullanılan modellerde, ısı yalıtım malzemesinin her dört durumu için yıllık ısıtma yükü değerleri incelendiğinde; ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olması referans alınarak, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman arasına alındığında yıllık ısıtma ve soğutma yükünün arttığı belirlenmiştir. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman altına alındığında yıllık ısıtma yükünün azaldığı ve taşıyıcı eleman arasına ve altına alındığında daha da azalarak yıllık ısıtma yükü açısından en avantajlı durum olduğu görülmüştür. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasına ve altına uygulandığında maliyetin artmasına rağmen diğer konumlardaki dezavantajların birçoğunun ortadan kalktığı ve yalıtımdan maksimum verimin alındığı bilinmektedir [15,18,19]

Bütün senaryolara ait yıllık ısıtma yükleri incelendiğinde kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binaların kullanılan ve kısmi kullanılan çatı konstrüksiyonlarına göre Trabzon ve benzeri iklime sahip bölgelerde avantajlı olduğu söylenebilir. Isı yalıtımı taşıyıcı eleman arasında, altında, altında ve arasında olması durumlarına göre elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yükleri binalara göre incelendiğinde; ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olduğu duruma paralel sonuçlar elde edilmiştir. Kısmi kullanılan çatı konstrüksiyonuna ait ÇA_Kısmi Kullanılan_B4'ün en yüksek yıllık ısıtma yüküne sahip olduğu ve sırasıyla ÇA_Kullanılan_B2, ÇA_Kısmi Kullanılan_B3 ve ÇA_Kullanılmayan_B1'in daha az yıllık ısıtma yüküne sahip olduğu görülmüştür.

İncelenen tüm senaryolardan minimum ısıtma yükü, ısı yalıtımı taşıyıcı eleman üzerinde olduğu ÇA_Kullanılmayan_B1'de elde edilmiştir. Yıllık soğutma yükünde ise Trabzon ve benzeri iklim tipine sahip bölgelerde güneşlenme süresinin az olmasından dolayı çatı konstrüksiyonlarına ve ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre belirli bir fark elde edilememiştir ancak kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binalarda yalıtımının taşıyıcı eleman üzerine uygulanması hem yoğunlaşma kontrolü, hem de yıllık ısıtma yükleri açısından avantajlı olmaktadır. Kullanılmayan çatı konstrüksiyonuna sahip binalar, kullanılan ve kısmi kullanılan çatı konstrüksiyonuna sahip binalar ile kıyaslandığında, çatı arası hacminin yaşama hacmi ile dış ortam arasında fiziki bir tampon bölge oluşturmasından dolayı, Trabzon ve benzeri iklime sahip illerde yıllık ısıtma yükleri açısından avantajlı olurken yıllık soğutma yükleri açısından değişkenlik göstermemiştir. Bu çalışma ile binalara farklı çatı konstrüksiyonlarının ve çatı konstrüksiyonlarındaki ısı yalıtımı katmanının farklı konumlara uygulanmasıyla elde edilen yıllık ısıtma ve soğutma yüklerindeki iyileşmeler belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Fontanini, A. D., Pr'Out, K. M., Kosny, J., Ganapathysubramanian, B., 2016. Exploring future climate trends on the thermal performance of attics: Part 1 Standard roofs, *Energy and Buildings*, Sayı 129, s. 32–45.
- [2] Staniaszek, D., 2013. A Guide to Developing Strategies for Building Energy Renovation, *Buildings Performance Institute Europe*, s. 36, Belçika.
- [3] De Oliveira Neves, L., Marques, T. H. T. , 2017. Building Envelope Energy Performance of High-rise Office buildings in Sao Paulo City, Brazil, *Procedia Environmental Sciences*, Sayı 38, s. 821–829.

- [4] Kolb, J., 2008. Systems in Timber Engineering, *Springer Science & Business Media*, s. 319, Germany.
- [5] Ran, J., Tang, M., Jiang, L., Zheng, X., 2017. Effect of Building Roof Insulation Measures on Indoor Cooling and Energy Saving in Rural Areas in Chongqing, *Procedia Engineering*, Sayı 180, s. 669–675.
- [6] Al-Sallal, K. A., 2003. Comparison between polystyrene and fiberglass roof insulation in warm and cold climates, *Renewable Energy*, Sayı 28(4), s. 603–611.
- [7] Daouas, N., 2016. Impact of external longwave radiation on optimum insulation thickness in Tunisian building roofs based on a dynamic analytical model, *Applied Energy*, Sayı 177, 136–148.
- [8] Ozel, M., Pihtili, K., 2007. Investigation of the most suitable location of insulation applying on building roof from maximum load levelling point of view, *Building and Environment*, Sayı 42(6), s. 2360–2368.
- [9] Sisman, N., Kahya, E., Aras, N., Aras, H., 2007. Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions, *Energy Policy*, Sayı 35(10), s. 5151–5155.
- [10] Maçka, S., Yaşar, Y., Pehlevan, A., 2014. Eğimli Çatı Konstrüksiyonlarında Havalandırma ve Yoğuşma Kontrolü, *7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 3–4 Ekim 2014, YTÜ Mimarlık Fakültesi, Beşiktaş, İstanbul.
- [11] Oster, S., Kiessl, B., 2003. Roof Construction Manual: Pitched Roofs, *Edition Detail*, s. 448, Germany.
- [12] Auchschwelk, H., Rosenkranz, F., 2005. Baustoff Atlas, *Edition Detail*, s. 280, Berlin.
- [13] Pehlevan, A., Yaşar, Y., Maçka, S., 2008. Çatılarda İkincil Su Sızdırmazlık Tabakası Kullanımı, *4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdas Malzeme ve Teknolojileri Sempozyumu*, 13–14 Ekim 2008, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla, İstanbul.
- [14] Condensation Control In Energy Efficient Cold and Warm Pitched Roofs, 2016. Erişim Tarihi: 01.02.2016. <http://www.surevent.org.uk>
- [15] Energy Efficiency and Historic Buildings: Insulating Pitched Roofs at Ceiling Level, 2012. Erişim Tarihi: 01.12.2017. <https://content.historicengland.org.uk>
- [16] Hugues, T., Greilich, K., Peter, C., 2004. Building with Large Clay Blocks, *Detail Practice*, s. 118, Almanya.
- [17] TS 825, 2008. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, İstanbul.
- [18] Deplazes, A., 2005. Constructing Architecture Materials Processes Structures A Handbook, *Birkhäuser*, s. 479, Almanya.
- [19] Yaşar, Y., Pehlevan, A., Maçka, S., 2008. Eğimli Çatılarda Havalandırma, *4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdas Malzeme ve Teknolojileri Sempozyumu*, 13–14 Ekim 2008, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla, İstanbul.

CEPHE TASARIMININ İÇ MEKÂN GÜNIŞIĞI PERFORMANSINA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Z. Aybike KILIÇ¹
Alpin KÖKNEL YENER²

Konu Başlık No: 3.Çatı Ve Cephe Sistemlerinin Performansı

ÖZET

Geçmişten itibaren mekânlarda günüşiğini optimize etmek bina tasarımında başlıca hedeflerden bir tanesi olmuş, günümüzde ise kullanıcı konforunun sağlanması ve enerji etkin yaklaşımlar bağlamında önem kazanmıştır. İç mekânda günüşiği performansının değerlendirilmesine yönelik çeşitli yöntemler kullanılmakta olup, mevcut statik değerlendirme yöntemlerine ek olarak iklimsel verilere dayanarak günümüz teknolojisinin sunduğu simülasyon tekniklerini kullanan dinamik günüşiği değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Dış ortam koşullarını kontrol etmek amacıyla tasarlanan bina cephesinde yer alan açıklıkların çeşitli özellikleri iç mekân günüşiği performansını etkileyen başlıca değişkenlerdir. Çalışmanın amacı, cephenin saydamlık oranı, açıklıklarda kullanılan cam türü ve güneş kontrolü olarak sıralanabilecek olan bu değişkenlerin iç mekân günüşiği performansına etkisinin belirlenmesinde kullanılabilecek yöntemlerin incelenmesi ve örneklerle tanıtılmasıdır.

ANAHTAR KELİMELER

Cephe Tasarımı, Doğal Aydınlatma Sistemi Tasarımı, Günüşiği Performansı, Günüşiği Değerlendirme Yöntemleri

Prediction of The Effect of Façade Design on The Interior Daylight Performance

ABSTRACT

Daylight optimization in interiors has been one of the main goals in building design from the past, which gained importance in the context of ensuring user comfort and energy efficient strategies. Various methods are used for assessing daylight performance of interiors. In addition to the existing static methods dynamic methods basing on the climatic data are developed, which use today's simulation technics. Façade design aims to control the exterior conditions, so the characteristics of the apertures are the main parameters affecting the interior daylight performance. Aim of the study is to analyze and exemplify the daylight performance assessment methods, which can be used to predict the effect of the characteristics such as transparency ratio, glazing type and solar control on the daylight performance in interiors.

KEYWORDS

Façade Design, Daylighting System Design, Daylight Performance, Daylight Performance Metrics

¹ Mimar Z.Aybike KILIÇ, İTÜ FBE ÇKY Yüksek Lisans Programı Öğrencisi, 05058918938, aybike.klc@gmail.com

² Prof.Dr.Alpin KÖKNEL YENER, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taksim İstanbul, 02122931300,yener@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Binalarda günışığının etkin bir şekilde kullanılması erken tasarım aşamasından itibaren iç mekânda görsel konfor şartlarının sağlanması, insan sağlığı ve aktivitesini destekleyici mekânlar oluşturulması açılarından önem taşımaktadır. Aynı zamanda günışığının doğru ve etkin bir şekilde kullanılması ile yapma aydınlatmaya yönelik enerji tüketimi azaltılarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır.

Mimaride günışığının mekân içerisine alınması, iç ve dış ortam arasında bir bariyer oluşturan yapı kabuğunda yer alan açıklıklar aracılığıyla olmaktadır. Cephelerde yer alan açıklıklara ilişkin boyut, biçim, konum, kullanılan cam türü ve doğrama özellikleri ile güneş kontrol elemanları iç mekânda gerçekleşen günışığı performansını etkileyen başlıca değişkenlerdendir. Bu değişkenlerin günışığı performansına etkisinin çeşitli günışığı değerlendirme yöntemleri ile analiz edilmesi ve ortaya konması, doğru bir cephe tasarımının oluşturulması ve iç mekânda iyi bir günışığı performansının sağlanması açısından önemli ve gereklidir.

Günışığı değerlendirme yöntemleri ile erken tasarım evresinden itibaren iç mekânda günışığı performansının analiz edilerek cephe tasarımının geliştirilmesi, mevcut yapılarda ise durumun detaylı bir şekilde ortaya konulması ile cepheye yönelik iyileştirme çözümlerinin üretilmesi olanaklıdır. Bu anlamda çalışma kapsamında iç mekânda günışığı performansının değerlendirilmesine yönelik çeşitli yöntemler incelenmiş olup, açıklıkların iç mekânda gerçekleşen günışığı performansına etkisi tipoloji farklılığı da göz önüne alınarak günışığı değerlendirme yöntemleri ile ifade edilmiştir.

2. İÇ MEKÂDA GÜNİŞIĞI PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK YÖNTEMLER

İç mekânda günışığı performansının değerlendirilmesine yönelik yöntemler doğru bir tasarım ortaya koymak amacıyla geliştirilen sayısal bir yaklaşım olarak nitelendirilmektedir [1]. Bu yöntemlerin amacı günışığının niceliğini ve niteliğini tanımlamak, tasarımcılara bilgi vermek ve rehber olmak, aynı zamanda günışığı tasarımının çeşitli değişkenlerini karşılaştırmak istedikleri zaman kullanmaları için tasarımcılara bir ölçme yöntemi sunmaktır. 1900’lü yıllardan itibaren iç mekânda günışığı performansının belirlenmesi ve cephe sistemlerinin bu açıdan değerlendirilebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmektedir [2]. Statik ve iklime dayalı/dinamik yöntemler olarak ikiye ayrılan günışığı değerlendirme yöntemleri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. İç mekânda günışığı performansının değerlendirilmesine yönelik yöntemler

Statik Günışığı Değerlendirme Yöntemleri	Dinamik Günışığı Değerlendirme Yöntemleri
Günışığı Faktörü (DF)	Günışığı Otonomisi (DA)
Ortalama Günışığı Faktörü (ADF)	Sürekli Günışığı Otonomisi (DAcon)
Bir Noktadaki Aydınlik Düzeyi (SPT)	Maksimum Günışığı Otonomisi (DAmay)
Ortalama Aydınlik Düzeyi Miktarı (Em)	Faydalı Günışığı Aydınlik (UDI)
Düşey Aydınlik Düzeyi - Yatay Aydınlik Düzeyi Oranı (VH)	Mekânsal Günışığı Otonomisi (sDA)
	Yıllık Güneş Işığı Alımı (ASE)

Günışığı değerlendirme yöntemlerinin yapının tipolojisine (kullanıcı tipine), mekânın kullanım amacına (kullanıcı aktivitesi) ve günışığının analiz amacına göre seçilmesi önemlidir. Günışığı performansının değerlendirilmesine yönelik analizler çalışmanın amacına göre yıllık, aylık ve günlük zaman dilimleri için yapılabilmektedir.

2.1. Statik Günışığı Değerlendirme Yöntemleri

Bir mekânda var olan günışığı miktarına yönelik iklim, konum, yönelim gibi herhangi bir değişkene karşı duyarlılığı olmayan, tek bir kapalı gök koşulu altında günışığını ele alan hesaplama

yöntemleridir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları sırasıyla günışığı faktörü, ortalama günışığı faktörü, ortalama aydınlık düzeyi ve düşey aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine (VH) oranı olmaktadır.

2.1.1. Günışığı Faktörü

İç mekânda çalışma düzlemi üzerinde yer alan bir noktanın aydınlık düzeyinin engelsiz ve CIE kapalı gök koşulu altında yatayda oluşan dış ortam aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanır [3]. İç mekânda çalışma düzleminde ele alınan noktanın aydınlık düzeyi gök bileşeni, dış yansımış bileşen ve iç yansımış bileşenin toplamı ile hesaplanmaktadır. 20 y.y'ın başlarından itibaren standart, ölçme sistemleri ve tasarım rehberlerinde yaygın bir şekilde kullanılan günışığı faktörü yüzde olarak ifade edilmektedir.

2.1.2. Ortalama Günışığı Faktörü

Ele alınan herhangi bir düzleme düşen toplam günışığı akısının o düzlemin alanına oranının, engelsiz kapalı gök koşulu altında dış ortam aydınlık düzeyine oranı ortalama günışığı faktörü olarak ifade edilmektedir [4]. %5 ve üzeri ortalama günışığı faktörü ek bir yapma aydınlatma gerektirmeden mekân içerisinde yeterli günışığı varlığını ifade ederken, %2-%5 arası ortalama günışığı faktörü ise ek bir yapma aydınlatma gerekebilecek durumları ifade etmektedir. Konut binalarında yaşama mekanlarına yönelik bu değer minimum %1.5 olarak belirlenmiştir [5].

2.1.3. Ortalama Aydınlık Düzeyi

Doğal ışık ile aydınlanan bir mekânda yatay çalışma düzlemindeki ortalama aydınlık düzeyi, o düzlemdeki görsel performansın sağlanması için gerekli olan günışığı etkinliğinin bir göstergesidir. Bu anlamda yatay çalışma düzleminde ortalama aydınlık düzeyinin istenilen düzeyden düşük olması görsel yetersizliğe neden olurken, fazla olması ise görsel konforsuzluğa neden olmaktadır [1]. Bu sebeple farklı görsel gereksinimlere göre standartlarda ve değerlendirme sistemlerinde görsel konforun sağlanabilmesine yönelik çeşitli ortalama aydınlık düzeyleri verilmektedir. Verilen bu aydınlık düzeylerinin tasarımlarda bir ölçüt olarak alınması ile görsel performansın sağlandığı mekânlar elde edilmektedir.

2.2. İklimle Dayalı/Dinamik Günışığı Değerlendirme Yöntemleri

Statik yöntemlere alternatif olarak geliştirilmiş, mekânda var olan günışığı miktarını etkileyen iklim, konum, yönelim gibi değişkenler ile güneşten gelen direkt güneş ışınlarını da değerlendirmeye alan yöntemlerdir. Bu anlamda iklimle dayalı günışığı değerlendirme yöntemleri günışığının zamana göre çeşitliliğini yıllık iklim verilerine göre hesaplamalara dahil ederek aylık, dönemlik/mevsimlik ya da yıllık zaman aralıkları için yapılan değerlendirme yöntemleri olarak tanımlanmaktadır [6]. Bu tür yöntemlerin kullanımı ile cephe tasarımlarına ilişkin yıllık günışığı performansı sonuçları elde edilebilmesi ve cephe tasarım alternatiflerine yönelik günışığı performanslarının karşılaştırılması mümkün olmaktadır [2].

Galatio ve Beccali tarafından literatür araştırması temelli yapılan bir çalışmaya göre çeşitli amaçlar için yapılan günışığı çalışmalarında kullanılan statik ve dinamik günışığı değerlendirme yöntemleri analiz edilmiş ve çalışmalarda en çok günışığı otonomisi (DA) ve faydalı günışığı aydınlığı (UDI) yöntemlerinin iklimle dayalı günışığı değerlendirme yöntemi olarak kullanıldığı belirlenmiştir [7]. Bu anlamda çalışma içerisinde temel olarak 4 başlık altında incelenen günışığı otonomisi, faydalı günışığı aydınlığı, mekânsal günışığı otonomisi ve yıllık güneş ışığı alımı değerlendirme yöntemleri ele alınmaktadır.

2.2.1. Güneşli Otonomisi

Güneşli otonomisi bir mekanda var olan belirli bir yatay düzlem için değerlendirme yaparak, mekan için gerekli olan minimum aydınlık düzeyinin sadece güneşli tarafından karşılandığı saatlerin bir yıl boyunca mekanın toplam kullanım saatlerine oranı olarak tanımlamaktadır [3]. Genellikle yıllık olarak alınan güneşli otonomisi değerleri mevsimsel, aylık veya günlük olarak da alınabilmektedir. Elde edilen güneşli otonomisinin yüzdesi aynı zamanda yıllık olarak aydınlatmaya yönelik enerji ihtiyacını da belirtmektedir.

Güneşli seviyesi için kısmi puanlama yaparak istenilen aydınlık düzeyinin yalnızca güneşli ile sağlanma sürekliliğini ve doğal aydınlatma miktarının istenen aydınlık düzeyine olan yakınlığını esas alan sürekli güneşli otonomisi yöntemi ile birlikte, kamaşmaya ve ısı kazançlarına sebep olan maksimum güneşli aydınlık düzeyinin ele alındığı maksimum güneşli otonomisi yöntemi güneşli otonomisi yöntemi baz alınarak oluşturulmuş diğer iklime dayalı güneşli değerlendirme yöntemleridir [3].

2.2.4. Faydalı Güneşli Aydınlatma

Çalışma düzlemindeki güneşli performansına dayalı olarak Mardaljevic ve Nabil tarafından 2005 yılında önerilen iklime bağlı güneşli değerlendirme yöntemidir [3]. Güneşli değerlendirmelerinde eşik olarak alınan belirli bir aydınlık düzeyi yerine, iç mekânda güneşli performansının değerlendirilmesi amacıyla kullanıcılar tarafından faydalı olarak nitelendirilen bir aralık belirtilmiştir. Faydalı güneşli aydınlığı değerlendirme yöntemine göre genel olarak görsel yetersizliğe neden olabilecek düşük (<100 lx) ve görsel konforsuzluğa neden olabilecek yüksek (>2000 , 2500 lx) aydınlık düzeyleri değerlendirmeye alınmamaktadır. Bu anlamda ofis çalışanları üzerinden yapılan değerlendirmeye göre belirlenen faydalı güneşli aydınlığı aralıkları aşağıdaki gibidir [8].

- UDI ‘Yetersiz güneşli aydınlığı’ (<100 lx)
- UDI ‘Ek bir yapma aydınlatma ilavesi ile yeterli güneşli aydınlığı’ ($100 \text{ lx} < x < 500 \text{ lx}$)
- UDI ‘Yeterli güneşli aydınlığı’ ($500 \text{ lx} < x < 2000$, 2500 lx)
- UDI ‘Görsel ve/veya termal konforsuzluğa sebep olabilecek güneşli aydınlığı’ (2000 , $2500 \text{ lx} <$)

Yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda faydalı olma aralıklarının ofis yapıları ve konut yapıları için değiştiği, aynı zamanda yüksek aydınlık düzeyinin bazı çalışmalarda farklı şekilde ele alındığı görülmektedir. Bu sebeple faydalı güneşli aydınlığı değerlendirme aralıklarının kullanıcı profiline ve eylem çeşidine göre farklılık gösterdiği söylenebilmektedir. Diğer yandan faydalı güneşli aydınlığı genellikle binanın kullanım saatlerini ele alırken, aynı zamanda yıl boyunca gerçekleşen güneşli etkin saatleri üzerinden de değerlendirme yapmaktadır [9].

2.2.5. Mekânsal Güneşli Otonomisi

IES tarafından iç mekânda güneşli değerlendirme yöntemlerine yeni bir yaklaşım olarak 2012 yılında ortaya konmuştur. Çalışma mekânları üzerinden yapılan analizler sonucunda hedef aydınlık düzeyinin 300 lx olarak belirlendiği yöntemde, $08.00-18.00$ (10 saat) olarak ele alınan kullanım saatlerinde hacmin (taban alanının) %50’si için bu değerin sağlanması istenmektedir. Ofisler, okullar, kütüphaneler, servis alanları, toplantı mekânları gibi benzer eylemlerin gerçekleştirildiği çalışma mekânları için tanımlanan mekânsal güneşli otonomisi, aynı zamanda düzenli olarak kullanılan mekânlar için de bir ölçüt olarak alınabilmektedir [10].

2.2.6. Yıllık Güneş Işığı Alımı

Mekânsal güneşli otonomisi ile birlikte ortaya atılan bir diğer yaklaşım ise yıllık güneş ışığı alımıdır. Mekânsal güneşli otonomisinde görsel ve termal konforsuzluğa sebep olabilecek direkt güneş ışığına karşı herhangi bir üst limit olmaması sebebiyle yıllık güneş ışığı alımı ile birlikte kullanımı

öngörülmüştür. Mekânın kullanım saatleri içerisinde güneş ışığına maruz kalınan süre üzerinden değerlendirme yapan yıllık güneş ışığı alımı değerlendirme yönteminde, hedef olarak alınan ve güneşten kaynaklı meydana gelen 1000 lx aydınlık düzeyinin mekânın yıllık kullanım saatleri içerisinde 250 saatten fazla gerçekleşmesi ve kullanılabilir taban alanının %10'undan fazla oluşması durumunda görsel konforsuzluğun meydana gelebileceği belirtilmektedir [10].

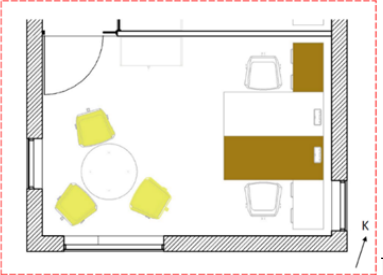
3. CEPHE TASARIMINDA GÜNEŞİĞİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN KULLANIMINA İLİŞKİN ÖRNEK UYGULAMALAR

Çalışmanın bu bölümünde, ofis ve konut olmak üzere iki farklı tipolojide cephe tasarımının güneşiği performansına etkisini değerlendiren örnek uygulamalara yer verilmiştir.

3.1. İç mekândaki güneşiği performansının çalışma mekânlarında belirlenmesine ilişkin örnek

Çalışmada, iki kişilik çalışma mekânı ele alınmış ve mevcut cephe tasarımının iç mekândaki güneşiği performansına etkisi irdelenmiştir. Ele alınan çalışma mekânı 5.00 m x 3.45 m x 2.80 m boyutlarında olup, mekânın güney cephesinde bir adet, doğu ve batı cephelerinde de birer adet olmak üzere toplam üç adet açıklık bulunmaktadır. Bu açıklıklara yönelik saydamlık oranları ise sırası ile %25, %18, %18'dir. Hesaplamalarda DIALUX simülasyon programı kullanılmış, tüm yılı temsilen 15 Aralık ve 15 Haziran tarihleri için yerden 0.85m yükseklikteki yatay çalışma düzleminde gerçekleşen değerler hesaplanmıştır. Ele alınan çalışma mekânına ve cepheye yönelik iç mekânda gerçekleşen güneşiği performansını etkileyen değişkenler ise Tablo 2'de verildiği gibi olmaktadır.

Tablo 2. Ele alınan iki kişilik çalışma mekânına ve cepheye ilişkin değişkenler

  PLAN	Mekâna İlişkin Değişkenler
	Hacim Boyutları: 5.00 m x 3.45 m x 2.80 m Alan: 17.25 m ² İç Yüzeylere ait ışık yansıtma katsayıları: Duvar: %50, Döşeme: %15, Tavan: %70 Dış engel yok
	Cepheye İlişkin Değişkenler
	Pencere Boyutu: 0.87 m x 2.00 m, 1.75 m x 2.00 m, 0.87 m x 2.00 m Saydamlık Oranı: %18, %25, %18 Cama ait ışık geçirime katsayısı: %90 Doğramaya ilişkin düzeltme faktörü: %90 Güneş kontrol elemanı yok.

Hesaplamalarda yapılan kabuller aşağıda verilmiştir:

- Faydalı güneşiği aydınlığı değerlendirme yönteminde ofis yapıları için ek bir aydınlatma gerektirmeyen ve kamaşmadan kaynaklı görsel konforsuzluğa sebep olmayan ($500 \text{ lx} < E < 2000 \text{ lx}$) değer aralığı hesaplamalarda dikkate alınmıştır [8].
- Hesaplamalar ele alınan mekanın kullanım saatleri olan 09.00-18.00 saatleri üzerinden yapılmıştır.
- Değerlendirmelerin bütün yılı kapsamı amacıyla temsili hesap tarihleri ve saatleri belirlenmiştir. CIE tarafından kabul edilmiş açık, kapalı ve ortalama gök modellerinin kullanıldığı hesaplamalarda, ele alınan hesap tarih ve saatlerine yönelik İstanbul için belirlenen ve yıllık iklim verilerinden elde edilen gök modelleri kullanılmıştır [11].

- EN-12464 standardında yer alan verilere göre belirli ölçülere sahip modüllerden bir hesap gridi oluşturulmuş, her bir modülde gerçekleşen günışığı aydınlık düzeyleri çalışma kapsamında kullanılan günışığı değerlendirme yöntemi kriterlerine göre değerlendirilmiştir [12].

Simülasyonlar sonucu elde edilen verilere göre mekânın günışığı performansını ifade eden sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Ele alınan çalışma mekânına yönelik elde edilen günışığı performansı

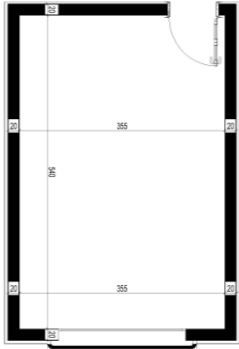
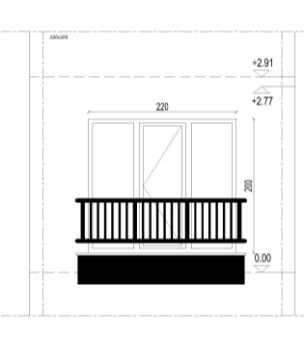
Ortalama Günışığı Faktörü (ADF)	Faydalı Günışığı Aydınlığı (UDI)
% 4.23	% 45.55

Simülasyonlar sonucunda mevcut cephe tasarımı ile çalışma mekânında gerçekleşen günışığı performansı, çalışma kapsamında kullanılan günışığı değerlendirme yöntemleri olan ortalama günışığı faktörü için %4.23 ve faydalı günışığı aydınlığı için %45.55 olarak bulunmuştur. Mekan içerisinde %50 oranında faydalı günışığı aydınlığı değeri yapılan çalışmalarda eşik değer olarak kabul edilmekte, ele alınan çalışma mekânında mevcut cephe tasarımı ile faydalı günışığı aydınlığı değerlendirme yöntemine göre yeterli günışığı aydınlığının sağlanamadığı görülmektedir. % 4.23 ortalama günışığı faktörü değeri ise ek bir yapma aydınlatma ilavesi gerektiren durumları ifade etmektedir [5].

3.2. İç mekândaki günışığı performansının konut mekânlarında belirlenmesine ilişkin örnek

Çalışmada, konut binalarında günışığının etkin olduğu zaman dilimlerinin büyük bir kısmında kullanılan ve kullanıcılar tarafından konfor kavramının en çok arandığı mekanlardan biri olan yaşama mekânı ele alınmıştır. Ele alınan yaşama mekânı 5.40 m x 3.55 m x 2.70 m boyutlarındadır. Güney yönüne bakan ve %45.92 saydamlık oranına sahip düşey pencere ile oluşturulan cephenin iç mekândaki günışığı performansına etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Hesaplamalarda DIALUX simülasyon programı kullanılmış olup, tüm yılı temsilen 15 Aralık ve 15 Haziran tarihleri için yerden 0.85 m yükseklikteki yatay çalışma düzleminde gerçekleşen günışığı aydınlık düzeyleri değerlendirilmiştir. Ele alınan yaşama mekânına ve cepheye yönelik iç mekânda gerçekleşen günışığı performansını etkileyen değişkenler ise Tablo 4’te verildiği gibi olmaktadır.

Tablo 4. Ele alınan yaşama mekânına ve cepheye ilişkin değişkenler

		Mekâna İlişkin Değişkenler
		Hacim Boyutları: 5.40 m x 3.55 m x 2.70 m
PLAN	ÖN GÖRÜNÜŞ	Alan: 19.17 m ²
		İç Yüzeylere ait ışık yansıtma katsayıları: Duvar: %77, Döşeme: %28, Tavan: %70
		Dış engel yok
		Cepheye İlişkin Değişkenler
		Pencere Boyutu: 2.20 m x 2.00 m
		Saydamlık oranı: %45.92
		Doğramaya ilişkin düzeltme faktörü: %75
		Cama ait ışık geçirgenlik katsayısı: %79
		Güneş kontrol elemanı yok

Çalışma kapsamında irdelenmesi amaçlanan cepheye yönelik değişkenlerin iç mekândaki günışığı performansına etkisi faydalı günışığı aydınlığı değerlendirme yöntemi ile ortaya konmuştur. Konut mekânlarına yönelik faydalı olma değer aralıkları ofis mekanları için belirlenen değer aralıklarına göre değişiklik göstermektedir. Bu anlamda konut mekânlarında faydalı günışığı aydınlığı değerlendirme yönteminin kullanımına ilişkin yapılan çalışmalarda belirlenen değer aralıkları aşağıdaki gibi olmaktadır [13].

- UDI ‘yetersiz günışığı aydınlığı’ ($x < 100 \text{ lx}$)
- UDI ‘ek bir yapma aydınlatma ilavesi gerektirebilen günışığı aydınlığı’ ($100 \text{ lx} < x < 300 \text{ lx}$)
- UDI ‘yeterli günışığı aydınlığı’ ($300 \text{ lx} < x < 3000 \text{ lx}$)
- UDI ‘fazla/aşırı günışığı aydınlığı’ ($3000 \text{ lx} < x$)

Hesaplamalarda yapılan kabuller aşağıda verildiği gibi olmaktadır.

- Çalışma içerisinde etkin günışığı saatlerinde ek bir yapma aydınlatma gerektirmeyecek durumları ifade eden günışığı aydınlığı değer aralığı ($300 \text{ lx} < x < 3000 \text{ lx}$) yaşama mekanında gerçekleşen günışığı performansının değerlendirilmesi için ele alınmıştır.
- Konut mekânlarına yönelik aynı çalışma içerisinde ele alınan ve etkin günışığı saatini ifade eden 08.00-20.00 saat dilimi çalışma kapsamında faydalı günışığı değerlendirme yöntemine dair hesaplama saati olarak kabul edilmiştir.
- Değerlendirmelerin bütün yılı kapsamı amacıyla temsili hesap tarihleri ve saatleri belirlenmiştir. CIE tarafından kabul edilmiş açık, kapalı ve ortalama gök modellerinin kullanıldığı hesaplamalarda, ele alınan hesap tarih ve saatlerine yönelik İstanbul için belirlenen ve yıllık iklim verilerinden elde edilen gök modelleri kullanılmıştır [11].
- EN-12464-1 standardında yer alan verilere göre belirli ölçülere sahip modüllerden bir hesap gridi oluşturulmuş, her bir modülde gerçekleşen günışığı aydınlık düzeyleri çalışma kapsamında kullanılan günışığı değerlendirme yöntemi kriterlerine göre değerlendirilmiştir [12].

Simülasyonlar sonucu elde edilen verilere göre mekânın günışığı performansını ifade eden sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada ele alınan mekânda elde edilen günışığı performansı

Ortalama Günışığı Faktörü (ADF)	Faydalı Günışığı Aydınlığı (UDI)
% 2.04	% 42.86

Simülasyonlar sonucunda mevcut cephe tasarımı ile yaşama mekânında gerçekleşen günışığı performansı, çalışma kapsamında kullanılan günışığı değerlendirme yöntemleri olan ortalama günışığı faktörü için %2.04 ve faydalı günışığı aydınlığı için %42.86 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda mekân içerisinde minimum %50 oranında faydalı günışığı aydınlığının sağlanması beklenmekte ve bu oran eşik değer olarak kabul edilmektedir. Ele alınan yaşama mekânı için elde edilen %42.86 faydalı günışığı aydınlığı değeri bu anlamda istenilen düzeyin altında kalmakta, yaşama mekânında yeterli günışığı performansının sağlanmadığı görülmektedir. % 2.04 ortalama günışığı faktörü değeri ise konut binalarına yönelik yaşama mekânlarında sağlanması istenen ortalama günışığı faktörü değerini karşılamaktadır.

4. SONUÇ

Mekân içerisine günışığının alınmasını sağlayan, iç ve dış ortam arasında arayüz görevi görerek görsel bir bağ kuran ve cephenin önemli bir bileşeni olan açıklıkların, iç mekânda görsel ve termal konfor koşullarının sağlanmasına yönelik tasarımlarının titizlikle yapılması gerekmektedir. Günışığının mekânda daha detaylı ve etkin bir şekilde analiz edilmesi ve değerlendirilmesi ile tasarlanacak cepheler görsel performansın sağlandığı, kullanıcılar açısından tatmin edici ve enerji etkin mekânların oluşturulmasında önemli olmaktadır.

Bu gereklilikler doğrultusunda iç mekânda gerçekleşen günışığı performansının değerlendirilmesine imkan veren bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden statik günışığı değerlendirme yöntemlerinin sadece kapalı gök koşulu altında değerlendirme yapması, görsel konforun sağlanması için gerekli olan bazı parametrelerin ele alınamamasına neden olmakta, detaylı bir değerlendirmeye imkan vermemektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte iklime, gök durumuna ve mekana dair çeşitli

fiziksel verilerin girilmesi ile gerçeğe yakın sonuçlar sunan simülasyon programlarının ortaya çıkması, iklime dayalı günışığı performansı değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasını, bu sayede daha duyarlı analizler yapılarak daha sağlıklı ve detaylı sonuçlar alınmasını sağlamaktadır. Günlük, aylık ve yıllık olarak günışığı performansının değerlendirilmesine imkan vermesi, aynı zamanda statik günışığı değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi tek bir noktada yer alan günışığı aydınlığının ele alınmasının yerine bir hesap düzlemi oluşturularak mekanın bütününde ya da çalışma düzlemi boyunca gerçekleşen günışığını ele alması iklime dayalı günışığı değerlendirme yöntemlerinin günışığı performansının değerlendirilmesinde daha doğru sonuçların alınması adına kullanımını arttırmaktadır. Resmi olarak herhangi bir literatürde ölçüt olarak yer almayan iklime dayalı günışığı değerlendirme yöntemleri, bu anlamda yapılan çalışmalarda günışığı performansının ortaya konulması adına büyük oranda kullanılmaktadır.

Günışığının değişken ve dinamik yapısı sebebiyle mekan içerisinde görsel performansın sağlanmasına yönelik değerlendirmelerin bir bütün olarak ele alınması gerekmekte, bu sebeple bazı durumlarda tek bir değerlendirme yöntemi günışığı performansının ortaya konulması adına yeterli olmayabilmektedir. Bu anlamda günışığı değerlendirme yöntemlerinin (statik ve dinamik olmak üzere) yapının tipolojisine, mekânın kullanım amacına, kullanım süresine ve günışığının analiz amacına göre seçilmesi önemli olmaktadır. Aynı zamanda yapının tasarım evresine ve gerekliliklerine göre de değerlendirme yöntemlerinin kullanımları farklılaşabilmektedir.

Sonuç olarak amaca ve tipolojiye yönelik doğru bir günışığı değerlendirme yöntemi ile elde edilen veriler standartlarda, tasarım rehberlerinde, ölçme sistemlerinde ve yapılan çalışmalarda yer alan minimum değerlere göre yorumlanmakta, bu sayede cepheye ait açıklık tasarımları gibi iç mekanda günışığı performansını etkileyen değişkenlere yönelik karşılaştırmalar yapıp, en iyi performansı veren cephe tasarımı belirlenebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Leslie,RP., Radetsky, LC.,Smith,AM., (2012). Conceptual design metrics for daylighting, Lighting Research Technology, Vol:44, page:277-290
- [2] Şener,F.,Y. (2016). Cephe Tasarımında Günışığı Performansının Değerlendirilmesi: Güncel Yaklaşımlar, 2.Ulusal Yapı Fiziği Ve Çevre Kontrolü Kongresi, 04-06 Mayıs, İstanbul
- [3] Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. Leukos, 3 (1),7-31.
- [4] Littlefair, P. J. (2011). BRE Report Site Layout Planning for daylight and sunlight: A good practice, Second Edition, Building Research Establishment, Watford, U.K
- [5] BS 8206-2:2008. (2008). Lighting for buildings- Part 2: Code of practice for Daylighting
- [6] Mardaljevic,J., Hescong,L., Lee,E. (2009). Daylight metrics and energy savings, Lighting Research and Technology,Vol:41, page:261-283
- [7] Galatioto,A., Beccali,M.(2016). Aspect and issues of daylighting assesment:A Review Study,Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol:66, page:852-860
- [8] Nabil,A., Mardaljevic,J.(2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings, Lighting Research and Technology, Vol:37(1), page:41-59
- [9] IEA, Energy audit and inspection procedures, A Technical Report of IEA SHC Task 50[C4]:[Daylight performance assessment methods], International Energy Agency, 2016
- [10] IES,LM-83-12 : Approved Method:Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), 2013, Illuminating Engineering Society.
- [11] Şener,F.,Y. (2014). Sürdürülebilir Çevre İçin Mimari Aydınlatma Sistemi Tasarımında Kullanılabilecek Bir Yaklaşım,(Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] EN 12464. (2011). Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces. CEN/TC 169, European Committee for Standardisation.
- [13] Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N.,Christoffersen, J.(2011). Daylighting Metrics For Residential Buildings, 27th Session of the CIE, July 11-15, Sun City, South Africa.

CEPHELERDE KULLANILAN FOTOVOLTAİK PANELLERİN YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

Muammer Yaman¹

Konu Başlık No: 3. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Son dönemlerde yaşanan enerji krizleri sonucunda, binalarda enerjinin korunumu kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneşin, binalarda enerji üretiminde kullanılması fotovoltaik paneller aracılığı ile olmaktadır. Fotovoltaik panellerin bina cephelerinde kullanımı gittikçe yaygınlaşmıştır. Cephelerde fotovoltaik panellerin kullanılmasında yangın güvenlik önlemleri önemli bir kriterdir. Bu çalışmada; cephelerde kullanılacak olan fotovoltaik panellerin binaya yangın yükü getirmesi ve bu hususta alınabilecek yangın güvenlik önlemleri üzerinde durulmuştur. Ülkemizde bina cephelerinde kullanılacak olan fotovoltaik panellerin yangın güvenliği kapsamında; yönetmelik, tasarım ve malzeme açısından değerlendirilmesi yapılmış ve fotovoltaik panellerin ülkemizde kullanımına dair öneriler getirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Cephelerde Yangın Güvenliği, Malzeme ve Yangın, Yangın Yayılımı, Yangın, Fotovoltaik Paneller

ABSTRACT

As a result of energy crisis; within the scope of conservation of energy in buildings, renewable energy sources is greatly needed. The sun, which is one of the sources of renewable energy, is used through the use of photovoltaic panels for energy production in buildings. The use of photovoltaic panels on building facades has become increasingly common. Fire safety precautions in the use of photovoltaic panels is an important criterion. In this study; it is mentioned that photovoltaic panels to be used in buildings facades bring fire load to the buildings and fire safety precautions that can be taken on this regard are emphasized. In our country, photovoltaic panels to be used on building facades have been evaluated in terms of regulation, design and material within the scope of fire safety and proposals have been made for the use of photovoltaic panels.

KEY WORDS

Fire Safety on Facades, Material and Fire, Spread of Fire, Fire, Photovoltaic Panels.

¹ Araştırma Görevlisi, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara. (mimar.myaman@gmail.com)

1. GİRİŞ

Son dönemlerde, insanların ihtiyaçları doğrultusunda enerji kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır. Enerjiye duyulan ihtiyaçla birlikte, mevcut kaynakların tükenmesi gündeme gelmiş ve insanlar yeni kaynak arayışında bulunmuşlardır. Özellikle temiz ve tükenmeyecek olan enerjinin kullanımı ön planda tutulmuş ve doğal kaynaklara ilgi artmıştır. İnsanın yaşam sürecinin çoğunlukla binalarda geçmesi yönünden, binalarda kullanılan enerjinin üretilmesi ve sürekliliğinin sağlanması önemli olmuştur. Binalarda enerjinin kullanımı konfor gereksinimlerine göre şekillenmektedir. Binalar çerçevesinde enerjinin üretilmesine yönelik bilinen yöntemlerden biri fotovoltaik panellerin kullanımı ile olmaktadır. Fotovoltaik paneller güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir. Günümüzde binaların yapı kabuğunda sıklıkla tercih edilmektedir.

Fotovoltaik panellerin enerji üretmesinde, en kritik durum paneller ve güneş ilişkisidir. Güneş ile temas halinde olması gerekli olan panel elemanların son dönemlerde cephede de çok sık kullanıldığını görmekteyiz. Cephede; doğrudan cephe elemanı olarak kullanılması, cephede bir kaplama elemanı olarak kullanılması veya cephede gölgelendirme elemanı olarak kullanılması gibi durumlarda karşımıza çıkmaktadır. Bu farklı kullanımların olması tasarımdan veya fiziksel konfor koşulları gereği ortaya çıkmaktadır. Fotovoltaik panel türlerinin kullanımlarında elektriğin olması, olası bir yangın anında büyük risk oluşturmaktadır. Yangının ortaya çıkmasına sebep olabileceği gibi yangının hızlı bir şekilde yayılmasına da sebep olabilmektedir. Bu çalışmada; cephelerde kullanılan fotovoltaik paneller incelenmiş ve örneklerle desteklenerek açıklanmıştır. Aynı zamanda cephelerde kullanılan fotovoltaik panellerde alınması gereken yangın güvenlik önlemleri üzerinde durulmuş, yönetmelik, malzeme ve tasarım açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. CEPHELERDE FOTOVOLTAİK PANEL KULLANIMININ İNCELENMESİ

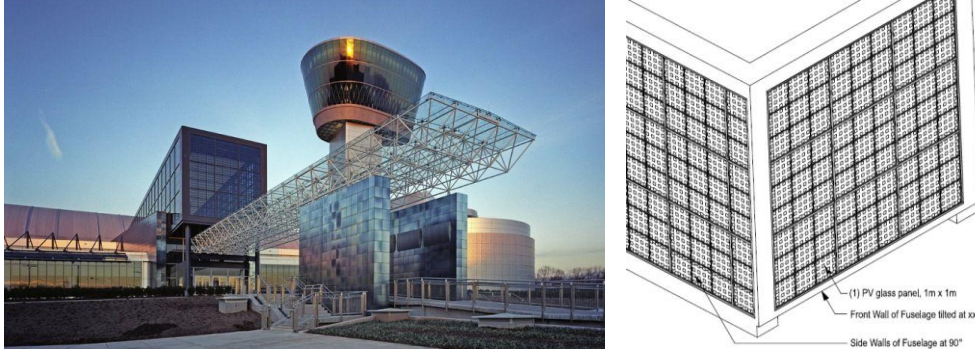
Bina ölçeğinde fotovoltaik panellerin kullanılması genel olarak bina üst kabuklarıydı. Güneş ile temasın en çok sağlandığı yüzeyler olarak üst kabuklar, bu amaçla doğru bir yaklaşım olmaktadır. Günümüzde çatı türlerinin değişmesi, çatıda yeterli alanın bulunmaması ve çatının insan kullanımına açılması gibi sebeplerden dolayı, panellerin cephelerde kullanımı yaygınlaştı. Fotovoltaik panellerin cephelerde kullanımında da çatı kullanımına benzer olarak güneş ile ilişkisi önemsenmelidir. Ağaçlar, diğer binalar, yapısal olmayan kent mobilyaları gibi gölgelenmesine sebep olabilecek elemanlar ve güneş açısı dikkate alınmalıdır. Çatı ve cephelerde kullanımının karşılaştırılması yapıldığında ise, iklimsel veriler ve enlem ilişkisi büyük parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Kış mevsiminde çatıdaki panelin karla kaplı olması söz konusu olduğundan daha az enerji üretmesi kaçınılmazdır. Mevsimden mevsime göre de değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda; çatı ve cephede konumlandırılmış fotovoltaik panelin verim karşılaştırılması yapılırken, bölgesel alanda çalışmanın yapılması ve sonuçlarının sadece o bölgede geçerliliğinin sağlanması gerekmektedir [1].

Fotovoltaik panellerin kullanılmasında en temel etken enerji üretimi olarak bilinmektedir. Enerji üretiminin yanı sıra fotovoltaik paneller diğer konfor koşullarını da desteklemektedir. Özellikle cephelerde kullanılmasında bu yönlerden de binaya kazanç sağlamaktadır. Binalarda kullanım türüne bağlı olarak; gürültü önleme, ısı yalıtımı, elektromanyetik koruma, estetik özellik oluşturma, güvenliğin sağlanması, su ve nem korunması, güneşten korunma gibi özellikleri de sağlamaktadır.

Fotovoltaik panellerin binalarda kullanılmasında iki farklı sistem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi binaya adapte edilen, uyarlanabilen, sistemlerdir (Building Adopted / Applied Photovoltaics, BAPV). Bu sistemler, binaya sadece statik yükünü aktararak, enerji üretme amaçlı kullanılırlar. Genellikle çatıya takılarak kullanımı yaygındır. Bina yaşam döngüsüne baktığımızda bu sistemlerin istenilen zamanda takılması ve sökülmesi gerçekleşebilir. Tasarımdan bağımsız olarak, proje yapım sürecinden sonra da eklenebilir. İkincisi ise proje başlangıç aşamasında tasarımda karar verilerek uygulanan, binaya entegre sistemlerdir (Building Integrated Photovoltaics, BIPV). Bu sistemlerin kullanılmasında

bina ile ilişkisi, tasarım aşamasında düşünülmelidir. Binanın bileşenlerinden çatılarda, cephelerde, balkon yüzlerinde ve parapetlerde kullanımı bulunmaktadır (Fotoğraf 1.) BIPV sistemler binalarda çok fazla kullanım alanı ve alternatif sunmaktadır. Ulaşım yapılarında da kullanımı oldukça yaygındır. Otopark ve durak üst örtülerinde, küçük barınak alanlarında kullanımı göze çarpmaktadır [2].

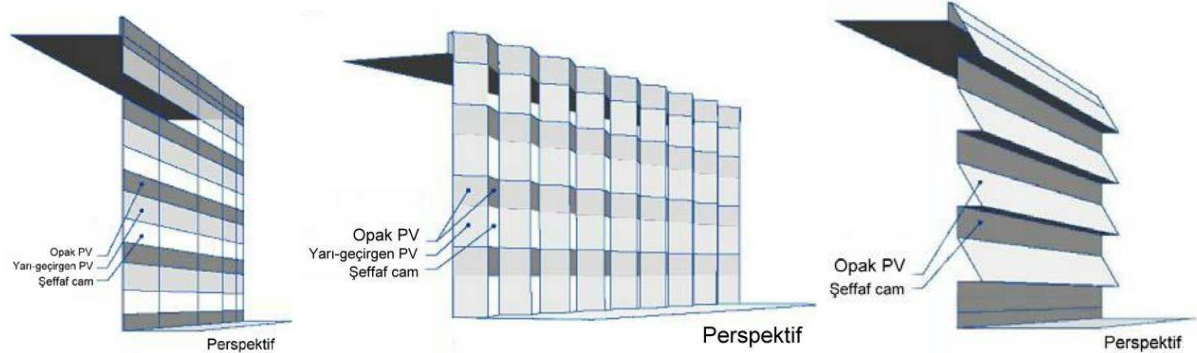
Fotoğraf 1. Binaya entegre sistem örneği ve detayı, National Air Space and Museum, Washington [3]



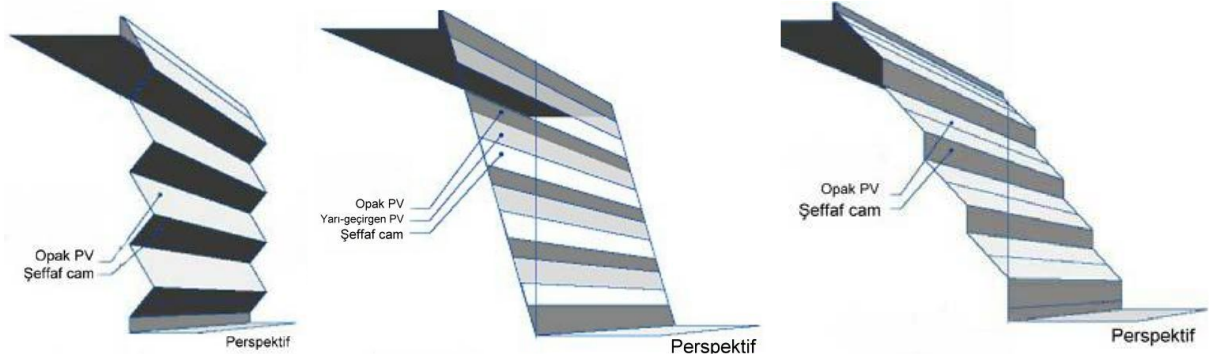
Binaya entegre sistemlerin cephelerde uygulanmasında üç farklı sistem bulunmaktadır. Bu sistemlerden birincisi, dış duvar sistemini fotovoltaik panellerle oluşturan sistemlerdir. İkincisi, dış duvar sisteminin son katmanına gelerek bir kaplama malzemesi gibi oluşan sistemlerdir. Üçüncüsü ise cephelerde ikinci bir ek eleman olarak genellikle gölgeleme amaçlı kullanılması ile oluşan sistemlerdir. Güneş kırıcı paneller, saçaklar, balkon parapetleri bu gruba girmektedir.

2.1. Cephe Dış Duvar Sistemi Olarak Fotovoltaik Paneller

Binalarda dış duvar sistemi olarak fotovoltaik panellerin kullanılması günümüzde pek çok yapı türünde oldukça yaygındır. Giydirme cam cephe sistemi olarak binaya entegrasyonu sağlanabildiği gibi binanın bazı saydam bölümlerinde de kullanılmaktadır. Fotovoltaik paneller, modüler metal ızgaralara takılarak buradan da binanın strüktürel sistemine yük aktararak taşınırlar. Ayrıca panel fotovoltaik elemanlar doğrudan bina taşıyıcı sistemine takılıp, taşıtılabilir. Panellerin cephelerde bu şekilde kullanılmasında çeşitli varyasyonlar oluşmuştur. Düzlemsel giydirme cephe sistemleri, düşeyde kırıklı giydirme cephe sistemleri, yatayda kırıklı giydirme cephe sistemleri, akordiyon giydirme cephe sistemleri, eğimli düzlemsel giydirme cephe sistemleri, eğimli kırıklı giydirme cephe sistemleri ve taşıyıcılı cam cephe sistemleri (panel) olarak varyasyonları bulunmaktadır (Şekil 1-2). Kullanılan sistem olarak varyasyonlarının yanı sıra kullanılan malzemeler, katmanlaşma, eğimler ve ölçüler oranında da büyük çeşitlilikler ortaya çıkmaktadır [4].



Şekil 1. Dış duvar sistemleri olarak fotovoltaik panel çeşitlerinin kurgulanması; düzlemsel giydirme cepheler (a), düşeyde kırıklı giydirme cepheler (b), yatayda kırıklı giydirme cepheler (c) [5]



Şekil 2. Dış duvar sistemleri olarak fotovoltaik panel çeşitlerinin kurgulanması; akordiyon giydirme cepheler (a), eğimli düzlemsel giydirme cepheler (b), eğimli kırıklı giydirme cepheler (c) [5]

Bina cephelerinde fotovoltaik panellerin dış duvar elemanı olarak kullanılmasında geçirimsizlik-geçirimsizlik oranları önemli olmaktadır. Bu durumun temel belirleyicisi bina fonksiyonudur (ticari, konut, ofis, eğitim vb.). Mekân içi istenilen aydınlanma oranı (ışık etkisi) ve ısı oranı, zararlı ışınların emilmesi durumu, ışık ve gölgelenme seviyeleri, mahremiyet algısı bu konuda temel belirleyicilerdir. Bu bağlamda, panel üretim sektöründe saydamlık oranlarına göre malzemelerde değişkenlik ortaya çıkmaktadır. Geçirgen, yarı geçirgen ve geçirgen olmayan panel üretimleri bulunmaktadır [6].

Belçika'nın Aalst kentinde bulunan The OLV Hospital binasında özel bir uygulama yapılmıştır. BIPV sistemlerinin uygulanması ile cephede iki katmanlı cam elemanlarla enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Sistem olarak eğimli düzlemsel cephe sistemi (45 derece) seçilmiş ve 500 metrekarelik alanda yıllık 31,122 kWh enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Seçilen alüminyum çerçeveli sistemlerde 120 x 240 cm ebatlarında fotovoltaik paneller kullanılmıştır [7] (Fotoğraf 2).

Fotoğraf 2. The OLV Hospital binasının güney cephesinde fotovoltaik panel kullanımı [7]



2.2. Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Fotovoltaik Paneller

Bina cephe sistemlerinde duvar önü giydirme cepheler çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Duvar önü giydirme cepheler, duvarın dış yüzeyinde çeşitli yalıtım malzemeleri kullanarak ve hava boşluğu bırakarak son bitiş malzemesi olarak yer almaktadır. Fotovoltaik panellerin de bu tipte kullanımları oldukça yaygındır. Işık geçirgenliği düşünülmeden, sağır bir yüzeyde kullanılabilmesi tasarım açısından kolaylık sunmaktadır. Belirli aydınlatma ve havalandırma koşulları için cephe genelinde şeffaflıkların açılması gerekli olmaktadır. Panellerin alüminyum çerçevelerinin belirli noktalardan binanın strüktürel sistemine taşınması sonucu yük aktarımı gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerin kararı tasarım aşamasında olmakla birlikte binaya sonradan da uyarlanabilmektedir. Fakat alınacak verim düşüldüğünde bina ile ilişkisi sorgulanmalı ve proje tasarım aşamasında kararların alınması daha doğru bir yaklaşım olmaktadır. Sistemin dezavantajı olarak binaların en değerli cephelerinin (ışık ve

ısı performansı açısından) güneş ile temas halinde olan cepheler olması bakımından, bu cephelerin sağır elemanlarla kapatılması proje tasarım fikir ölçeğinde değerlendirilmelidir. Çift katman olarak düşünülen cephelerin iki katmanında da cam kullanılması bu hususta önerilmektedir. Fiziksel çevrenin uygun konfor parametrelerinde olmasına dikkat edilmelidir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Inglewood şehrinde bulunan Green Dot Animo Leadership High School binasının güney cephesinde, kaplama malzemesi olarak fotovoltaiik paneller kullanılmıştır. Cephede belirli şeffaflıklar dışında cephe bitiş malzemesi olarak tamamen fotovoltaiik panel kullanılmıştır. Cephe yakınında güneş ışınlarını engelleyecek herhangi bir donatı yoktur. 650 adet fotovoltaiik panel kullanılmıştır [8] (Fotoğraf 3).

Fotoğraf 3. Green Dot Animo Leadership High School binasında kullanılan panel sistemi [8]



2.3. Cephede Ek Eleman Olarak Fotovoltaiik Paneller

Fotovoltaiik paneller cephede ek bir konstrüksiyon kurularak, ara eleman olarak kullanılabilir. Güneş kırıcı paneller (yatay ve dikey), saçaklar, balkon parapetleri, pencere panjurları gibi elemanların fotovoltaiik panellerle desteklenmesi bu duruma örnek verilebilir [9]. Özellikle bu ek elemanların günün belirli saatlerinde hareketli olması panel enerji üretim performansını artırmaktadır. Aktif veya pasif bir düzenek ile sistemin çalıştırılması uygun enerji üretim koşullarını sağlayacaktır.

Amerika Birleşik Devletleri tarafından düzenlenen Güneş Dekatlonu yarışmasında öğrenciler tarafından inşa edilen uygulama, bu alanda dikkat çekmektedir. 2007 yılında yarışmada derece alan 2015 Yılı Prototip Evi-Almanya Yapımı projesi kullandığı sistem bakımından yenilikçi ve sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmektedir. Projede dış cephe kaplaması olarak kullanılan kayın latalar, güneş kırıcı olmanın ötesinde bağlı olduğu otomasyon sistemi sayesinde içinde sakladığı fotovoltaiik hücrelerin gün boyu açı değiştirerek binaya enerji üretmesini sağlamaktadır. Fotovoltaiik panjurlar doğu, batı ve güney cephelerinde bulunmaktadır [10] (Fotoğraf 4).

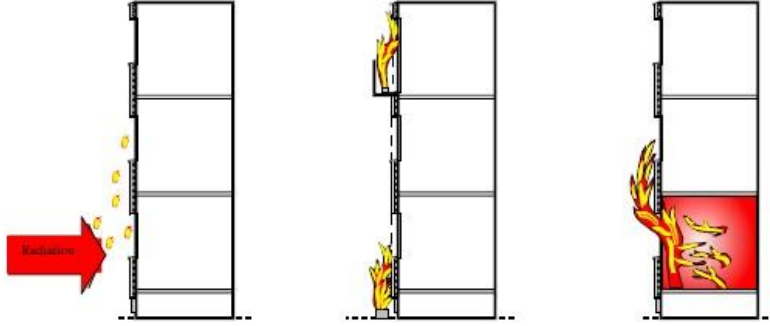
Fotoğraf 4. Cephe panjur sisteminin fotovoltaiik panellerle desteklenmesi [10]



3. FOTOVOLTAİK PANELLİ CEPHELER VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Günümüzde kullanılan teknoloji ile birlikte yapım sistemleri ve yapı malzemeleri büyük oranda ilerleme kaydetmiştir. Farklı malzemelerin ortaya çıkması, uygun konfor parametrelerine ulaşılması hususunda değerlendirilmelidir. Yangın güvenliği bakımından malzemelerin incelenmesi bu parametreler arasındadır. Malzemelerin yangın anındaki davranışı, yanıcılık sınıfı, zehirli gaz çıkarma özelliği, damlama özelliği bilinmelidir. Yangının yayılmasının hızlı bir şekilde gerçekleştiği düşünüldüğünde kullanıcının can güvenliğinin sağlanması esastır.

Yangının ortaya çıkmasında ve yayılmasında cepheler kritik birer yapı elemanlarıdır. Dış ortamdan kaynaklı bir yangının binaya ulaşmasında (iletim, taşıma, ısıtım yolu ile), bina içindeki yangının diğer katlara yayılmasında cepheler risk taşımaktadır (Şekil 3). Aynı zamanda cephelerde yatay ve düşey bir önlem alınmadığında yangının cephe boyunca ilerlemesi dikkat edilmesi gereken bir durumdur [11]. Binalarda ortaya çıkan yangınlara cepheden müdahale edileceği düşünüldüğünde cephenin belirli bir süre yangına karşı dayanımı sağlanmalıdır. İtfaiye ekiplerinin ve çevredeki insanların can güvenliğine dikkat edilmelidir. Cepheden kopan, düşen parçaların yeni bir yangına sebep olmaması, çevreye zarar vermemesi gerekmektedir.

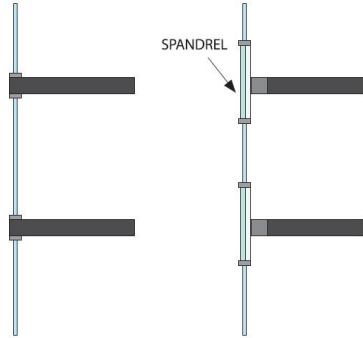


Şekil 3. Cephelerde yangının ortaya çıkması ve yayılma sebepleri [12]

Cephelerde fotovoltaik panellerin kullanılmasına, belirli yangın güvenlik önlemlerinin alınma durumuna bağlı olarak izin verilmelidir. Fotovoltaik panellerde yangın iki farklı türde meydana gelmektedir. Birincisi yangının panellerden kaynaklı olarak ortaya çıkmasıdır. Yüksek voltaj, kısa devre, güçlü akım vb. buna sebep olmaktadır. İkincisi ise dış ortam kaynaklı olarak panellere ulaşan yangınlardır. Yangının iki türlü ortaya çıkmasında da alevler hızlı bir şekilde cephede yayılacaktır. Aynı zamanda olası bir cephe yangınında fotovoltaik paneller yanarken, zehirli gaz açığa çıkmaktadır. Dumanın iç mekanlara sirayet etmesi insan sağlığı açısından ve özellikle can güvenliği açısından tehlikeli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Elektrik kullanımı ve üretimi düşünüldüğünde ise yangının ortaya çıkması kolaylaşmaktadır. Yangının elektrik kaynaklı olması ve jeneratör motoruna, akülere ulaşması büyük risk taşımaktadır. Tüm bu kritik durumlar neticesinde, fotovoltaik panellerin yanıcılık sınıfı bilinmelidir. Zehirli gaz çıkarma özelliği ve yangın anında damlama özelliği araştırılmalı, tasarım aşamasında belirli kararlar neticesinde kullanılmalıdır [13].

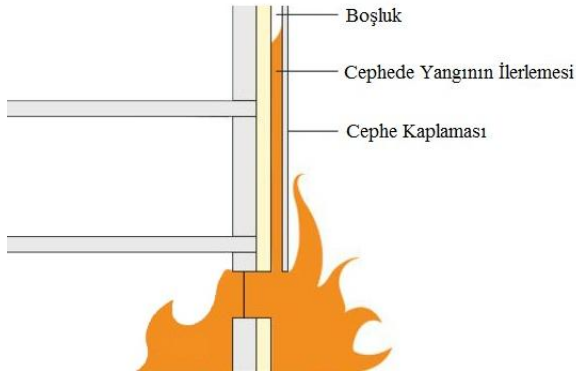
Cephede dış duvar sistemi olarak kullanılan fotovoltaik panellerin yangın anındaki davranışları kritik olmaktadır. Bu sistemler yangın güvenliği açısından hem iç mekân hem de dış mekân ile ilişki kurması bakımından büyük risk taşımaktadır. Olası bir yangında, aşırı ısıya maruz kalan cephe konstrüksiyon elemanlarının mukavemetini kaybetmesi ve erimesi sonucu paneller düşecektir. Yanıcı panel elemanların da yangın anında tutuşması ve duman açığa çıkarması yangın güvenliği bakımından özellikle iç mekânda sorun oluşturmaktadır. Aynı zamanda cephenin düşey sürekliliğinde kesintiler tasarlamak, yangının ve dumanın yayılmasında bir engel oluşturmak gerekmektedir. Fotovoltaik paneller cephede döşeme aralarında kullanılabildiği gibi cephede döşemeye asılarak da kullanılabilmektedir. Bu durumda cephe ve paneller arasında spandrel bölüm denilen alanlar oluşmaktadır. Spandrel alanların uygun detay çözümleri ile tamamlanması; yangın alevi ve dumanının

katlar arası geçişine engel olması gerekmektedir (Şekil 4). Fotovoltaik panel yangınlarında diğer tüm yangınlarda olduğu gibi elektriğin devre dışı kalması gerekmektedir. Aksi halde yangın daha çok büyüyecek ve yayılması kolaylaşmış olacaktır.



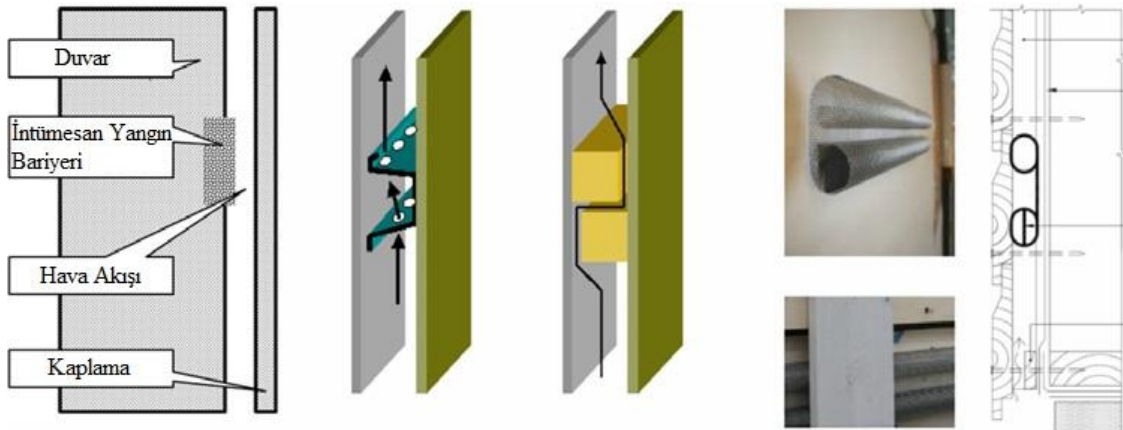
Şekil 4. Cam panellerin döşemeler arası taşınması ve cepheye asılarak taşınması [14]

Cephede kaplama malzemesi olarak kullanılan fotovoltaik panellerde yangın güvenliği açısından dikkat edilmesi gereken durum ise hava boşluğunun bulunmasıdır. Yangın anında hava boşluğu, baca etkisi (stack effect) olarak çalışmaktadır. Yangın ve dumanın üst katlara taşınmasında hızlandırıcı etkisi bulunmaktadır (Şekil 4). İç mekânda ortaya çıkan yangının boşluklara dolması; cephe açıklıklarına ve cephede bırakılan boşluk oranlarına göre farklılık göstermektedir [15].



Şekil 4. Cephede kaplama malzemesi olarak kullanılan fotovoltaik panellerde yangın yayılımı [16]

Yangının panel arkasından ilerlemesini önlemek için, yatay olarak belirli önlemlerin alınması gerekmektedir. Yatayda kullanılan yangın bariyerleri ve hava boşluğu içinde tasarlanan özel elemanlar aracılığı ile yangın ve dumanın üst katlara yayılması engellenmektedir [15]. Hava boşluğu arkasında bulunan katman malzemelerinin yanıcılık değerine, cephede bulunan açıklık oranlarına dikkat edilmelidir. Cephe geometrisinin de bu bağlamda ele alınması gerekmektedir. Yangının ve dumanın cepheden uzaklaşması, cephe geometrisinin doğru şekilde tasarlanması ile kolaylaşmaktadır.



Şekil 5. Havalandırılmalı cephelerde yatay yangın bariyerleri tasarımı [17]

Cephede ek eleman olarak kullanılan panellerin yangın anında alevi ve dumanı cepheden uzaklaştırabilecek şekilde konumlanması gerekmektedir. Özellikle güneş kırıcı elemanların yangını cepheden uzaklaştıracak şekilde kurgulanması, açılarının tayin edilmesi önemlidir. Yangını ve dumanı dış ortama atabilecek şekilde konumlandırılmalıdır. Cephelerde ek elemanların taşıtılmasına konstrüksiyon amaçlı kullanılan alüminyum profillerinde yangın anında belirli bir süre dayanımını korunması gerekmektedir. Aksi takdirde yangından kaçan insanları ve itfaiye çalışanlarını yaralayabilir ve hatta can kaybına sebep olabilmektedir.

Fotovoltaik panelli cephe sistemlerinde pasif önlemlerin uygun şekilde çözümlenmesi alev ve dumanın verebileceği zararı azaltmaya yardımcı olur. Pasif önlemlerin güçlenmesine yönelik bina içinde bir takım aktif önlemlerin de alınması gerekmektedir. Aktif önlemler ise yangın anında devreye girerek daha çok algılama, uyarı ve söndürme odaklı sistemlerdir. Pasif sistemleri destekleyerek insanların tahliyesini kolaylaştırmaktadır. Aktif yangın güvenlik önlemleri yangına başlangıç aşamasında müdahale ederek yangının büyümesini ve yayılmasını engellemektedir [18]. Aynı zamanda fotovoltaik panel bulunan cephelerde aktif söndürme sistemlerinin bulunması, soğutma çalışmaları bakımından önemli bir yangın güvenlik önlemidir. Yangın yayılmasının engellenmesi ve kontrol altına alınması bakımından önemli bir güvenlik parametresidir.

Ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) kapsamında, bina cephelerinde birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bina yüksekliği 28.50 m'den fazla olan binaların dış cephelerinde zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemeden, diğer binalarda ise en az zor alevlenici (en az C-s3,d2) malzemeden olması gerekir. Alevlerin bir kattan diğer kata geçişlerini engellemek için, iki katın pencere gibi korumasız boşluklarında, 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe malzemesi ile dolu yüzey oluşturulması esastır veya aktif söndürme sistemlerinin belirli özelliklerde kullanılması gerekmektedir. Fotovoltaik panellerin dış duvar sistemi olarak kullanılmasında ve bina kaplama malzemesi olarak kullanılmasında bu kurallara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yanıcılık değerleri dikkate alınmalı ve tasarımlarda uygun bina yüksekliklerinde kullanılmalıdır. BYKHY kapsamında giydirme cephe sistemlerinde cephe elemanları ve alevlerin geçebileceği boşlukları bulunmayan döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara atlamasının engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımını sağlayacak şekilde yalıtılmalıdır. Derzleri açık ve havalandırılmalı giydirme cephe sistemlerinde cephe ve yalıtım malzemeleri en az zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemelerden olmalıdır [19]. Fotovoltaik panellerin kullanılmasında da ulusal yönetmelik verilerine dikkat etmek gerekmektedir. Fotovoltaik panelli cephe kullanımının gelecekte artacağı düşüncesiyle, yönetmeliklerin revize edilmesi ve sonuçlarının kötü olmaması için yangın güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Fotoğraf 5. Fotovoltaik panellerin yanması ve yapı kabuğuna etkisi [20]



Ülkemizde fotovoltaik panel kullanımının yaygınlaşması son dönemlerde ivme kazanmıştır. Uygulama alanında fotovoltaik panellerin binalardan bağımsız olarak kullanılmasına çok sık rastlamaktayız. Binalarda kullanımında ise çatılar daha çok ön plana çıkarak kullanım alanı sunmaktadır. Cephelerde kullanımı ise çok fazla ilerleme kaydedememiştir. Gelişmekte olan

teknolojilerle birlikte cephe kullanımları da artacak ve ülkemizde kullanım örnekleri çoğalacaktır. Binalarda enerji kullanımı, ısıtma-soğutma ve aydınlatma yükleri düşünüldüğünde, gelecek dönemlerde uygulamalarına daha çok rastlayabilmek mümkün olacaktır. Fotovoltaik panellerin mevcut binaların cephelerine entegre edilmesi konusunda da belirli performans değerlerinin sağlanması gerekmektedir. Yapılacak olan yatırımın ömrü ve çalışabilirliği önemli olmaktadır.

4. SONUÇ

Geçmişten günümüze enerjinin kullanımı ve tüketimi incelendiğinde; hızla tükenen kaynakların olması ve küresel ısınmanın yaşanması sonucu yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Enerjinin üretilmesi hususunda dünya genelinde özellikle gelişmiş ülkelerde büyük yatırımlar yapılmakta ve teşvik edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneşten enerji üretilmesi de çok sık başvurulmuş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Binalarda ve binalardan bağımsız olarak kullanılabilen fotovoltaik sistemler aracılığı ile enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda binaların cephelerinde kullanılan fotovoltaik panellerle enerji üretimi sağlanmaktadır. Bina cephelerinde kullanılacak olan fotovoltaik panellere ilişkin performans kriterlerinin bulunması ve tasarım sürecinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Yatırım maliyeti, cephenin güneşlenme süreci, yönlenme gibi parametreler belirleyici olmakla birlikte güvenlik parametrelerinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Cephelerde fotovoltaik panellerin kullanılmasında yangın faktörüne dikkat edilmelidir. Fotovoltaik panellerde elektrik akımının olması yangın anında büyük bir risk oluşturmaktadır. Bu durumda, üreticilerin panelleri ve bileşenlerini yangına karşı dayanıklı üretmesi gerekmektedir. Üretim ve uygulama alanında kullanılan yönetmelik ve standartlar oluşturulmalı, kullanıcılar bu kurallara uymalıdır. Panellerin testlerinin yapılması ve sertifikalandırılması esas olup, ülkemiz çerçevesinde ele alınmalı, yetersiz kalınan durumlarda gelişmiş ülke mevzuatları incelenmelidir.

Fotovoltaik panelli cephelerde yangının ortaya çıkış ve yangının yayılma sebeplerine dikkat edilmelidir. Cephelerde kullanım şekilleri ve panel bağlantı yöntemlerine göre farklı çözüm önerileri geliştirilmelidir. Cepheye yakın mesafede yanıcı malzemelerin bulundurulmaması gerekir. Panel kablo düzeneklerinin dış ortam ile bağlantısı kesilmeli ve uygun şekilde yalıtılmalıdır. Panel bakımlarının yapılması, enerji üretim değerlendirmelerinin periyodik olarak yapılması gerekmektedir. Cephelerde fotovoltaik panel kullanılması durumunda cephe katman malzemelerinin yanmaz malzemelerden seçilmesi gerekmektedir. Cephelerde yangın ve dumanın yayılmasına izin vermeyen yatay yangın bariyerleri kullanmak gerekmektedir. Fotovoltaik panel kullanılan cephelerin her biri için uygun yangın güvenlik önlemlerinin alınması, insan can ve mal güvenliğinin sağlanması açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Grana, P., Haroldson, C. 2017. Dış Cephe Duvarlarına Monte Edilen Güneş Panelleri Yükselen Bir Trend Mi, Çok Küçük Bir Uygulama Alanı Mı? *Yeni Enerji*, Sayı: 60, s. 54-59, İstanbul.
- [2] Sunrise & Strengthening the EU PV Sector by Cooperation with Important Stakeholders. 2010. Building Integrated Photovoltaics A New Design Opportunity For Architects, Project.
- [3] Eiffert, P., Kiss, G.J. 2000. Building Integrated Photovoltaic Design For Commercial And Institutional Structures, A Sourcebook For Architects. *NREL*, s. 11-18, New York.
- [4] Sayın, S., Koç, İ. 2011. Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 26, Sayı: 3, s. 9-106, Konya.
- [5] Kiss Cathart Anders Architects, 1993. Building-Integrated Photovoltaics, *NREL*, s. 12-25, Colorado.
- [6] Yaman, M. Sarıcıoğlu, P. 2017. Yapı Malzemesi Olarak Camın Performans Kriterlerinin İrdelenmesi. 2nd International Academic Research Congress, *Bildiriler Kitabı*, s. 889-896, Antalya.
- [7] İnternet: www.neat.network, Son Erişim Tarihi: 08.03.2018.
- [8] İnternet: www.designboom.com/architecture/brooks-scarpa-greendot-animo-leadershipschool, Son Erişim Tarihi: 08.03.2018.
- [9] Göksu, A.U., Zorer Gedik, G. 2017. PV Sistemlerin Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanımının Ofis Binası Örneğinde Değerlendirilmesi. *Çatı ve Cephe*, Sayı: 68 s. 58-62, İstanbul.
- [10] Guzowski, M. 2017. Sıfır Enerji Mimarlığına Doğru Yeni Güneş Enerjili Tasarım. *Yem Yayın*, Birinci Baskı, s. 146-161, İstanbul.
- [11] Altındaş, S. 2014. Cephelerde Yangın Oluşumu ve Yayılımı. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.
- [12] Kothhoff, I. 2012. Grundlagen für die Zulassung und die Normung des Brandverhaltens von Fassadenbekleidungen (Fundamentals for the Approval and Standardisation of the Fire Performance of Facade Cladding), Tagungsband der Braunschweiger Brandschutztage, 26. *Fachtagung Brandschutz bei Sonderbauten*, Liepzig.
- [13] Mazziotti, L., Cancelliere, P., Poduano, G., Setti, P., Sassi, S. 2016. Fire Risk Related to The Use of PV Systems in Building Façades. *2nd International Seminar for Fire Safety of Facades*, Lund
- [14] O'connor, D.J. 2008. Building Façade or Fire Safety Facade, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat Journal*, Sayı: 2, s. 30-39.
- [15] Chow, C.L. 2013. Full-Scale Burning Tests on Double-Skin Façade Fires. *Fire and Materials*, Sayı: 37, s. 17-34.
- [16] İnternet: <http://chimney.decorhouses.us/chimney-stack-effect-calculation/>, Son Erişim Tarihi: 08.03.2018
- [17] Östman B., ve diğerleri. 2010. Fire Safety in Timber Buildings. Technical Guideline for Europe. *SP Technical Research Institute of Sweden*, Report 2010:19.
- [18] Demirel, F. 2017. Binalarda Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri Yayınlanmamış Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- [19] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2015. Bakanlar Kurulu, Ankara.
- [20] Fiorentini, L., Marmo, L., Danzi, E., Puccia, V. 2016. Fire Risk Assessment of Photovoltaic Plants. A Case Study Moving from two Large Fires: from Accident Investigation and Forensic Engineering to Fire Risk Assessment for Reconstruction and Permitting Purposes, *Chemical Engineering Transactions*, Sayı: 48, İtalya.

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK KAPSAMINDA DONATILI GAZBETON ÇATI VE CEPHE ELEMANLARI

Zeynep ÇELİK¹
Koray UĞURLU²

Konu Başlık No: 1. Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Gelişen teknolojiye ve hızla artan nüfusa bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Enerji kaynaklarının bilinçsizce tüketilmesi, rezervlerin azalmasına, tüketim sonrası oluşan atıklar aracılığı ile çevre kirliliğine neden olmaktadır. Enerji tüketiminin yüksek olduğu sektörler arasında yapı sektörü önemli bir yere sahiptir. Dolayısıyla sürdürülebilirlik, günümüz mimarisinde önemli bir kavram olup gelecekte daha da önemli hale gelecektir. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımı sürdürülebilir mimari için en önemli adımlardan biridir. Bu nedenle bir binada kullanılacak yapı malzemesinin seçimi yapılmadan önce, malzemelerin yaşam döngüleri boyunca çevreyle olan etkileşimleri sorgulanmalıdır. Bu çalışmada istenilen sorgulama donatılı gazbeton çatı ve cephe elemanları üzerinden yapılacaktır. Örnek malzeme olarak ele alınan donatılı gazbeton çatı ve cephe elemanlarının; hammaddeleri, üretim süreci, şantiyeye nakliyesi, montajı, bakımı, kullanım ömrünü tamamladıktan sonraki geri dönüşümü ve yeniden kullanımı gibi yaşam döngüsü boyunca geçirmiş olduğu evrelerin, çevreyle olan etkileşimi değerlendirilecektir.

ANAHTAR KELİMELER

Sürdürülebilirlik, Gazbeton Çatı ve Cephe Elemanları, Yaşam Döngüsü Değerlendirme

ABSTRACT

Due to the developing technology and rapidly growing population, the need for energy is increasing day by day. Unconscious consumption of energy resources leads to decrease of reserves, pollution of environment via waste which is originated after consumption. Among the sectors where energy consumption is high, the building sector has an important place. Thus, sustainability is an important concept in today's architecture and will be even more important in the future. The use of sustainable building materials is one of the most important steps for sustainable architecture. Consequently, before choosing construction material which will be used in a building, its interactions with the environment must be questioned throughout the life cycle of the material. In this study, the requested query will be done through the reinforced AAC roof and façade components. As a sample building material reinforced AAC roof and facade components will be assessed in terms of environmental impact through the life cycle stages such as; raw material, production process, transportation to site, installation, maintenance, recycling and reuse.

KEYWORDS

Sustainability, AAC Roof and Facade Components, Life Cycle

¹ Zeynep Çelik, Türk Ytong San. A.Ş. Pendik/ İSTANBUL, 02163966600, 02163968294, zcelik@ytong.com.tr

² Koray UĞURLU, Türk Ytong San. A.Ş. Pendik/ İSTANBUL, 02163966600, 02163968294, kugurlu@ytong.com.tr

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminin yüksek olduğu sektörler arasında yapı sektörü önemli bir yere sahiptir. “2012 yılı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre, ülkemizde tüketilen toplam enerjinin % 35’i konutlar ve ticari binalardan oluşan bina sektöründen kaynaklanmaktadır. 2002-2012 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde bina sektörünün tükettiği enerji yaklaşık % 70 oranında artmıştır (ETKB, 2014). Bu artış oranının temel nedenleri, artan nüfus, şehirleşme, konut ve ticari bina sayıları olarak sıralanabilir. En önemli enerji çeşitlerinden biri olan elektrik enerjisi tüketiminde ise bina sektörünün toplam tüketimdeki payı yaklaşık % 50’dir (ETKB, 2013). Buna ek olarak, en önemli sera gazı olan karbondioksit (CO₂) salımlarının yaklaşık % 18’i konutlardan kaynaklanmaktadır (ÇŞB, 2013).”[1]

Enerjiye duyulan ihtiyacın ve kullanılan enerji miktarının bu denli yüksek olduğu yapılar, yaşam döngüleri boyunca işlevlerine göre çeşitli oranlarda çevre kirliliğine neden olmaktadır. Doğal kaynakların bilinçsizce kullanımı, yapım ve yıkım süreçleri sonucunda oluşan atıklar çevreye zarar vermektedir. Yapıların doğal çevreye verdiği zararların azaltılabilmesi için sürdürülebilir mimarlık kavramının iyi anlaşılması ve sürdürülebilir mimarlık için gerekli kriterlerin doğru bir şekilde belirlenmesi gereklidir.

Sürdürülebilir mimarlığın önemli adımlarından biri de yapıda sürdürülebilir malzemelerin tercih edilmesidir. Bu bağlamda yapıda kullanılan malzemelerin çevreye olan etkileri de tasarım aşamasından itibaren araştırılmalıdır. Çevreye karşı duyarlı, ham maddesinden yapıda kullanımına ve yapı ömrünün sona ermesine kadar geçen sürede çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyecek sürdürülebilir yapı malzemeleri tercih edilmelidir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİ

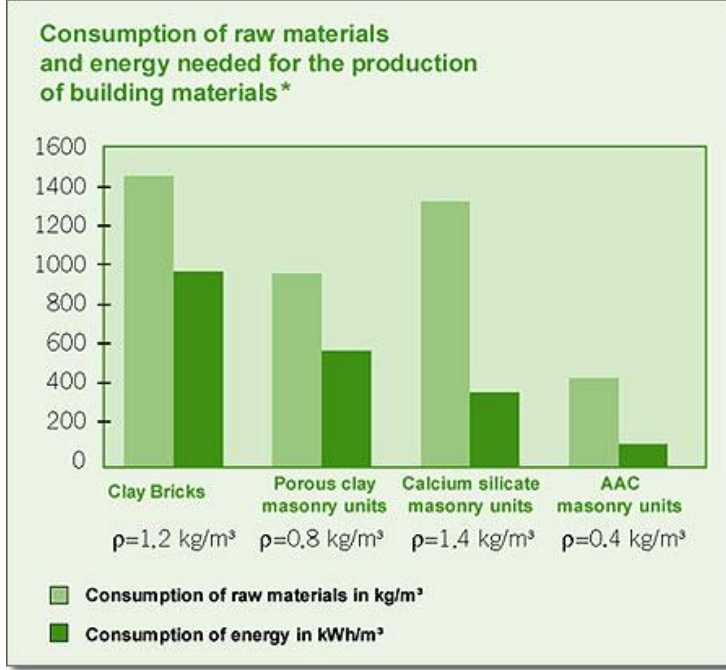
Çevreyle ilgili yapılan tüm çalışmaların temelini sürdürülebilirlik kavramı oluşturmaktadır. Sürdürülebilirlik “günümüzün ve gelecek kuşakların hayat kalitesine odaklanmak” olarak özetlenebilir. Kuşaklar boyunca ayakta kalması planlanan binalar bu nedenle önemlidir ve çevreye hayati müdahalelerde bulunurlar.

Mimarlık disiplininde sürdürülebilirlik kavramı hakkında farklı tanımlamalar olsa da genel anlamda bakıldığında sürdürülebilir mimarlık doğaya en az zararı verecek şekilde yapılaşmayı hedeflemektedir. Sürdürülebilir mimarlık, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren; çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür [2]. Sürdürülebilir mimarlıkta, yapıların planlanmasından geri dönüşümüne kadar olan mimari sürecin tümü sürdürülebilir olmalıdır. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımı da bu sürecin bir parçasıdır.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, yapı malzemeleri sektörü her geçen gün hızla gelişmektedir. Yapı malzemeleri açısından olumlu sonuçları olan bu gelişmeler çevre açısından bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile sürdürülebilir mimaride malzeme seçimi yapılırken üretiminde ve kullanımında çevreye zarar vermeyen sürdürülebilir malzemelerin seçimine dikkat edilmelidir. Sürdürülebilir yapı malzemeleri, yaşam döngüleri boyunca minimum düzeyde enerji harcayan, ham maddelerinin elde edilmesi, işlenmesi, kullanımı, bakım onarımı ve atık oluşumları sırasında çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemelerdir [3].

3. DONATILI GAZBETON ÇATI VE CEPHE ELEMANLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Yapı malzemesi seçiminin ekolojik ortam üzerinde geniş kapsamlı etkileri vardır. Bunlar hammaddenin çıkartılması ile başlar ve yeniden değerlendirme ya da depolanmasına kadar devam eder. Donatılı gazbeton çatı ve cephe elemanlarının, hammaddelerinin işlenmesinden atıkların bertaraf edilmesine kadar geçen süreçte, hammadde ve kaynak verimliliği yüksek, çevreye etki ise düşüktür. Şekil 1.



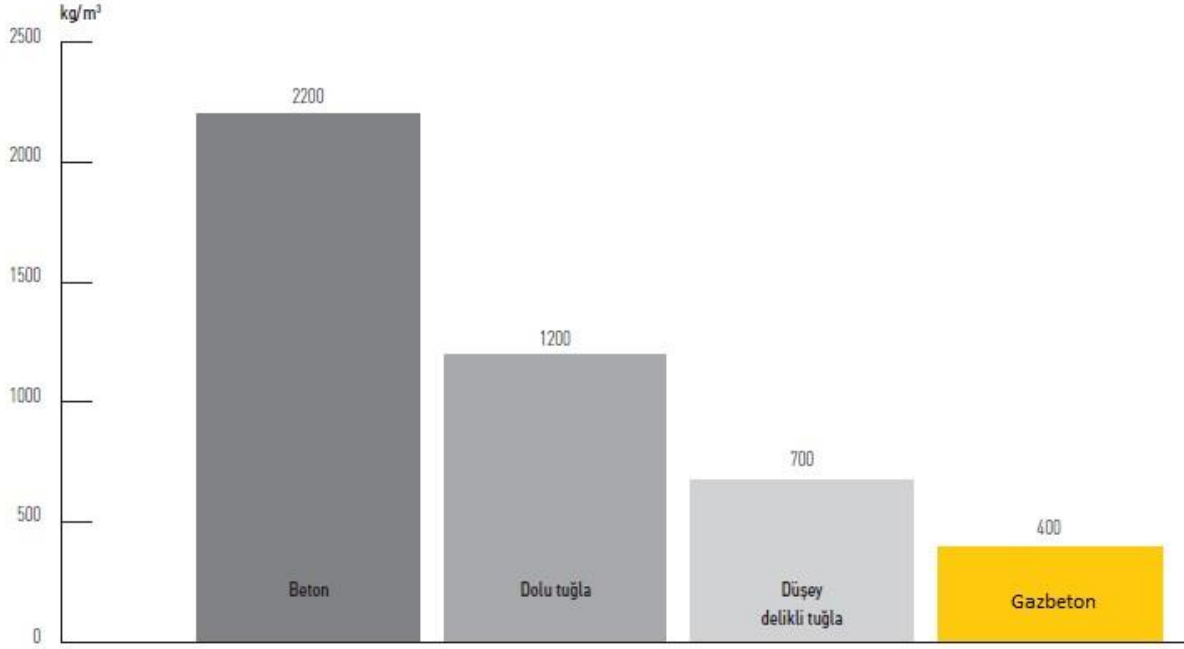
Şekil 1. İnşaat malzemelerinin ham madde ve enerji tüketimleri (Kaynak EAACA)

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve düşük çevresel etkiye sahip gazbeton çatı ve cephe elemanları kolay ve hızlı uygulanabilir olması nedeniyle sürdürülebilir mimaride tercih edilen malzemeler arasındadır.

Sürdürülebilir mimarlıkta yapı malzemelerinin yaşam döngüleri boyunca çevreye olan etkileri önemli bir yere sahiptir. Bir yapı malzemesinin yaşam döngüsü; yapı malzemesinin hammaddesinin elde edilmesini, hammaddenin işlenmesini, üretim sürecini, şantiyeye nakliyesini, yapıda uygulanmasını, yapı ömrü süresince olan kullanımını ve yapının yıkılmasından sonraki işlemleri de içeren bir süreçtir. Gazbeton çatı ve cephe elemanlarının yaşam döngüleri ve yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkileri aşağıda anlatılmaktadır.

3.1. HAMMADELER

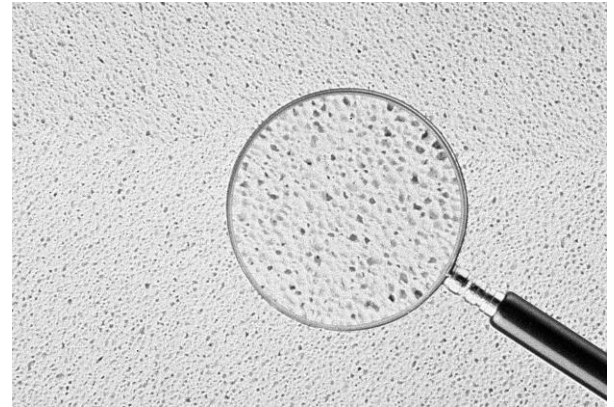
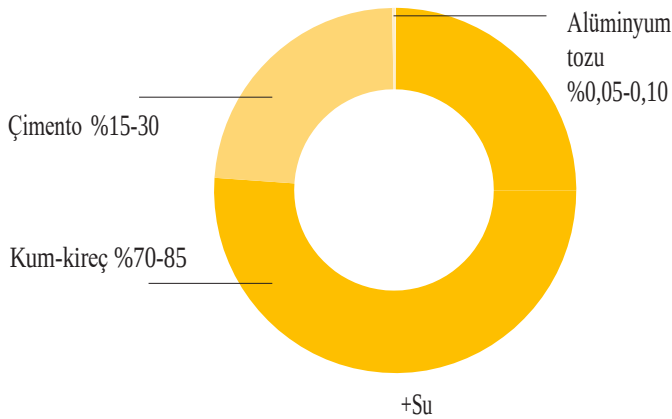
Donatılı gazbeton çatı ve cephe elemanlarının ana hammaddeleri kum, kireç ve sudur. Yer kabuğunun büyük bir kısmını oluşturan bu malzemeler doğada neredeyse sınırsız miktarda bulunmakta, doğal denge ve zemin suyu düzeyi etkilenmeden çıkartılmaktadır. Çıkarılan hammaddeler verimli bir şekilde kullanılmaktadır. 1 m³ hammaddeden yaklaşık 5 m³ gazbeton ürünü elde edilmektedir.[4] (Şekil 2)



Şekil 2. 1 m³ inşaat malzemesi üretmek için tüketilen hammadde miktarı

Hammaddelerin birleştirilmesi için karışıma %15-30 oranında çimento katılmaktadır. Şekil 3. Gazbeton çatı ve cephe elemanları kapalı gözenekli bir yapıya sahiptir. Resim 1. Bu gözeneklerin oluşturulması için ise alüminyum tozu kullanılmaktadır. Oluşan bu gözeneklerin içinde yalnızca durgun hava bulunmaktadır.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları donatılı gazbeton sınıfında olup yukarıdaki hammaddelere ek olarak içerisinde çelik donatı bulunmaktadır.



Şekil 3. Gazbeton imalatı için gerekli olan hammaddeler

Resim 1. Gazbeton çatı ve cephe elemanlarının gözenek yapısı

3.2. ÜRETİM SÜRECİ

Gazbeton çatı ve cephe elemanlarının üretim sürecinde birçok inşaat malzemesine kıyasla daha az enerjiye ihtiyaç vardır. Kullanılan enerji dönüştürülerek tekrar kullanıldığından enerji verimliliği

yüksektir. Dolayısı ile fosil yakıtların kullanımı ve buna bağlı karbondioksit emisyonları düşüktür. Bütün üretim süreci çevreye zarar verecek herhangi bir atık oluşmadan tamamlanır. Ayrıca üretim sürecinde insan sağlığına zararlı toksik gazlar oluşmaz.

Un kıvamında öğütülen kum, hiçbir özel işlemten geçirilmeyen kireç, çimento, su ve alüminyum tozu ile karıştırılır. Bu işlemler için kullanılan öğütme ve kırma sistemleri çevreye zarar vermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Elde edilen karışım çelik kalıplara dökülür. Resim 2.



Resim 2. Döküm

Donatılı gazbeton çatı ve cephe elemanları için başka bir bölümde çelik donatı hazırlanır. Çelik donatılar uygun çaplara çekilerek, statik acıdan gerekli olan ölçülere getirilir. Daha sonra otomatik makineler yardımıyla puntolanarak kaynaklanır ve hasır haline getirilir. Bu hasırlar pas koruyucu kaplamadan sonra çelik kalıplara monte edilerek döküm yapılır.

Karışım kalıplara döküldükten sonra alüminyum, alkali ortamda reaksiyona girmeye başlar. Böylece ortaya çıkan hidrojen gazı, kütle içinde gözenekler oluşturur ve hiçbir kalıntı bırakmadan kütleyi terkeder. Çapları genellikle 0,5-1,5 mm olan gözenekler hava ile dolar ve karışım kabarmır. Resim 3.

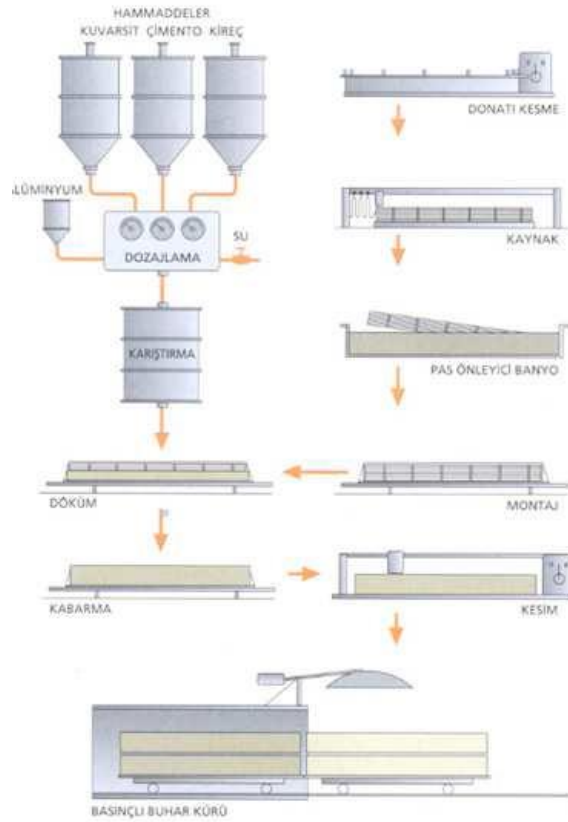


Resim 3. Kabarma

Çimento priz almaya başladıktan sonra yarı katı ham bloklar ve bu bloklardan yüksek hassasiyetle kesim sonrası gazbeton çatı ve cephe elemanları oluşturulur.

Karıştırma ve kesim sırasında olabilecek üretim artıkları, suyla karıştırılarak tekrar prosese ilave edilir. Böylelikle hammaddelerden fire ve atık oluşmaz.

Yapı bileşenleri nihai halini, otoklav adı verilen ünitelerde, yaklaşık 12 bar basınç altında 190° C’ de yaklaşık 5-12 saat boyunca buhar kürü uygulaması ardından alır. Kullanılan malzemeler, doğal olarak bulunan bir mineral olan tobermorite eşdeğer kalsiyum hidro silikatları oluşturur. Otoklavdan çıktığında malzemenin reaksiyonu tamamlanır. Kütleme prosesi tamamlanınca, çıkan buhar diğer otoklav döngülerinde tekrar kullanılır. Gazbeton çatı ve cephe elemanları daha sonra tahta paletler üzerine istiflenir ve sevk edilmek üzere depolanır. Şekil 4.



Şekil 4. Gazbeton çatı ve cephe elemanlarının üretim süreci

3.3. NAKLİYE

Gazbeton çatı ve cephe elemanları hafiftir, dolayısı ile nakliye sırasında tüketilen yakıt miktarı da azdır. Buna bağlı olarak nakliyeden kaynaklı karbon salınımı düşüktür. Ayrıca hafifliği sayesinde taşıma masraflarının düşürülmesine olanak sağlar.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları tekrar kullanılabilen ahşap paletler üzerinde sevk edilirler.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları Türkiye'nin farklı noktalarında üretilmektedir. Bu sayede nakliye mesafeleri kısalmaktadır ve nakliye için daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.

3.4. MONTAJ VE BAKIM

Gazbeton çatı ve cephe elemanları kolay işlenebilen bir yapı malzemesidir. Gerekğinde şantiyede kesilebilir, matkap ile delinebilir, rendelenebilir, çivi çakılabilir, vidalanabilir, tesisat için kolaylıkla

kanallar açılabilir. Kolay işlenebilmesi sayesinde uygulamada fire oranı çok düşüktür ve bu özelliği ile işçilik ve zamandan tasarruf sağlar.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları milimetrik hassasiyetlerle boyutlandırılır. Düzgün yüzeyli olmaları nedeniyle yüzeye uygulanacak sıva yükünü ve maliyetini azaltır.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları fabrikadan nihai taşıma gücünü kazanmış olarak sevk edilirler. Şantiyede sadece elemanları yerine yerleştirme işlemi yapılır. Montaj esnasında kalıp ve inşaat iskelesine ihtiyaç duyulmaz. Resim 4.



Resim 4. Gazbeton cephe elemanlarının montajı

Gazbeton çatı ve cephe elemanlarının taşıyıcı yapıya montajı harç uygulaması gerektirmediğinden tamamen kuru montaj olarak yapılmakta, ayrıca mevsim ve hava koşullarına bağlı olmadan yürütülebilmekte, gerektiğinde elemanlar hasarsız biçimde sökülerek başka bir yerde yeniden kullanılabilir. Taşıyıcı strüktüre montaj çelik bağlantı elemanları kullanılarak yapılmakta olup, montajda çevreye zarar veren herhangi bir malzeme kullanılmamaktadır. Montaj sonrasında da çevreye zarar veren atık oluşmamaktadır.

Gazbeton çatı ve cephe panelleri uzun ömürlü yapı elemanları olup, kullanımı süresince herhangi bir değişime uğramazlar. Amacına uygun kullanıldığında sınırsız bir şekilde kararlı kalmaktadır. Bu bakımdan kullanımı sürecince bakım gerektirmezler, ilave bakım maliyetleri oluşmaz.

3.5. KULLANIM

Gazbeton çatı ve cephe elemanları bünyesindeki içi durgun hava dolu milyonlarca gözenek sayesinde yüksek ısı yalıtımı özelliğine sahiptir. Bu özelliği ile kullanıldığı binalarda enerji tüketimini ve ısıtma/soğutma maliyetlerini düşürür. Genellikle gazbeton çatı ve cephe panelleri yeterli ısı yalıtımını tek başlarına sağlamakta olup ilave bir ısı yalıtımı yapılmasına gerek kalmamaktadır. Bu da dolaylı olarak çevreye olan zararı azaltmakta ve toplam inşaat maliyetini düşürmektedir.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları nefes alabilen yapı elemanlarıdır. Bu özelliği sayesinde yapıdaki konfor düzeyini arttırarak sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulmasına katkıda bulunurlar.

3.6. GERİ DÖNÜŞÜM VEYA YENİDEN KULLANIM

Yapının kullanım ömrünü tamamladıktan sonraki yıkım sürecinde, yapıdaki gazbeton çatı veya cephe panelleri dikkatli bir şekilde sökülerek yeniden aynı amaçla kullanılabilirler. Söküm aşamasında hasar gören ürünler veya oluşan atıklar parçalanarak çeşitli alanlarda dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Bu şekilde çatı ve cephe elemanlarının içinden ortaya çıkan çelik donatılar da geri dönüşüme tabi tutulurlar. Bütün bu süreçte çevreye zarar veren herhangi bir atık oluşmamaktadır, oluşan atıklar ise üretim sürecine dahil edilerek tekrar kullanılmaktadır.

Çatı ve cephe elemanlarının şantiyeye sevki sırasında kullanılan ahşap paletler şantiyelerden geri toplanır ve tekrardan yapı elemanlarının sevki için kullanılır.

4. SONUÇ

Gazbeton çatı ve cephe elemanları için kullanılan hammaddeler doğada neredeyse sınırsızdır ve bu hammaddeler doğaya zarar vermeden çıkartılmaktadır. Üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerji miktarı düşük olup, üretim sürecinde geride atık bırakmaz. Hafif olmaları sebebiyle nakliye maliyetleri ve nakliye için harcanan enerji düşüktür. Kolaylıkla işlenebilirler ve işlenmesi esnasında insan sağlığına ve doğaya zarar vermezler. Uygulanmasında oluşan atıklar az miktarda olup yeniden değerlendirilebilmektedir. Yüksek ısı yalıtımı özelliği ile binalarda enerji verimliliği sağlar. Böylelikle binalar daha az enerji ile ısıtılabilirler veya soğutuldukları için karbon salınımı azaltılmaktadır.

Gazbeton çatı ve cephe elemanları zamanla değişime uğramadıkları için yapıların inşaat ve yaşam kalitesi süreklidir. Yapı kullanım ömrünü tamamladığında çatı ve cephe elemanları yapıdan sökülerek ya tekrar kullanılırlar ya da geri dönüşüme dahil edilirler.

Gazbeton çatı ve cephe elemanlarının yukarıdaki özellikleri bir arada değerlendirildiğinde, çevre kirliliğinin ve enerji tüketiminin fazla olduğu günümüzde, gazbeton çatı ve cephe elemanları çevre ve enerji sorunlarına cevap veren sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylelikle sürdürülebilir mimarlık kapsamında yapıların çatı ve cephelerinde fonksiyonel çözümler sunulmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Türkiye İMSAD, Kasım 2014. Binalarda Enerji Verimliliği ve Finansmanı Raporu, İstanbul.
- [2] SEV, A., 2009. “Sürdürülebilir Mimarlık”, Yapı-Endüstri Merkezi, Yem Yayın, İstanbul.
- [3] Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Mimarlık Bilgisi Dersi, Konu: Ekolojik Yapı Sürdürülebilir Yapılanma Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Sunumu. (https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/11670/mod_resource/content/1/Mimar%C4%B1k%20Bilgisi%201.1.%20Hafta%20Ekolojik%20Tasar%C4%B1m.pdf)
- [4] ERTOKAT, N., Ağustos 2014. “Ytong Kitabı”, Türk Ytong A.Ş., İstanbul.

BİNA CEPHE SİSTEMİNDE DEKONSTRÜKSİYON OLANAKLARI

Yrd.Doç.Dr. Ömer Ş. Deniz¹
Arş.Gör. Ebru Doğan²

Konu Başlık No: 1 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Bina cephe sistemlerinin eskime ve bozulması karşısında çoğunlukla konvansiyonel yeniden yapılandırma ve yıkma yaklaşımları sergilenmektedir. Cephe parçalarının yaşam sürelerinin uzatılmasını öngörmeyen bu yaklaşımlar büyük miktarda kaynak tüketimine ve yıkım atığı üretimine neden olmaktadır. “Dekonstrüksiyona Uygun Bina Cephe Sistemi Tasarımı” yaklaşımıyla, cephe sistemi kolay ve hasarsız biçimde sökülebilir, ayrıştırılabilir, böylece cephe parçaları yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir ve sonuçta yıkım atığı oluşumu engellenir. Bu çalışmada, temel olarak bina cephe sisteminin başarılı söküm yaklaşımı ve cephe parçalarının geri kazanım olanakları üzerinde durulmuştur. Çalışmada önce, “Dekonstrüksiyon” kavramı ve bina cephelerinde dekonstrüksiyonun gerekçeleri açıklanmıştır. Sonra, cephe parçalarının yeniden kullanım olanağını artıracak önemli bir tasarım yaklaşımı olan, “Söküme Uygun Bina Cephe Sistemi Tasarım” için ana stratejiler belirlenmiştir. Daha sonra, kullanılabilecek cephe bileşenlerinin geri kazanım olanakları araştırılmış ve irdelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Dekonstrüksiyon, Söküm, Bina Cephe Sistemi, Yeniden Kullanım, Geri Dönüşüm

ABSTRACT

Conventional restructuring and demolition approaches are commonly performed in response to the obsolescence and deterioration of building façade systems. These approaches which do not take into account the extension of the lifespan for the façade parts cause excessive resource consumption and constructional waste generation. Through the “Building Façade System Design for Deconstruction” approach, the façade system can be disassembled and decomposed in an easy and undamaged form, so that façade parts can be reused or recycled, and as a result, constructional waste production is prevented. In this study, mainly the successful disassembly approach of the building façade system and the possibilities of recovering facade parts are emphasized. In the study, firstly, the "Deconstruction" concept and the reasons for deconstruction in building façades are explained. Then, the main strategies for “Building Façade System Design for Disassembly”, an important design approach that could enhance the reuse of façade parts, have been specified. And then, the possibilities for recovery of the usable façade components were investigated and examined.

KEYWORDS

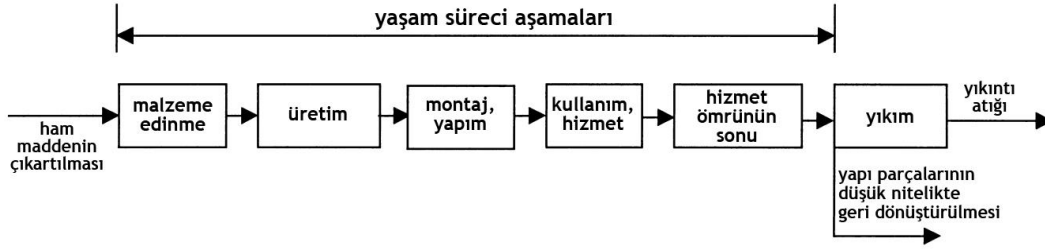
Deconstruction, Disassembly, Building Façade System, Reuse, Recycling

¹ Yrd.Doç.Dr. Ömer Ş. Deniz, MSGSÜ Mim.Fak. Mim. Böl., Fındıklı 34427 İstanbul, Tel: 0212 2521600 / 279, Fax: 0212 2517567, omersdeniz@gmail.com

² Arş.Gör. Ebru Doğan, Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, 62000 Tunceli, Tel: /1641,

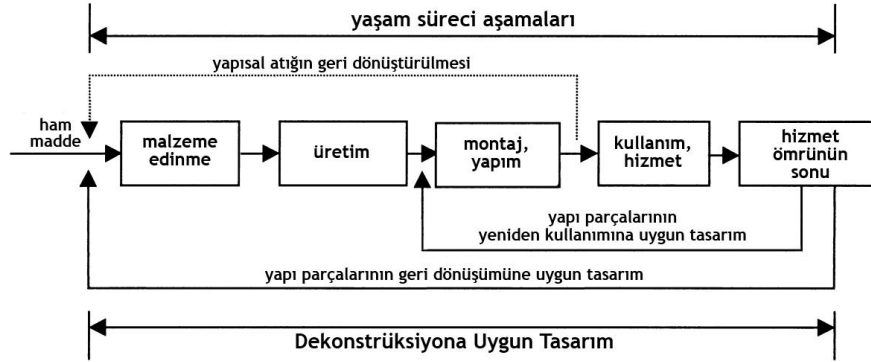
1. GİRİŞ

Binaların yapım, onarım, yeniden yapılandırma ve yıkım dönemlerinde büyük miktarda yapısal atık oluşumuna ve bu nedenle de aşırı kaynak ve enerji tüketimine yol açan malzeme ve bileşenler kullanılmaktadır. Yıkıntı atığı olarak doğaya terkedilmeleri sonucunda çevresel kirliliği hızlandıran yapısal atıkların gittikçe artan sorunları, mimarları, hizmet ömrü bitmiş yapı parçalarını az maliyetle, yüksek nitelikte geri kazanıp, doğal kaynaklara olan ihtiyacı azaltacak çevreci ve sürdürülebilir çözümler üzerinde çalışmaya yönlendirmektedir. Yıkıntı atıklarının ortaya çıkardığı sorunların ana nedeni, bina sisteminin “doğrusal yaşam süreci” yaklaşımıyla tasarlanmasıdır [1]. Burada bina sistemini oluşturan yapı parçaları bir seferlik hizmet süresi için kullanılır ve hizmet ömrünün sonunda yıkıntı atığı olur (Şekil 1).



Şekil 1: Doğrusal yaşam süreci [2].

Oysa doğal yaşam “atık” oluşumunu kabul etmez. Doğada bir canlıdan arta kalan diğeri için besindir ve bu denge böyle sürüp gider. Diğer bir deyişle günümüz toplumunda konvansiyonel tasarım ürünü bir seferlik yaşam süresine sahipken, doğa bir yaşamdan başka bir yaşama süregiden döngüsel bir süreçle var olur [3]. Bu nedenle, hizmet ömrü sonuna gelen yapı parçalarının aynı veya başka bir hizmet için tekrar kullanılabilmesi, atıkla sonuçlanmayacak, döngüsel yaşam süreci içeren bina tasarımları yapılmalıdır [4] (Şekil 2).

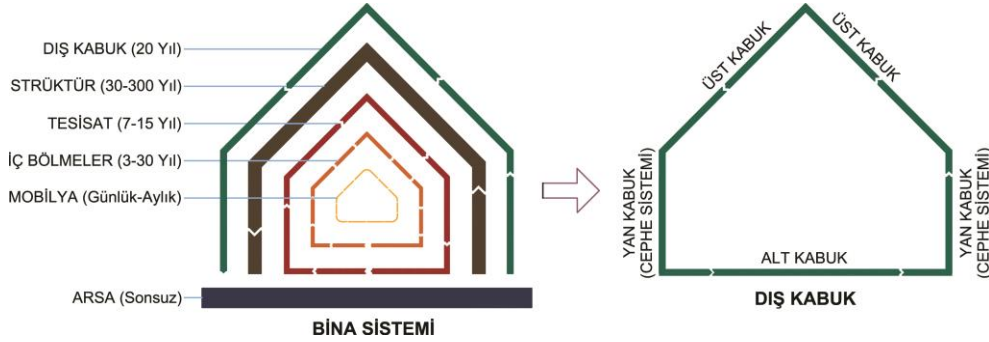


Şekil 2: Döngüsel yaşam süreci [2].

Binayı oluşturan yapı parçalarının hizmet ömrü sonunda geri kazanımları için sökülmelemlerinin ve ayrıştırılmaemalarının kolaylaştırılmasını, böylece binanın ve yapı parçalarının yaşamının uzatılmasını, sonuçta yapısal atık oluşumunun engellenmesini sağlayan döngüsel bir süreci, “Dekonstrüksiyona Uygun Tasarım (DUT) (Design for Deconstruction)” yaklaşımıyla elde etmek olasıdır [5, 6] (Şekil 3). Dekonstrüksiyon süreci, binanın yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir şekilde yapı parçalarına kolaylıkla ayrılması işlemlerini içerir. DUT, iki temel ilkeye dayalı olarak gerçekleştirilebilir: Söküme Uygun Tasarım (SUT) (Design for Disassembly) ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı. Bu iki temel ilke döngüsel yaşam sürecinin iki ana kriterini de oluşturur.

Binaları oluşturan yapı parçalarının sökülmesi genellikle hizmet ömürleri bitince gerçekleşir. Beklenen hizmet süreleri, binayı oluşturan parçalar arasında çeşitlilik gösterir. Bu nedenle SUT yaklaşımı, binanın sistemleştirilerek farklı hizmet ömürleri olan fiziksel parçalara ayrıştırılmasını, bu parçalar arasında da bağımsızlık sağlanmasını gerektirir [5, 7, 8, 9]. Steward Brand, yaşam döngüsüne sahip bir bina

sisteminin, çeşitli fiziksel parçaların, bunların ilişkili olduğu zaman (hizmet süresi) aralıklarına uygun biçimde bir araya getirilmesiyle kurulabileceğini açıklamıştır. Brand'a göre, bir bina sistemi farklı işlevler üstlenen ve her biri farklı yaşam aralıklarına sahip şu katmanlardan oluşur: Arsa, Strüktür, Dış Kabuk, İç Bölmeler, Tesisat, Mobilyalar (Şekil 3) [10]. Katmanlar teorisi, tasarımcıyı, binayı, birbirinden bağımsız olarak tasarlanacak (sökülebilecek) farklı hizmet ömrü olan işlevsel katmanlar toplamı olarak değerlendirmeye olanak tanır.



Şekil 3: Bina sisteminin farklı katmanları ve BCS'nin bina sistemi içindeki konumu.

Strüktür katmanı, bina sistemi içinde en uzun hizmet ömrüne sahip ve ana (baskın) katman olması nedeniyle, bina yaşam döngüsü süresince diğer katmanlardan önce sökülemez. Dış kabuk katmanı kapsamında yer alan ve yan kabuk olarak da adlandırılabilir, Bina Cephe Sistemi (BCS) (Şekil 3), bina sisteminin, sökülmesi ve yeniden yapılandırılması en külfetli (maliyetli ve zor) parçalarından biridir. Bina sisteminin tüm yaşam süresine bakıldığında, eskime ve bozulma sıklığına karşın yüksek maliyetli müdahale gerektiren BCS, yapısal atık üretiminin ana kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Buradaki ana sorun, BCS'nin ve onu oluşturan cephe parçalarının dekonstrüksiyona uygun olmamasıdır (Bu çalışmada kullanılan “cephe parçası” terimi, BCS’ni oluşturan tüm fiziksel sistem, eleman ve bileşenlerin genel ifadesidir). Dekonstrüksiyona uygun tasarlanan BCS, tüm bina yaşam döngüsü içinde yapısal atığın, kaynak ve enerji tüketiminin azaltılması, hizmet ömrü bitmiş yapı parçalarının geri kazanılması, yaşamlarının uzatılması ve ekonomik değerlerinin yükseltilmesi olanaklarını taşır.

Dekonstrüksiyon konusu, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde giderek ilgi çeken yeni bir araştırma alanı oluşturmıştır. Çalışma kapsamında yapılan yayın araştırmalarında, bu ülkelerde, dekonstrüksiyon, DUT ve SUT konularında çeşitli uluslararası konferanslar düzenlendiği, makaleler ve kılavuzlar yayımlandığı ve çevrimiçi bilgiler hazırlandığı saptanmıştır. Yayın araştırmalarında, Türkiye’de ise bu konularda yapılmış sınırlı araştırmaya ve yazılı yayına ulaşılmış, sürdürülebilir yapı alanına önemli enformasyon girdileri sağlayan bu konuların daha yaygın araştırmalarla ele alınmasına gereksinim olduğu saptanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, bina cephelerinde dekonstrüksiyon olanakları konusu araştırılmıştır. Çalışmada önce, “Dekonstrüksiyon” kavramı ve bina cephelerinde dekonstrüksiyonun gerekçeleri açıklanmıştır. Sonra, cephe parçalarının yeniden kullanım olanağını artıracak önemli bir tasarım yaklaşımı olan, “Söküme Uygun BCS Tasarım” için ana stratejiler tartışılmıştır. Daha sonra, kullanılabilecek cephe bileşenlerinin geri kazanım olanakları araştırılmış ve irdelenmiştir.

2. DEKONSTRÜKSİYON

Dekonstrüksiyon (deconstruction) kavramı ilk kez 1960’larda postyapısalcı düşünür Jack Derrida öncülüğünde, yapısalcılık karşıtı görüş olarak ortaya çıkmıştır. Türkçe’de “Yapıbozum”, “Yapısöküm”, “Yapıçözüm” gibi karşılıklar bulan “Dekonstrüksiyon”, dilin kesin hatları çizilmeyen bir araç olduğu kabulüne dayanarak, eski metinlerin yeniden yapılandırılabilirliğini ve yeni anlamlar inşa edilebileceğini savunur. Derrida dekonstrüksiyon kavramını bir metafor, özellikle mimari bir metafor olarak görmüştür [11]. Felsefe, edebiyat, dilbilim sosyoloji, estetik, iletişim gibi alanlarda yaygınlaşan dekonstrüksiyon kavramı, 1980’lerde Peter Eisenman ve Bernard Tschumi gibi mimarların öncülüğünde mimariye bir akımı olarak girmiştir. Mimaride dekonstruktivizm akımı, “birbirinden farklı, birbirini karşılıklı etkileyen,

hatta bozan, ancak birbirini yok etmeye çalışmayan biçimlerin bir arada var olması” tanımlamasıyla açıklanabilir [12].

1990’larda yayımlanan birçok bilimsel çalışmada, “dekonstrüksiyon”, konvansiyonel sökülme ve yıkımın yol açtığı doğal kaynak tüketimi, ekonomik savurganlık, ekolojik çevrenin gittikçe daha fazla bozulması gibi sorunların çözülmesinde mimarlara yardım edebilecek önemli bir strateji olarak ileri sürülmüştür. Bu yaklaşımla dekonstrüksiyon, “bir sistemi oluşturan parçaların ve tüm sistemin yeniden kullanılması (reuse) veya geri dönüştürülmesi (recycling), diğer bir deyişle geri kazanımı (recover) amacıyla başarılı bir şekilde sökülmesine (disassembly) ve ayrıştırılmasına (decompose) olanak sağlayan bir strateji” olarak tanımlanabilir. Tarihte, malzemeleri yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir potansiyel taşıyan bazı binaların, kısmen dekonstrüksiyona uygun biçimde yapıldığı, bunun için uygun yapı sistemi hiyerarşisi ve mekanik bağlantı teknikleri geliştirildiği görülmektedir [13]. Daha önce endüstriyel ürün tasarımı alanında uygulanan “geri dönüşüme uygun tasarım”, “yeniden kullanıma uygun tasarım”, yeniden üretime uygun tasarım”, “söküme uygun tasarım” gibi tasarım stratejilerinin mimarlık alanına girmesiyle, mimaride “Dekonstrüksiyona Uygun Tasarım (DUT)” yaklaşımı gelişmiştir. DUT, hizmet süresi bitmiş yapma çevrenin ve parçalarının geri kazanımını, böylece yaşamlarının uzatılmasını amaçlayan bir tasarım yaklaşımıdır. DUT yaklaşımıyla, hizmet süresi sonunda binayı oluşturan yapı parçalarının hasar/zarar oluşturmada ve kolaylıkla sistematik biçimde sökülmesi, bu parçaların gelecekte yeniden kullanılarak veya geri dönüştürülerek yaşamlarının uzatılması sağlanabilir. Bu yaklaşım mevcut ve yeni bina stoğuna, gelecekteki değişimlerde, doğal çevreyi tüketmek yerine mevcut bina stoğundan çıkarılmış ve elde edilmiş ana kaynak ve malzeme olarak hizmet etme olanağı sunar. Bu nedenle DUT yaklaşımı, tüm parçaların yapısal atık olduğu geleneksel yıkıma alternatif bir çözüm olarak kabul edilebilir [6, 14].

DUT yaklaşımı 21. Yüzyılın başlarında popülerlik kazanmasına karşın, çok az projede uygulamaya geçirilmiştir. Dekonstrüksiyonun gerçekleştirilmesini engelleyen sorunlar, eğitim ve algı, DUT, pazar gelişimi, ekonomi, yapım ve yıkım sektörü, yükümlülükler, yasalar ve teknik konular başlıkları altında toplanabilir [14]. Birçok yararına ve gerekliliğine karşın DUT yaklaşımının henüz yeterince yaygınlaşmamasının nedenleri genel olarak şöyle sıralanabilir [15, 16]:

- DUT uygulamalarının getirdiği maliyet ve zaman kaybı,
- Değişmez ve kalıcı nitelikli tasarımlar,
- Ayrılamaz ve kompozit yapı parçalarıyla tasarlama,
- Yeniden kullanılacak yapı parçalarını belirlemede risk kaygısı,
- İkinci el yapı parçalarının kullanımına olumsuz yaklaşım,
- Yapı parçalarının yeniden kullanımında performans riski,
- Kullanılmış yapı parçalarının yeniden kullanımına olanak sağlayacak pazar oluşmaması,
- Yapı parçalarının güvenli bir şekilde kurtarılmasının garanti edilememesi,
- Karmaşık ve erişimi olanaksız birleşim noktalarının (arayüzlerin) kullanımı,
- Kullanılan yapı parçaları ve yapım teknikleri hakkında yeterince bilgi elde edilememesi,
- Bazı yapı parçalarının insan ve çevre sağlığına zararlı maddeler içermesi,
- Yeniden kullanılacak yapı parçalarında görülen kirlenme ve bozulmalar,
- Görünen bağlantıların yeniden oluşturulması sonucunda estetik bozulma,
- Geri kazanılma olanağı taşıyan yapı parçalarının depolanma gereksinimleri,
- Dekonstrüksiyona uygun sökülme sağlayacak araç, gereç, işçilik ve eğitim eksikliği,
- DUT stratejilerinin ve ilkelerinin yeterince dikkate alınmaması ve önemsenmemesi.

Dekonstrüksiyon engellerinin aşılabilmesi amacıyla çeşitli çözümler geliştirilmiştir. Dekonstrüksiyon çözümleri, bir binayı oluşturan yapı parçaları arasında olduğu kadar, farklı binalar arasında da çeşitlilik gösterebilir. Fakat binaların dekonstrüksiyonunda kullanılabilecek genel DUT ilkelerinin belirlenmesi olasıdır. DUT ilkeleri, yapı parçalarının geri kazanım olanaklarına bağlı olarak belirlenebilir. İlkelerin, geri kazanım olanaklarıyla ne kadar ilişkili olduğunun bilinmesi, birbiriyle çelişen DUT ilkeleri arasında karşılaştırma ve değerlendirme yapılmasını ve uygun olanın seçimini kolaylaştırır (Tablo 1). Bu ilkeler, DUT sürecinde, yapı parçalarının yaşam döngüsü bitiminde, çevresel, ekonomik, sosyal vb. yararlar doğrultusunda geri kazanılma olasılığını artırmak amacıyla uygulanabilir [4, 9, 17].

Tablo 1: DUT ilkeleri ve yapı parçalarının geri kazanım olanaklarıyla ilişkileri [4].

DUT İLKELERİ	GERİ KAZANIM OLANAĞI	Malzemenin Geri Dönüşümü	Bileşenin Yeniden Üretimi	Bileşenin Yeniden Kullanımı	Binanın Yeniden Düzenlenmesi
Geri dönüştürülmüş veya geri dönüştürülebilir malzemeler kullanma		●	●	○	○
Kullanılan malzeme türlerinin sayısını azaltma		●	●	○	○
Zehirli ve tehlikeli malzemelerden kaçınma		●	●	○	○
Bir yapı parçasının alt parçalarını da kendi malzemesinden oluşturma		●	●	○	○
Bir malzemeyi başka malzemeyle kaplamaktan kaçınma		●	●	○	○
Malzemelere ait performans özellikleri, hizmet gereksinimi, yer, zaman vb. bilgileri tanımlama ve kaydetme		●	●	○	○
Kullanılan bileşen türlerinin sayısını azaltma		○	●	●	●
Kimyasal bağlantı yerine mekanik bağlantılar kullanma		○	●	●	●
Binayı açık sistem ilkelerine uygun tasarlama		○	○	●	●
Binayı modüler boyutlu ızgaralara dayalı biçimde tasarlama		○	○	●	●
Standart, basit ve hafif teknolojili yapım yöntemleri ve alışılmış yapım araçları kullanma		○	●	●	●
Paralel sökümün sağlanabilmesi için cephe, iç duvar ve tesisat bileşenlerini taşıyıcı sistemden bağımsızlaştırma		○	○	●	●
Parçalara ve bağlantılarına kolay erişimi sağlama		○	●	●	●
Elle montaja uygun boyutlarda bileşenler kullanma		○	●	●	●
Montaj ve sökümde elle işletilen basit araçlar kullanma		○	○	●	●
Montaj ve söküm için gerekli tolerans aralıkları sağlama		○	○	●	●
Kolay ve çabuk söküm için en az sayıda bağlayıcı kullanma		○	●	●	●
Standartlaştırılmış bir süreç için, kullanılan bağlayıcı türü sayısını en aza indirme		○	●	●	●
Birleşimleri ve bağlayıcıları tekrar kullanımlara dayanacak biçimde tasarlama		○	○	●	●
Sökümde parçaların birbirini etkilememesi için, sıralı söküm yerine paralel söküm olanağı tanıma		○	●	●	●
Bileşenlere ait performans özellikleri, hizmet gereksinimi, yer, zaman vb. bilgileri tanımlama ve kaydetme		○	●	●	●
Parçaların eşgüdümlü düzenlenmesini sağlamak amacıyla standart taşıyıcı sistem ızgarası kullanma		○	○	○	●
Kalite ve uyum denetimi sağlayabilmek için, toplu üretim sistemi ve önüretimli yapı parçaları kullanma		○	○	●	●
Çabuk ve kolay montaj ve söküm için hafif malzeme ve bileşenler kullanma		●	●	●	●
Sürecin hızlanması ve karışıklıkların önlenmesi için söküm noktalarını tanımlama		○	●	●	●
Sökümde ayrılan parçaların yerinde depolanması olanağı sağlama		○	○	○	●
Bina yapım teknolojisi ile montaj ve söküm işlemlerine ilişkin tüm bilgileri tanımlama ve kaydetme		○	○	●	●

● İlgili

● Kısmen İlgili

○ İlgisiz

3.BİNACEPHESİSTEMİNDEDEKONSTRÜKSİYONGEREKSİNİMİ

BCS, dış atmosfer ortamı ile koşulları oluşturulmuş bir iç ortam arasında çevreleme işlevi yapar. Bu işlevini beklenen şekilde yerine getirebilmesi için, BCS'nin ve cephe parçalarının belirli performans özelliklerini/kriterlerini belirli düzeylerde karşılaması gerekir. Böylece bina kullanıcısı, mal sahibi ve kamu için hizmet sağlamış olur. BCS'nin veya onu oluşturan parçaların hizmet performansı zaman içinde azalıp, beklenen düzeyin altına düşerse hizmet ömrü biter ve yapısal atık durumuna gelebilir. Hizmet ömrünün bitmesi BCS için DUT gerekçesini oluşturur. Hizmet ömrü, "BCS ve parçalarının gereksinilen performans özelliklerine belirlenen değerlerde sahip olduğu zaman aralığı" olarak tanımlanabilir. Yapım ve kullanım dönemlerinde BCS ve parçalarının hizmet değerlerinin azalması ve hizmet ömrünün bitmesi "bozulma" ve "eskime" gibi iki önemli süreç sonunda ortaya çıkar [18].

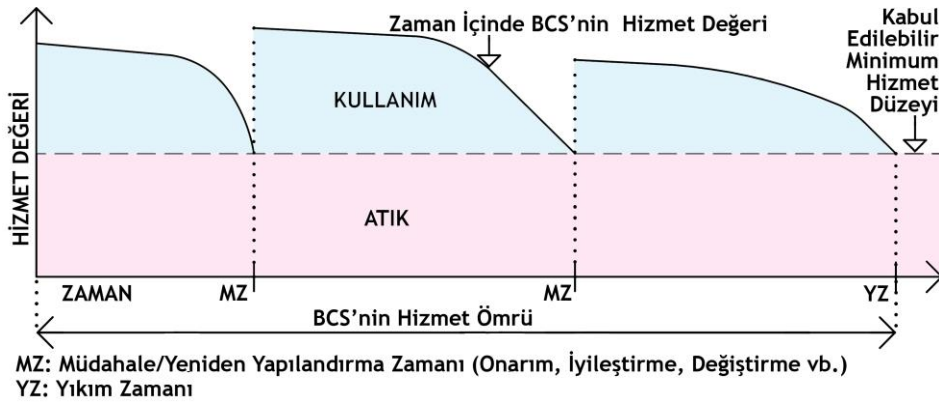
3.1. Bozulma

Bozulma, “bir BCS’nin veya onu oluşturan parçalardan birinin çeşitli etkenler sonucunda hizmet performansının beklenen düzeyin altına düşmesi ve gereksinilen işlevleri yerine getirememesi durumu” olarak tanımlanabilir. Bina cephe sisteminde ortaya çıkan bozulma türleri iki ana grupta toplanabilir:

-Fiziksel bozulma (Su ve nem sızıntılarına, hava sızıntılarına, ısı kayıplarına, ısı köprülerine, güneş denetim eksikliğine, yetersiz doğal aydınlatmaya, yetersiz doğal havalandırmaya, iç hava kalitesinin düşmesine, yetersiz ses yalıtımına, akustik konforsuzluğa, çürümeye, korozyona, paslanmaya, küflenmeye, çiçeklenmeye, dayanım kaybına, çatlamaya, kırılmaya, kopmaya, düşmeye, yosun, küf, mantar, bakteri ve böcek oluşumuna vb. yol açan bozulmalar),

-Görsel bozulma (Kirlenmeye, biçimsel, renksel ve dokusal değişime, yıpranmış görüntüye vb. yol açan bozulmalar).

Fiziksel ve görsel bozulma sonucunda işlevsel yeteneklerini kaybeden BCS veya parçalarının hizmet ömrünün uzatılabilmesi için bakım, onarım ve iyileştirme müdahaleleri yapılabilir (Örneğin, bağlantı vidalarının sıkıştırılması, boyası solmuş sıvanın boyanması, deforme olmuş sızdırmazlık levhalarının iyileştirilmesi). Bakım, onarım ve iyileştirmenin yeterli olmadığı durumlarda değiştirme ve yenileme müdahaleleri gerekebilir (Örneğin, kırık bir cam levhanın, su sızdıran doğrama fitillerinin veya derz macunlarının yenilenmesi). Fiziksel bozulmaya uğramış bir BCS’ni işlevsel açıdan iyileştiren bakım, onarım maliyetleri yenilenme maliyetlerini geçerse, yıkım (yenisini yapma) kararı verilebilir (Şekil 4).



Şekil 4: BCS’nin hizmet ömrü ve hizmet değeri ilişkisi.

3.2. Eskime

Eskime, “BCS’ne veya onu oluşturan parçalardan birine yönelik teknolojik, sosyal, kültürel, fikişsel, estetik, ekonomik vb. koşullardaki değişim ve gelişmeler sonucunda, beklentilerin ve gereksinimlerin değişmesi ve mevcut sistemin bu beklenti ve gereksinimleri karşılayamaması durumu” olarak tanımlanabilir.

Teknoloji, bina cephesini etkileyen önemli bir güçtür. Bu etki, cephede kullanılan yalıtım malzemelerinden, giydirme cephe camına kadar çok geniş bir alana yayılır. Yeni cephe teknolojileri geliştikçe mevcut cepheler teknolojik açıdan eskiyebilir, teknoloji dışı kalabilir. Gelecekteki teknolojiler kesin olarak tahmin edilemez ama bina cephelerinde daha yeni ve gelişmiş teknolojilere eğilimin olacağı, bu teknolojilerin eski teknolojilere tercih edileceği söylenebilir. Cephe parçaları teknik güncellenmelere uygun biçimde tasarlanırsa, mevcut parça teknolojisi eskidiğinde, parçaların yeni teknolojiye dönüştürülmesine olanak sağlanabilir (Örneğin, bir giydirme cephedeki mevcut cam üniteleri değiştirilerek yeni teknoloji cam üniteler takılabilir).

Bina cepheleri çoğunlukla günün modasına uygun ve inşa edildikleri dönemin estetik tarzını içerecek biçimde tasarlanır. Ancak insanların estetik beğenileri kendi bakış açılarına ve zamana bağlı olarak değişebilir. BCS’nin görünümü kullanıcıların (hane halkı, mal sahibi, kamu vb.) estetik zevkleriyle

bağdaşmazsa, eskimiş olarak kabul edilebilir. Ayrıca, rasyonel gerekçeleri olmasa da, sanatsal ve kültürel içeriği nedeniyle moda kaçınılmaz biçimde bina cephelerinde değişimi gerektiren bir güçtür. Estetik eskimenin etkisi ticari binalarda daha fazladır. Çünkü yeni mimari tarzda bir cephe, bu tür binalarda kira değerlerinin yükselmesini kolaylaştırır [19].

Ekonomik koşullardaki gelişmeler de BCS'nin eskimesi için bir gerekçe oluşturabilir. Ekonomik olanakların artması durumunda, yükselen statüye uygun BCS arayışları ve beklentileri ortaya çıkabilir.

BCS'nin çekici, yarışmacı ve yeni teknolojilere uygun olmasını sağlayabilmek için, yaşam döngüsü süresince değişen koşullara ve taleplere yanıt verebilecek değişiklikler ve düzenlemeler yapılmasını kolaylaştıracak biçimde tasarlanması gerekir.

4. SÖKÜME UYGUN BCS TASARIMI

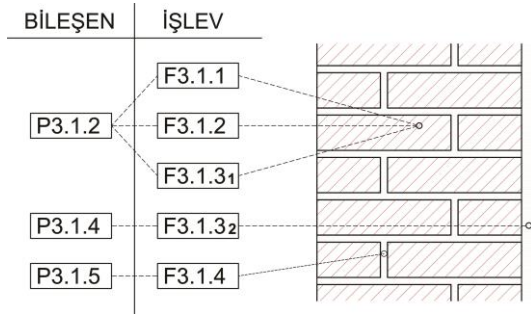
BCS'nin dekonstrüksiyon performansı, öncelikle cephe parçalarının sökülebilmek ve yeniden monte edilebilmek yeteneklerine bağlıdır. Cephe parçalarının söküm yeteneğinin belirlenmesinde iki kriter önemlidir: Bağımsızlık ve değiştirilebilirlik. Bir cephe parçası, cephe sisteminin bağımsız bir parçasıysa ve diğer parçalarla arayüzleri sökülebilmeye olanak sağlıyorsa söküm yeteneğine sahip olur. Böylece BCS ve parçalarının yeni hizmet olanakları artırılabilir ve yaşam süreleri uzatılabilir. Söküme uygun BCS tasarımı, üç temel stratejiye dayalı olarak gerçekleştirilebilir [2]: Cephe işlevlerinin organizasyonu; cephe parçalarının sistemleştirilmesi; söküme uygun montaj dizilerinin ve bağlantıların oluşturulması.

4.1. Cephe İşlevlerinin Organizasyonu

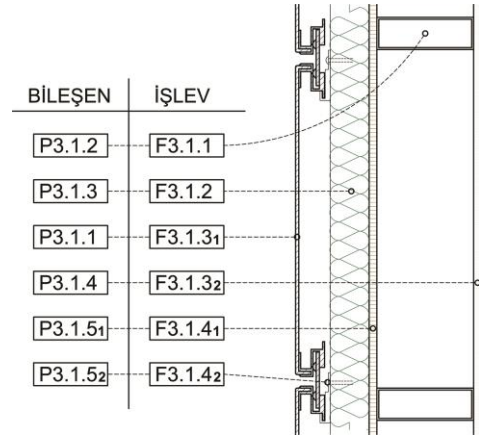
Bir yapı parçası, üstlendiği işlevin cisimleşmiş hali olarak ifade edilebilir. Söküme uygun BCS tasarımında uygulanabilecek ilk stratejilerden biri işlevsel organizasyonun yapılmasıdır. Bu süreçte öncelikle BCS'nin karşılaması gereken işlevlerin farklı hiyerarşik düzeylerde ayrıştırılmasıyla başlanabilir. Bu süreçte farklı işlevlerin bir cephe parçasına entegre edilip edilmeyeceği veya farklı parçaların farklı işlevleri üstlenip üstlenmeyeceği kararları verilir. İşlevsel organizasyon kararları, fiziksel organizasyonla ilişkilendirilmelidir. Çünkü işlevsel ayrışım, işlevin nasıl gerçekleştirileceği kararlarından (fiziksel parça türü ve onun performans özellikleri) bağımsız yapılamaz. Bu, özellikle sökülebilir yapıların tasarımında önemli rol oynar [8].

Bir cephe parçası BCS içindeki bir parçaya veya bitişindeki diğer bir alt sistem (Çatı, döşeme, strüktür vb.) parçasına birleştirilebilir. Bu birleşim sonucunda ortaya çıkan etkileşim, parçalar arasında bağımlılık oluşturabilir. Cephe parçaları arasındaki güçlü bağımlılık ve sabit bağlantılar, söküme uygun BCS tasarımı için sınırlayıcı koşullar oluşturur. Çoklu işlevlere sahip ve aralarında işlevsel bağımlılık olan cephe parçaları kapalı/statik bir sistemi temsil eder. Örneğin, dış yüzü kaplanmamış tuğla yığma duvarda, gövde bileşeni taşıma, denetim ve bitirme gibi üç ana işlevi üstlendiği için kapalı sistem oluşturur (Şekil 5). Kapalı sistemlerde, işlevsel paylaşım yoktur ve kısa süreli işlevlerle uzun süreli işlevler aynı parçaya atanabilir. Bu tür bir parça, kısa süreli işlevinden dolayı söküldüğünde, uzun süreli işlevi de bitirilmiş olur. Bu nedenle söküme uygun BCS tasarımlarında kapalı sistemlerden kaçınılmalıdır.

Söküme uygun BCS tasarımında, karşılanması gereken işlevler, farklı cephe parçalarına paylaştırılarak organize edilmelidir. İşlevlerin ayrılması ve farklı parçalara dağıtılması, cephe parçalarının işlevsel bağımsızlığını sağlar ve açık sistem oluşturur. Açık sistemde bir cephe parçası işlevinden dolayı söküldüğü zaman, diğer işlevler engellenmediği için, sorun oluşmaz (Şekil 6). Açık sistemin tasarım özelliklerinden biri, sistem organizasyonunun tüm düzeylerinde farklı işlevler arasında hiyerarşik ayrımın yapılmasıdır. Her parçanın kendi işlevini üstlendiği bu tür sistemlerde, bozulma ve işlevlerin yerine getirilememesi durumunda, sadece sorumlu yapı parçaları sökülür. Böylece işlevlerini yerine getiren parçalara gereksiz müdahaleler önlenmiş olur. Farklı işlevlerin farklı bağımsız parçalara dağıtılması, sistemin bozulma ve eskime durumlarında yeni gereksinimlere göre kolaylıkla değiştirilebilmesine ve yeniden düzenlenebilmesine olanak sağlar [2].



Şekil 5: Kapalı sistemli dış duvar.



Şekil 6: Açık sistemli dış duvar.

BCS birçok işlevi çeşitli cephe parçaları vasıtasıyla karşılar. Bir BCS ve parçaları tarafından yerine getirilen işlevler, işlevlerin BCS içindeki kapsayıcı (egemen, baskın) etkilerine göre hiyerarşik olarak üç ana düzeyde organize edilebilir (Şekil 7). Daha kapsayıcı etkileri olan işlevler hiyerarşinin üst düzeyinde yer almalıdır. İşlevlerin kapsayıcı etkilerine göre farklı düzeylerde düzenlenmesi, işlevleri üstlenen cephe parçalarının birbirlerine aynı işlevler nedeniyle bağlı olmalarını önler, işlevsel bağımsızlığı sağlar. İşlevsel bağımsızlık, bir cephe sisteminin farklı işlevleri arasındaki ayrımın ve bağımsız işlevlerin özerklik düzeylerini belirler.

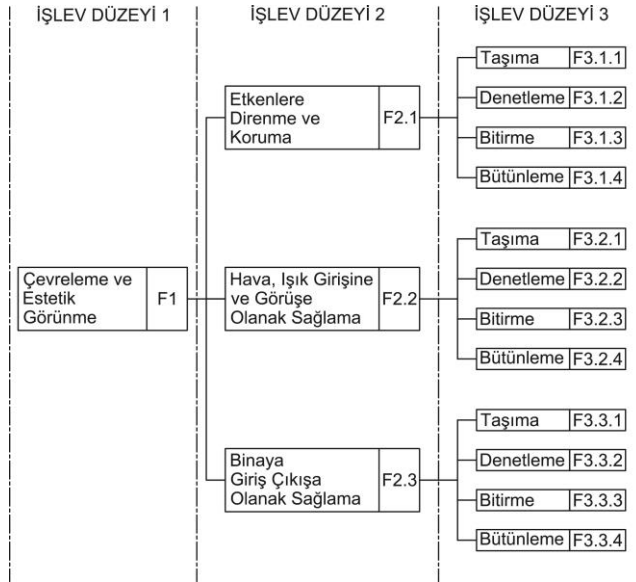
Bir düşey kabuk sistemi olarak bina cephesinin ana işlevi (hiyerarşik organizasyonunun 1. düzeyi), dış atmosfer ortamı ile koşulları oluşturulmuş bir iç ortam arasında çevreleyici görevi yapmak, bu görevi yerine getirirken ayrıca binanın görünen yüzü olmaktır. BCS genellikle bulunduğu çevrenin estetik bağlamının yanı sıra, inşa edildiği dönemin estetik beklentilerine göre tasarlanır. Binanın ana estetik kimliğini oluşturan BCS, estetik beklentilerde ortaya çıkabilecek değişimlere ve yeni estetik tercihlere uyum sağlayabilmelidir. İşlev hiyerarşisinin 2. düzeyinde BCS'nin karşılaması gereken üç farklı genel işlev belirlenebilir: Etkenlere direnme ve koruma; hava, ışık geçişine ve görüşe olanak sağlama; binaya giriş çıkışa olanak sağlama. Bu düzeydeki işlevler BCS'nin çevrelediği mekan kullanımlarına yönelik genel gereksinimlerden kaynaklanır. Hiyerarşinin 3. düzeyinde cephe parçaları tarafından karşılanabilecek daha özel ve ayrıntılı işlevler belirlenebilir: Taşıma, denetleme, bitirme, bütünleme. Taşıma işlevi, çevrelenen dış ve iç ortamdan, binadan ve cephenin kendisinden kaynaklanan ağırlık, çarpma, rüzgârdeprem vb. strüktürel yüklere direnme ve bu yükleri iletme görevleridir. Denetleme işlevi ile, çevrelenen dış ve iç ortamlar arasında oluşan hava, nem gibi madde ve ısı, ses gibi enerji akışları düzenlenir, uygun durumda tutulur. Bitirme işlevi ile, çevrelenen dış ve iç ortamlar ile arayüz oluşturan iç ve dış cephe yüzlerinin, beklenen görsel, estetik ve yüzey performans özellikleri sağlanır. Bütünleme işlevi, mesafe ayarlama, düzeltme, tespit etme, kilitleme vb. tüm tamamlayıcı görevleri içerir. Burada belirlenen her işlev ilgili cephe parçası tarafından karşılanmalıdır.

4.2. Cephe Parçalarının Sistemleştirilmesi

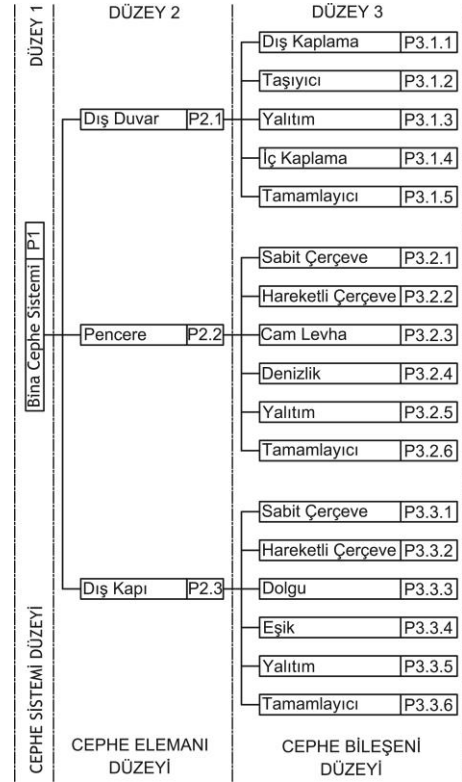
Bir tasarım stratejisi olarak sistemleştirme, tasarlanacak parçaları ve bu parçaların oluşturduğu grupları belirli amaçlara, ilişkilere ve düzene göre bir araya getirerek bir sistem kompozisyonu oluşturma eylemidir. Sistemleştirme, fiziksel parçaları ve parçalar arasındaki ilişkileri, gereksinimlerin ve işlevlerin fiziksel parçalara nasıl çevrildiğini, sistem kompozisyonu için hangi teknoloji ve yöntemlerin kullanıldığını açıklar. Fiziksel parçalar belirlenen bir işleve karşılık gelirken, fiziksel kompozisyon, parçalar ve gruplar arasındaki ilişkileri açıklar. Tasarlanan fiziksel kompozisyonun özellikleri, sistemin kullanım, söküm ve yeniden kullanım kapasitesi açısından belirleyici olur.

BCS'nin, belirli fiziksel parçaların ve grupların işlevlerine göre bir araya getirilmesiyle elde edilen bir fiziksel kompozisyonu vardır. BCS'nin fiziksel kompozisyonu, işlevsel organizasyon kararları ile entegre olabilmesi için, tüm parçaların hiyerarşik düzende organizasyonunu gerektirir. Cephe parçaları, belirlenen kapsayıcı işlevlerine göre, "cephe sistemi", "cephe elemanları" ve "cephe bileşenleri" olmak üzere,

hijerarşik düzende üç farklı düzeyde gruplaştırılarak BCS organizasyonu oluşturulabilir (Şekil 8). Bu organizasyon BCS'nin, karmaşıklığa yol açmadan sökülme ve yeniden monte edilme süreçlerini anlaşılır biçimde açıklayabilmelidir. DUT ilkeleri, böyle bir sistem çerçevesinde daha kolay uygulanabilir.



Şekil 7: BCS işlevlerinin hiyerarşik organizasyonu.



Şekil 8: BCS fiziksel parçalarının hiyerarşik organizasyonu.

Hijerarşik düzenin en üst düzeyinde tüm parçaların toplamı olan, “çevreleme ve estetik görünme” gibi ana kapsayıcı işlevleri karşılayan “BCS” yer alır. Hijerarşik organizasyonda üst düzey kapsayıcı ve alt düzeye baskın olur. Buna göre, üst sistemin gereksinimleri, alt sistemin geliştirilmesi için gömülü gereksinimleri belirler. Üst sistemdeki değişiklikler, alt sistemde de değişiklikleri gerektirir.

BCS'nin bir alt düzeyinde cephe bileşenlerinin bir araya gelmesiyle oluşan ve kapsayıcı genel işlevleri farklı üç cephe elemanı yer alır: Dış duvar (etkenlere direnme ve koruma); pencere (hava, ışık girişine ve görüşe olanak sağlama); dış kapı (binaya giriş çıkışa olanak sağlama) (Şekil 8, 9).

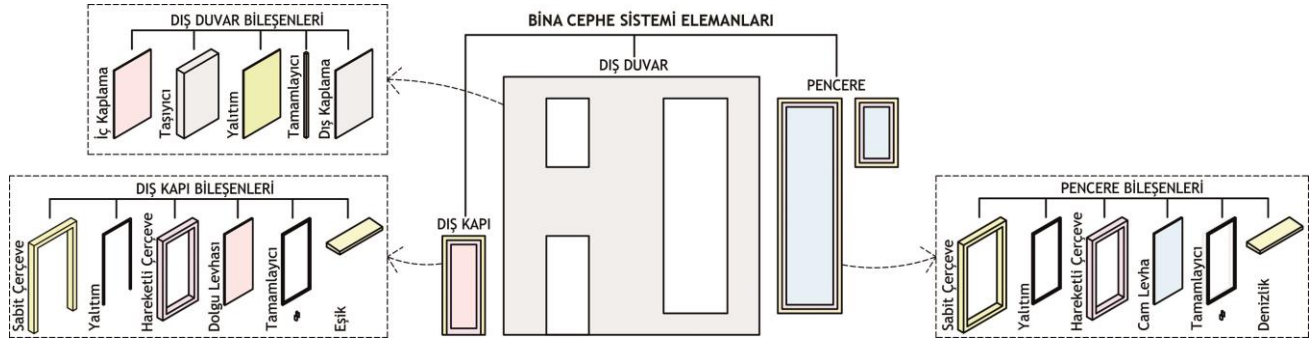
BCS'nin taşıyıcı ve baskın elemanı “dış duvardır”. Dış duvarı oluşturan bileşenler duvar sistemine yönelik işlevlerine göre şöyle sınıflandırılabilirler:

- Taşıyıcı bileşenler (Dış duvarı oluşturan tüm bileşenleri ve duvara gelen tüm yükleri taşıyan bileşenler),
- Dış ve iç kaplama bileşenleri (Renk, doku, biçim vb. estetik işlevlerin karşılanması yanında kısmen yalıtım sağlayan, dış duvarın görünen iç ve dış yüzey bileşenleri),
- Yalıtım bileşenleri (iç mekân konforunun sağlanması için ısı akışını engelleyen bileşenler, dış ortamdan gelebilecek suya ve neme karşı koruyucu ve geçirimsiz bileşenler vb.)
- Tamamlayıcı bileşenler (tespit bileşenleri, ayırıcı bileşenler, mesafe tutucu bileşenler vb.).

BCS içinde binaya giriş çıkışı sağlayan “dış kapı” ve hava, ışık girişine ve görüşe olanak sağlayan “pencere” sistemlerini oluşturan yapı bileşenleri, oluşturdıkları elemana yönelik işlevlerine göre şöyle sınıflandırılabilirler:

- Sabit çerçeve bileşenleri (Kasa),
- Hareketli çerçeve bileşenleri (Kanat),
- Dolgu/cam levha bileşenleri,

- Denizlik/eşik bileşenleri,
- Yalıtım bileşenleri,
- Tamamlayıcı bileşenler.



Şekil 9: BCS ve cephe parçaları.

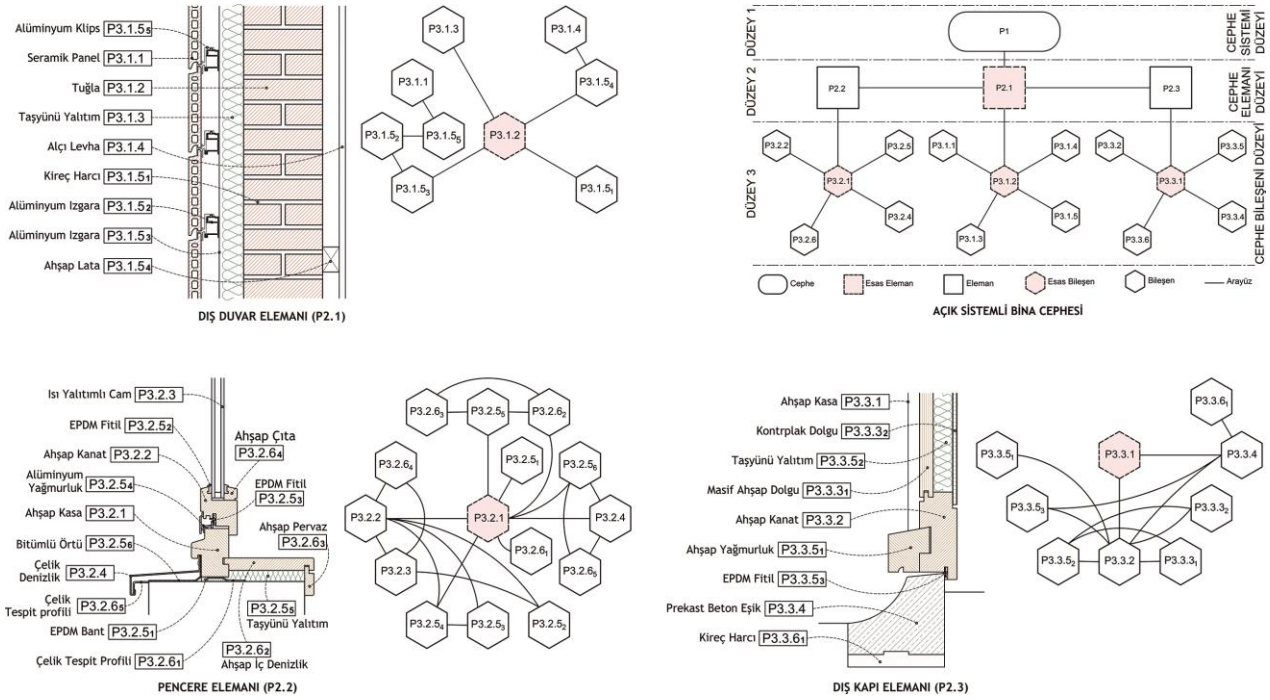
Bir cephe bileşeni ise yapı malzemelerinin işlenmesi, biçimlendirilmesi, bir araya getirilmesi sonucunda elde edilir. Malzemeler, BCS'nin diğer tüm parçalarını oluşturan kaynak yapı parçalarıdır.

BCS'ni oluşturan düzeylerin her biri, hiyerarşik düzen çerçevesinde amaçlanan farklı hizmet ömürlerine sahiptir. Eğer BCS parçalarının sistemleştirilmesi hiyerarşik organizasyona göre yapılırsa, uzun hizmet ömrüne sahip parçalar hiyerarşinin üst düzeyine ve kısa hizmet ömrü olan parçalar ise külfetsiz sökülebilmeleri için hiyerarşinin alt düzeyine yerleştirilir. Bir düzeydeki parçalar grubunun başka bir parçalar grubundan bağımsızlığını sağlayabilmek amacıyla, her grup içinde o gruba ait tüm bağımsız parçaların entegre olduğu “esas parça” düzenlenmelidir. Esas parça, gruptaki farklı parçalar ve işlevler arasındaki ilişkilerde aracı olan baskın parçadır. Buna göre BCS, hiyerarşik organizasyonun farklı düzeylerine yerleştirilmiş çeşitli gruplar içindeki esas parçalar ile bağımsız parçalar arasındaki ilişkilere bağlı olarak açıklanabilir. Esas parça, bir grup içindeki tüm bağımsız parçaların bağlayıcısıdır ve diğer gruplarla da bağlantıları sağlar. Eleman düzeyinde yer alan cephe sistemi grubu içinde, “dış duvar elemanı” pencere ve dış kapı elemanları için esas parça görevi yapar (Şekil 10). Bileşen düzeyinde yer alan dış duvar elemanı grubu içinde, “taşıyıcı” bileşen (taşıyıcı gövde, çekirdek) dış duvarın diğer tüm bileşenleri (dış ve iç kaplama, yalıtım, tamamlayıcı vb.) için esas parça görevi yapar. Bileşen düzeyinde bulunan pencere ve dış kapı elemanlarına ait gruplardaki “çerçeve” (kasa) bileşenleri, aynı grubun diğer tüm bileşenleri (kanat, cam levha, dolgu levhası, sızdırmazlık bantı, tamamlayıcı vb.) için esas parça olarak görev üstlenir.

Kolay söküm ve yeniden montaj olanağının artırılması, BCS'nin hiyerarşik düzeninin “açık sistem” biçiminde organize edilmesini gerektirir. BCS'nin etkin bir açık sistem özelliği kazanabilmesi için, sistemin alt sistemleri arasındaki arayüzlerin sayısı en aza indirilmeli ve alt sistemler (parçalar ve gruplar) fiziksel ve işlevsel açıdan birbirinden bağımsız olmalıdır. Açık BCS düzeninde, bir grup içindeki parçalar sadece esas parçayla bağımlılık ilişkisi kurar, grubun diğer parçalarıyla olan ilişkilerinde bağımsızlıklarını sürdürürler. Böylece, hizmet ömrü biten cephe parçaları, diğer parçaların sökümüne veya bozulmasına yol açmaksızın kolaylıkla sökülebilir ve değiştirilebilir (Şekil 10).

4.3. Söküme Uygun Montaj Dizilerinin ve Bağlantıların Oluşturulması

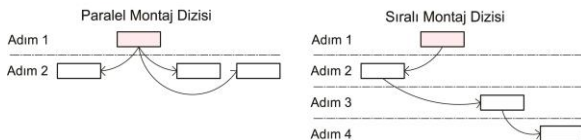
Önemli SUT ilkelerinden biri, alt montaj işlemleri arasında uygulanabilir, doğru ilişkilerin kurulmasıdır [20]. Bina sistemleri çoğunlukla nasıl söküleceği dikkate alınmadan, kolay monte edilebilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu nedenle montaj, karmaşık bağlantı dizileri ve birçok uzman ve özel makine gerektiren işlemler içerir. Bir bina sisteminin sökümü onun montajının tersi gibi düşünülebilir. Sökümü dikkate alınmadan tasarlanan bina sistemlerinde montaj dizilerinin tersi genellikle yıkım ve yapısal atık ile sonuçlanmaktadır [21].



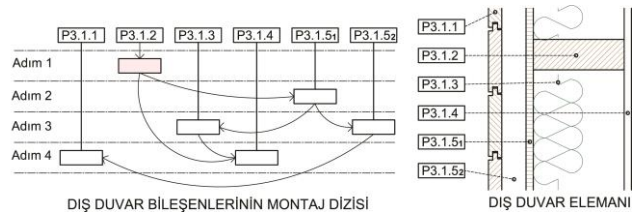
Şekil 10: BCS parçalarının sistemleştirilmesi.

Kolay sökümlenmesi için, her parça ve grubu içeren geçerli ve anlaşılır bir montaj/söküm hiyerarşisinin oluşturulması gerekir. Bir montaj hiyerarşisi, montaj açısından BCS'nin analizini ifade eder. Montaj dizileri cephe parçaları arasındaki bağımlılık durumunu da belirler. İki tür montaj dizisi vardır: Sıralı montaj, paralel montaj (Şekil 11). Sıralı montaj dizisinde her parça sonradan monte edilen bir parça tarafından sabitlenir (tespit edilir). Bu nedenle parçalar arasında doğrusal bir bağımlılık vardır ve parçaların birbirinden bağımsız sökülmesi olanaksızdır. Paralel montajda bir parça diğerlerine bağlı olmadan monte edilebilir ve sökülebilir. Paralel montajın söküm performansı, BCS parçaları arasındaki bağlantı türlerine bağlıdır. Paralel montaj dizisi, BCS'nin montaj/söküm sürecini kolaylaştırabilir ve hızlandırabilir [2].

BCS parçalarının sistemleştirilmesi, BCS'nin montaj dizisiyle açıklanabilir. Şekil 12'de BCS içindeki dış duvar bileşenlerinin montaj diyagramı gösterilmektedir. Burada önce esas bileşen P3.1.2 monte edilir. Daha sonra sıralı montaj dizisi izlenerek, diğer bileşenlerin montajından önce P3.1.5₁ esas bileşene bağlanır. 3. adımda, bu bileşene bağlı P3.1.3 ve P3.1.5₂ bileşenleri monte edilir. 4. adımda ise P3.1.1 ve P3.1.4 bileşenleri uygulanır.

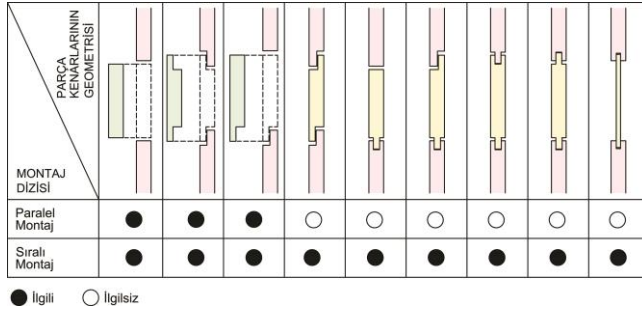


Şekil 11: Montaj dizileri

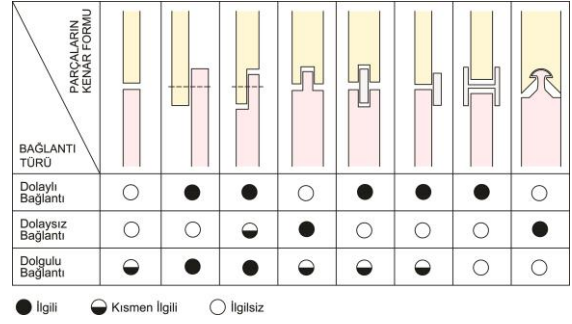


Şekil 12: Dış duvarın montaj diyagramı

Montaj dizileri cephe parçalarının bağlantı türlerinden ve kenar geometrilerinden etkilenir. İç içe geçmiş formdaki bağlantılar, parçalar sadece bir yönde söküme olanak sağladığı için kısıtlama oluşturur ve bağımsız söküme (paralel montaja) uygun değildir. Bu tür bağlantılarda hizmet ömrü bitmiş bir parçanın sökümü, bitişiğindeki hizmet ömrü devam eden bir parçanın sökümünü de gerektirir (Şekil 13).



Şekil 13: Montaj dizisi ve parça kenarlarının geometrisi arasındaki ilişkiler.



Şekil 14: Bağlantı türleri ve parça kenarlarının geometrisi arasındaki ilişkiler.

Açık sistem düzenindeki cephe parçaları, basit kenar geometrilerine ve paralel (bağımsız) montaj/söküm dizilerine sahip olur. Kapalı sistemlerde ise yapışık ve iç içe geçmiş parçalar, sıralı (bağımlı) montaj dizileri vardır. Açık sistemlerde montaj ve söküm işlemlerinin sayısı mümkün olduğunca azaltılır.

Cephe parçaları arasındaki bağlantılar, arayüz oluşturma şekillerine göre genel olarak üç grupta toplanabilir [2, 22]: Dolaysız bağlantı, dolaylı bağlantı, dolgulu bağlantı (Şekil 14).

Dolaysız Bağlantı: Cephe parçalarının geçme veya bini vasıtasıyla birleştirildiği bağlantı tekniğidir. Burada söküm, sıralı montaj sürecinden dolayı, hasarsız ve yıkımsız gerçekleştirilemez. Bu teknikte cephe parçalarının kenar geometrileri tam bağlantı oluşturur. Binili bağlantıların sökümü, bağlantıda kullanılan malzemenin türüne, montaj dizisine, cephe parçasının hiyerarşik konumuna ve parçanın diğer parçalarla ilişki durumuna bağlıdır. Geçme bağlantılarda, cephe parçasının kenarları özel ve farklı biçimlendirilir. Bu teknikte kenar geometrileri sadece sıralı montaja olanak sağlar ve bu nedenle söküm sürecinde bağımlılık oluşur.

Dolaylı Bağlantı: Bu tür bağlantılarda, bağlantıyı gerçekleştirebilmek için ilave (ek) araçlara (parçalara) gereksinim vardır. Ek parça, cephe parçasının içine sokulur veya dış kenarına uygulanır. Ek parçaların cephe parçalarından bağımsız ve değiştirilebilir olduğu bağlantı durumlarında, söküm genellikle serbest ve sorunsuz biçimde gerçekleştirilebilir. Eğer bağlantı yöntemi sıralı montaj dizilerini içeriyorsa, söküm süreci bağımlılık nedeniyle zorlaşır.

Dolgulu Bağlantı: Tutkal, kaynak gibi dolgu (yapıştırıcı) malzemeler vasıtasıyla bağlantının sağlandığı bu tür tekniklerde, dolgu çok yumuşak olmadıkça (örneğin, kireç harcı), hasarsız söküm olanaksızdır. Dolgulu bağlantılarda cephe parçalarının montaj ve söküm süreci emek yoğun özelliklidir.

Cephe parçalarının birleşiminde kullanılan bağlayıcı türleri, parçaların başarılı şekilde sökülüp sökülemeyeceğini belirleyebilir (Tablo 1). Parçaların mekanik ve kuru bağlayıcılarla (civata, vida, çivi vb.) birleştirilmeleri, diğer parçaları bozmadan sökülebilmelerine ve BCS'nin atık oluşturmada yeniden yapılandırılmasına olanak sağlayabilir. Sıkıştırılarak uygulanan civata, çakılarak uygulanan çivilere göre sökümüne daha uygun bağlayıcıdır. Çivi yerine mümkün olduğunca civata veya vida kullanılması cephe parçalarında oluşabilecek hasarları azaltacaktır. Teknolojik değişimlerin karşılanabilmesi için cephe parçalarının mekanik bağlayıcılara gereksinimi olur. Mekanik bağlayıcılar, sistemin tüm düzeylerinde değiştirilebilir parçaların sağladığı olanakla teknolojik yeniliği destekleyebilir. Islak birleşimli, kimyasal ve yapıştırıcı bağlantı araçları söküm için uygun değildir. Bu tür bağlayıcılar (yapıştırma harcı, yapıştırıcı reçine, kaynak vb.) birleştirilen iki parçayı kalıcı biçimde bağlar ve parçaların sökülüp yeniden kullanımına olanak vermez. Yeniden kullanılabilir cephe parçalarının, bağlayıcılarının ve kenar çözümlerinin dayanıklı olması gerekir. Kenar çözümlerinin belirlenmesinde uygulanabilirlik ve söküm dizisine uygunlukla birlikte dayanıklılık kriteri de dikkate alınmalıdır.

Tablo 2: Bağlayıcı türleri [22].

BAĞLANTI TÜRÜ	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Vidalı Tespit	Kolay sökülebilir	Vida ve delik yeniden kullanımı sınırlandırır, maliyeti yüksektir
Cıvatalı Tespit	Kolay sökülebilir, dayanımı yüksektir, birçok kez yeniden kullanılabilir	Bozulabilir, maliyeti yüksektir
Çivili Tespit	Hızlı tespit edilebilir, maliyeti düşüktür	Sökümü zordur, sökümü tespit alanında hasara yol açabilir
Sürtünmeyle Bağlantı	Söküm sürecinde parçalar bütünlüğünü korur	Gelişmemiş bağlantı vardır, tespit dayanımı zayıftır
Harçlı Bağlantı	Çeşitli dayanımlarda elde edilebilir	Çoğunlukla yeniden kullanılmaz (kil harç hariç), yüksek dayanımlı karışım yapışmış parçaların ayrılmasını zorlaştırır
Kaynaklı Bağlantı	Dayanımlı ve etkin bağlantı elde edilir	Yapışmış parçaların ayrılması tespit alanında hasar oluşturmaksızın olanaksızdır
Yapıştırıcılar	Çeşitli dayanımlarda elde edilebilir, karmaşık bağlantılarda kullanılabilir	Yapışmış parçaların ayrılması çoğunlukla olanaksızdır, yapıştırıcıların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü zordur
Perçinli Tespit	Hızlı tespit edilebilir	Tespit alanında hasara yol açmaksızın sökümü zordur

Tablo 3: Çeşitli cephe bileşenlerinin geri kazanım olanağı

BCS PARÇALARI	YENİDEN KULLANIM	GERİ DÖNÜŞÜM
Prekast beton bileşen/eleman	●	●
Hafif gazbeton blok/panel	●	●
Kuru bağlantılı tuğla/beton blok	●	●
Kireç harç bağlantılı tuğla/beton blok	●	●
Doğal taş plak kaplama	○	●
Masif ahşap lata/kadron	○	●
Lamine ahşap panel	●	○
Çerçevesi ahşap panel	●	○
Tahta kaplama	●	●
Çerçevesi hafif çelik panel	●	●
Metal panel kaplama	●	●
Metal profil	○	●
Plastik profil	○	●
Prefabrike pencere/dış kapı	●	●
Isı yalıtımlı cam levha	○	●
Plastik sızdırmazlık bantı	○	●
Çivi, vida, cıvata	○	●
Mineral esaslı ısı yalıtım şiltesi	●	●
Rijit köpük ısı yalıtım levhası	○	○

● Olanaklı ○ Kısım Olanaklı ○ Olanaksız

5. CEPHE PARÇALARININ GERİ KAZANIM OLANAKLARI

BCS'nin dekonstrüksiyonu sürecinde en önemli sorun, kullanılan cephe parçalarının geri kazanım (yeniden kullanım ve geri dönüştürülme) olanakları sağlayamamasıdır. Hizmet ömrü sonunda ortaya çıkan yeni koşullara bağlı olarak cephe parçaları ya yıkım atığı olabilir veya geri kazanılabilir. BCS'nin olumsuz çevre etkileri oluşturmaması için, hizmet ömrü sonuna gelmiş cephe parçalarının aynı veya başka bir hizmet amacıyla, mevcut yerinde veya farklı bir yerde tekrar kullanılabilmesine olanak sağlanmalıdır. BCS ve cephe parçalarının hizmet ömrü sonunda bütünüyle yeniden kullanımından, parçaların geri dönüştürülmesine kadar, geri kazanım amacıyla uygulanabilecek çeşitli stratejiler vardır. Cephe parçaları için geri kazanım stratejileri (geri kazanım senaryoları veya yaşam döngüsü senaryoları), BCS'nin hiyerarşik organizasyonuna göre şöyle sıralanabilir [22, 23]:

- BCS'nin yeniden kullanımı (Aynı yerde uyarlanarak yeniden kullanma, yer değiştirilerek farklı yerde yeniden kullanma),
- Cephe elemanlarının yeniden kullanımı (Benzer veya farklı amaçlar için aynı yerde yeniden kullanma, benzer veya farklı amaçlar için farklı yerde yeniden kullanma, yüksek veya düşük değerde yeniden kullanma),
- Cephe bileşenlerinin yeniden kullanımı (Benzer veya farklı amaçlar için aynı yerde yeniden kullanma, benzer veya farklı amaçlar için farklı yerde yeniden kullanma, yüksek veya düşük değerde yeniden kullanma),
- Cephe malzemelerinin geri dönüştürülmesi (Yüksek değerde geri dönüştürme, aynı değerde geri dönüştürme, düşük değerde geri dönüştürme).

Cephe parçalarının geri kazanım stratejileri bu süreçte ortaya çıkan maliyet, gerekli işlem ve zaman, çevresel yük vb. kriterlere bağlı olarak belirlenebilir. Örneğin, bir cephe bileşeninin yeniden kullanımı, aynı bileşeni oluşturan malzemelerin geri dönüştürülmesinden daha az enerji ve işlem gerektirdiği ve daha az çevresel yük getirdiği için daha uygun strateji olarak belirlenebilir.

Yeniden Kullanım: Bu geri kazanım stratejisi, bir cephe parçasının, hizmet ömrü sonunda bütün olarak orijinal yerinden alınarak, orijinal işlevine uygun şekilde veya farklı bir işlev için başka bir yerde tekrar kullanılmasını amaçlar. Örneğin, hizmet ömrü bittiği için mevcut yerinden sökülen bir pencere, aynı binanın başka bir yerinde veya başka bir binada yine bir pencere işlevinde veya başka işlevlerde yeniden kullanılabilir. Yeniden kullanım, bir cephe parçasının hizmet ömrü sonunda oluşan yeni koşullara göre tekrar kullanılmasıyla yaşam süresinin uzatılmasına olanak sağlar. Birden fazla kullanıldığı için cephe

parçasının değeri artar. Etkin yeniden kullanım olanağı, cephe parçalarında dayanıklılık gerektirir. Yeniden kullanım ideal bir durumdur. Cephe parçaları belirli bir süre kullanımdan sonra bozulduğu için yeniden kullanılma kapasitelerini kaybedebilirler. Bu durumda yeniden kullanım olanağının tekrar elde edilebilmesi için temizleme, onarım, yenileme gibi işlemler gerekebilir. Yeniden kullanım stratejisinde yüksek performanslı cephe parçalarının kullanılması önemlidir. Cephe parçasının kalitesi (performans özellikleri) yeni kullanım (yaşam) için yetersiz kalırsa veya yeniden kullanım amacıyla kolaylıkla bir alıcı bulunamazsa, geri kazanım stratejisi “yeniden kullanım” olmayabilir. Yeniden kullanım stratejisi, doğal kaynaklara olan talebin ve yapısal atığın azaltılmasını sağlayan en etkili yol olduğu için en çok tercih edilen seçenektir [24]. Tekrar kullanılacak cephe parçalarının, yeni yaşamındaki gereksinimleri ve işlevleri karşılayıp karşılayamayacağı kontrol edilmelidir. Özellikle taşıyıcı cephe parçalarının yeniden kullanımlarının uygun ve güvenli olup olmadığı, ayrıntılı incelenme ve testlerle belirlenmelidir. Eğer cephe parçası yeniden kullanıma uygun değerde değilse, fakat bu değer geri dönüştürülme değerinden daha yüksekse, parça uygun başka bir işlev (amaç) için yeniden kullanılabilir. Bu tür parçalar çoğunlukla geri kazanılmış parça olarak kabul edilir. Öneğin, ahşap pencere kasası resim çerçevesi olarak, tahta duvar kaplaması kitap rafı olarak, taş plak duvar kaplaması döşeme kaplaması olarak kullanılabilir.

Geri Dönüştürme: Bu geri kazanım stratejisi, hizmet ömrü bitmiş cephe parçalarının ham malzemelere ayrıştırılmasını ve başka parçalar içinde işlenerek yeniden üretilmesini amaçlar (Öneğin, bir hurda çelik profil veya çelik panel ham malzemelerine ayrıştırıldıktan sonra yeni bir çelik profile veya panele dönüştürülerek tekrar kullanılabilir). Eğer bir cephe parçası yeniden kullanım ve yeniden işlevlendirme için uygun değerde değilse, geri dönüştürülme seçeneği araştırılmalıdır. Yeterli boyutta ve kesitte bütün olarak sökülemeyen parçalar genellikle geri dönüştürülür. Yeniden kullanımları güvenlik açısından riskli olan taşıyıcı cephe parçaları geri dönüştürülebilir. Öneğin, yeniden kullanım için yapılan güvenlik testini geçemeyen bir taşıyıcı çelik çerçevenin geri dönüştürülmesi daha doğru bir stratejidir. Geri dönüştürme, genellikle az zaman ve düşük maliyet gerektirdiği için daha çok tercih edilmektedir. Bu strateji, yaşam döngüsünün yeni hizmetlerle tekrar başlamasını sağlayan en temel yoldur. Yeniden kullanım olanağı olan cephe parçaları belirli bir süre tekrar kullanımdan sonra (onarım ve iyileştirmenin yetersiz olduğu durumlarda) dayanıklılıklarını, dolayısıyla yeniden kullanılma kapasitelerini kaybedeceklerdir. Bu nedenle, yıkım atığına dönüşmemesi için, tüm cephe parçalarının geri dönüştürülebilme kapasitesine sahip olması gerekir. Hizmet ömrü bitmiş ve yeniden kullanılamayan bir cephe parçası her zaman aynı değerde geri dönüştürülemeyebilir. Üç farklı geri dönüştürme stratejisi uygulamak mümkündür [23]: Yüksek değerde geri dönüştürme; aynı değerde geri dönüştürme; düşük değerde geri dönüştürme. Yüksek değerde geri dönüştürme (Upcycling), sökülen cephe parçasının daha iyi kalitede veya çevreye daha az zarar verecek şekilde yeni bir parçaya dönüştürülmesidir. Bu tür dönüştürme, cephe parçalarının yaşam döngüsü sürelerini en üst düzeye çıkarabilir (Öneğin, duvar kaplama altlığı olarak kullanılan tahta, dolap veya mobilya parçası olarak kullanılarak değerlendirilebilir). Aynı değerde geri dönüştürme (Recycling), sökülen cephe parçasının ayrıştırılıp ham malzeme olarak aynı kalitede yeni bir parça içinde kullanılmasıdır. Düşük değerde geri dönüştürme (Downcycling), sökülen cephe parçasının ayrıştırılıp daha düşük kalitede ve performansta yeni bir parça içinde kullanılmasıdır (Öneğin, çürümüş bir tahta cephe kaplaması, yeni üretilen ahşap yongalı levha içinde kullanılabilir veya bozulmuş bir beton prekast cephe kaplaması agregalarına ayrıştırılarak arazi dolgusu olarak kullanılabilir).

Cephe parçasının yeniden kullanımı, yaşam döngüsü süresince yeni kaynak girdisi ve daha az enerji gereksinimi avantajları nedeniyle, geri dönüştürmeden daha avantajlıdır. Bu nedenle BCS ve cephe parçaları geri dönüştürülmek yerine, yeniden kullanılmak amacıyla tasarlanmalıdır. Ancak dekonstrüksiyondan önce BCS'nin gelecek yaşam senaryoları çoğunlukla doğru tahmin edilemediği için, geri dönüşüme uygun tasarım da avantajlı olabilir. Dekonstrüksiyona uygun BCS tasarımı, cephe parçalarına geri kazanım olanakları kazandırabilmek için DUT ilkeleri ve stratejilerinden yararlanılabilir. Cephe parçalarının geri kazanılma başarısı öncelikle doğru malzeme seçimine bağlıdır. Beton, tuğla, taş, ahşap ve metal gibi temel yapı malzemelerinden oluşturulan parçalar hem geri dönüştürülme hem de yeniden kullanım olanaklarına sahiptir. Cam ve plastik malzemelerden oluşturulan parçalar ise sınırlı düzeyde yeniden kullanım olanağı sağlar ve genellikle geri dönüştürülme için daha uygundur. Dekonstrüksiyona uygun BCS tasarımı, cephe bileşenlerinin sağlayabileceği geri kazanım olanaklarının bilinmesi, bu süreçte doğru cephe parçası seçimi için yardımcı olabilir (Tablo 2) [6, 9, 22, 25].

5.1. Beton Cephe Bileşenlerinin Geri Kazanım Olanakları

Beton, yapısal atığın büyük bir bölümünü oluşturmaya karşın, genellikle düşük değerlerde geri dönüştürülmektedir. Betonun ana malzemeleri (kum, çakıl, çimento) zehirli değildir ve kolaylıkla elde edilebilir. Ancak çimento üretimi enerji yoğun süreç gerektirmekte ve yüksek derecede zararlı gaz salımına yol açabilmektedir. Prekast beton cephe bileşenleri uygun boyutsal özelliklere ve bağlantı türlerine sahip olursa yeniden kullanım olanağı sağlayabilir. Prekast beton blok, panel, lento, denizlik, eşik, harpuşta gibi hazır bileşenler yeniden kullanım olanağı sağlayan cephe bileşenleridir. Hem ısı yalıtımı hem de taşıma görevi yapan hafif beton blok ve paneller, zehirli malzeme içermediği için yeniden kullanım ve geri dönüştürülme olanaklarına sahiptir. Prekast beton cephe bileşenlerinin tespit ve birleşim noktası çözümleri gelecekteki çeşitli değişikliklere karşılık verebilecek biçimde tasarlanabilirse, bu tür bileşenlerin kolay sökülebilmeye ve yeniden kullanılma olasılıkları artırılabilir. Paslanmaz çelik tespit bileşenleri, prekast beton cephe bileşenlerinin hem dayanıklılık hem de sökülebilirlik performansını artırabilir. Beton parçaların birleşimlerinde silikon esaslı macun yerine, hazır bant türü sızdırmazlık malzemelerinin kullanımı, sökümde kirliliği ve hasarı azaltır. Prekast beton cephe bileşenlerinin yeniden kullanımı, teorik açıdan olası olmasına karşın, uygulama veya maliyet etkinliği beklenen düzeyin altında kalmaktadır. Bu tür bileşenlerin boyutları ve biçimleri değiştirilemediği için, yeniden kullanımda, ancak aynı bileşenler birlikte kullanıldığında olumlu sonuç alınabilmektedir (bileşenin ilk boyutunun ve biçiminin, yeni konumuna uyması gerekir). Ayrıca, teorik açıdan yeniden kullanılabilir olan prekast beton taşıyıcı bileşenler, çimento esaslı olmaları nedeniyle, ilk yerinden sökülmesi ve yeni yerine tespit edilmesi sırasında risk oluşturabilecek karmaşık statik gerilmeler ortaya çıkarabilir. Prekast beton bileşenlerin boyutsal özellikleri, fiziksel performansları ve uygulanabilme olanakları yeniden kullanım tercihlerinde belirleyici olur. Pazar oluşturulabilirse, beton bloklar genellikle tasarımda herhangi bir değişiklik gerektirmeden yeniden kullanılabilirler. Yerinde dökme beton cephe parçalarının, tahrip edilerek sökülmeyi gerektirmeleri, yeniden kullanım olanaklarını azaltır ve geri dönüştürülmelerini avantajlı kılar.

5.2. Doğal Taş ve Pişmiş Toprak Cephe Bileşenlerinin Geri Kazanım Olanakları

Doğal taş blok, doğal taş plak, tuğla, seramik plak gibi cephe bileşenleri yeniden kullanım açısından uygun cephe parçalarıdır. Yığma yapı sistemi, yeniden kullanım için taş/tuğla bileşenlerin elle tek tek harçtan kopararak ayrılmasına olanak sağlar. Burada bileşenlerin sökülme olanağı, yapıştırma harcının sertliği ve dayanımına göre farklılık gösterebilir. Taş/tuğla bileşenlerin yapıştırılmasında çimento harcı kullanımı, dekonstrüksiyon açısından sınırlama getirebilir. Çimento harcının sertliği ve dayanımı çoğunlukla taş ve tuğladan daha fazla olduğu için bu bileşenlerin sökümü zorlaşır. Zorunlu olmadıkça bu tür bağlayıcılar kullanılmamalıdır. Kireç harcı taş ve tuğladan daha yumuşaktır ve bu harçla yapıştırılan taş/tuğla bileşenler kolay sökülüp yeniden kullanılabilir. Ayrıca kireç sıva uygulaması, bozulduğunda kireçle yıkanarak kolaylıkla iyileştirilebildiği ve geri dönüştürülebildiği için, dekonstrüksiyonda plastik esaslı sıva ve boya kaplamalardan daha olumlu sonuç verir. Tuğla yığma duvarlarda mevcut harcın mevcut tuğla tarafından emilmiş olması, mevcut tuğlanın yeni harç ile iyi yapışmasını engelleyebilir. Yığma duvarlar kuru birleşimli örgüyle de inşa edilebilirler. Bu tür çözümlerde taş/tuğla bileşenler birbirine kilit bloklar ve çelik kenetlerle bağlanırlar. Dış duvar örgüsünde yapıştırma harcının olmaması, taş/tuğla bileşenlerin kolaylıkla sökülebilmelerine ve yeniden kullanılabilmelerine olanak sağlar. Doğal taş düzgün modüler boyutlarda ve uygun örgülerde kullanıldığında yüksek dayanıklılığa ve yeniden kullanım olanağına sahip olabilir. Ancak doğal taş duvarın önemli dezavantajı, yapımında yüksek düzeyde işgücü ve ekipman gerektirmesidir. Doğal taş ve seramik panel cephe kaplamalarının yeniden kullanım olanakları, kaplama bileşenlerinin tespit ve birleşim noktası çözümlerine, dolayısıyla söküm ve yeniden montaj kapasitelerine bağlıdır. Doğal taş plak ve seramik panel dış duvar kaplama bileşenlerinin, duvar gövdesine mekanik yöntemlerle (askılı, kenetli, klipsli, vb.) tespit edilmesi, kaplamanın kolaylıkla ve hasar olmaksızın sökülmesine ve yeniden kullanılmasına olanak tanıyabilir.

5.3. Ahşap Cephe Bileşenlerinin Geri Kazanım Olanakları

Temel özelliklerini kaybetmeksizin yeni boyut ve biçimlerde kullanılmak amacıyla kesilip işlenebildiği için, masif ahşap bileşenler, yeniden kullanım ve yeniden üretim esnekliğine sahiptir. Doğal (masif) ahşap biyobozunur özelliği nedeniyle olumsuz çevresel etkisi olmayan malzemedir. Zehirli koruyucularla,

boyalarla veya yapıştırıcılarla kirletilmemiş ahşap bileşenler, yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak ayrıştırılabilir veya içerdiği enerjiden yararlanmak için yakılabilir. Ahşap bileşenlerde kullanılan zararlı kimyasal malzemelerin ayrıştırılarak yok edilmesi çok karmaşık ve maliyetli bir işlemdir. Bu nedenle genellikle bu tür malzemelerin varlığı, ahşap bileşenlerin dekonstrüksiyonuna engel oluşturur.

Dekonstrüksiyon için önemli engellerden biri, su sızıntısı ve ahşaba zarar veren organizmaların zaman içinde ahşap bileşenlerde oluşturduğu bozulmadır. Bu bozulma, ahşap bileşeni zayıflatır ve ahşabın geri kazanım değerini düşürür. Bu nedenle ahşap bileşenlerin bozulmaya karşı korunması gerekebilir. Ahşap bileşenlerin korunmasında, zehirli olmayan malzemeler kullanılırsa güvenli yeniden kullanım veya geri dönüştürme olanağı artar. Koruyucu boya, ahşap bileşenlerin dayanıklılığını artırırken, yeniden kullanım ve geri dönüştürme olanaklarını sınırlandırır. Ahşap cephe bileşen yüzeylerinin zehirli olmayan biyobozunur boyalarla boyanması, bileşenin hizmet ömrü sonunda güvenli biçimde doğal ayrışma uğramasına olanak sağlar. Boya yerine, sudan korumak amacıyla çıkıntı yapma, yağmur perdesi oluşturma vb. cepheyi kuru tutacak tasarım çözümleri uygulanarak da ahşap bileşenlerin yaşam süresi uzatılabilir. Ahşap dış duvar sistemlerinde buhar geçirimli levhalar kullanılarak ve duvar iç boşluğu havalandırılarak, duvar içinde yoğuşma riski nedeniyle malzemelerin bozulma tehlikesi ortadan kaldırılabilir.

Yatay uygulanan kaplama tahtalarından en altta (subasman bölgesinde) olanları su sıçraması nedeniyle çürümeye açık durumdadır. Düşey uygulanan kaplama tahtalarının tümünün zemine yakın uçları bu sorunla karşılaşır. Bu nedenle yatay tahta kaplama sisteminde sadece bazı tahtalar yeniden kullanım sorunu yaşarken, düşey tahta kaplama sisteminde tüm kaplama tahtalarının yeniden kullanım olanakları sınırlanmış olur. Duvar kaplama altlığı (kör kaplama) olarak ahşap yongalı levha yerine tahta kullanımı, kaynak etkinliği, atık azalımı ve kullanıcı sağlığı açısından daha uygundur. Fakat bu seçeneğin ilk maliyeti yüksektir.

Yapay (işlenmiş) ahşap cephe bileşenleri, hızlı büyüyen ve küçük çaplı ağaçların yanısıra, ahşap yonga, ahşap lif vb. artıkların kullanılmasına da olanak sağladığı için, maliyet ve doğal kaynak korunumu açısından masif ahşap ürünlere göre daha avantajlıdır. Küçük boyutlu malzemelerin bir araya getirilmesiyle elde edilen yapay (lamine) ahşap bileşenler, yüksek kalite ve dayanım sunarlar. Bu tür bileşenlerin önemli bir avantajı da yeniden kullanımlarında değişmeyen hassas boyutsal özelliklere sahip olmalarıdır. Ancak yapay ahşap bileşenlerin bünyelerinde yapıştırıcı ve bağlayıcı kullanılması nedeniyle geri dönüştürülmeleri sorunlu olabilir. Ayrıca bu bileşenlerin üretimlerinde çevre ve insan sağlığını etkileyen reçineler de kullanılmaktadır. Ahşap yongalı ve ahşap lifli levhalar ise sökümlerinde bozulma riski taşıdıkları için, yeniden kullanım olanağı zayıf ancak geri dönüştürülebilir bileşenlerdir.

Ahşap cephe bileşenlerinin mekanik yöntemlerle (vidalı, cıvatalı, klipsli, askılı vb.) tespit edilmesi (uygun kalitede ahşap seçilmesi koşuluyla), kaplamanın kolaylıkla ve hasar olmaksızın sökülmesine ve yeniden kullanılmasına olanak tanıyabilir. Tespitte çivi yerine vida veya cıvata kullanılması, söküm ve yeniden tespit sürecini kolaylaştırıp söküm hasarını azaltır.

En çok tercih edilen duvar iç kaplama bileşenlerinden biri olan alçı levhaların tamamen yeniden kullanılabilmesi için uygun tespit yönteminin bulunması gerekir. Alçı levha yüzeylerine genellikle düzeltme sıvası veya boyası uygulandığı için, söküldükten sonra levhaların yeniden kullanımı sınırlanır. Bu sorun yüzey kaplaması olarak kâğıt kullanımıyla kısmen azaltılabilir. Alçı levhalar güvenli moloz dolgu malzemesi değildir.

Pencerelerde cam levhalar çerçeveye çitalarla tespit edilmeli ve kolay sökülebilir doğrama kullanılmalıdır. Doğrama ve çita tespitleri mekanik yollarla yapılmalı, macun ve yapıştırıcılardan kaçınılmalıdır. Ahşap pencere ve dış kapılar prefabrikasyona, kuru montaja ve kolay söküme uygun biçimde tasarlanabilir. Doğrama tasarımlarında kolay sökümü sağlayan uygun kenar detayları oluşturulabilirse bu elemanların yeniden kullanım olanağı artırılabilir. Kasa üzerine bindirilerek uygulanan cephe kaplamaları ve sızdırmazlık levhaları sökümü kolaylaştırılabilir. Böylece bitişikteki malzemeye hasar vermeksizin söküm gerçekleştirilebilir. Ahşap pencere çerçevesinde sızdırmazlık amacıyla, gerektiğinde sökülebilecek özellikli olan ek bini parçaları düzenlenebilir. Pencere ve dış kapı

doğramalarında sızdırmazlık amacıyla kullanılan plastik bantlar, fitiller ve contalar, ikinci kullanımda gerekli performansı gösteremeyeceği için, yeniden kullanımda güvenli olmaz. Yeniden kullanımda iyileştirme gerektiren masif ahşap doğramaların performansı alüminyum profillerle artırılabilir. Pencere ve dış kapılarda, zehirli atık oluşturabileceği için, yapay ahşap doğrama kullanımından kaçınılmalıdır.

5.4. Metal Cephe Bileşenlerinin Geri Kazanım Olanakları

Metal malzemelerin dekonstrüksiyondaki geri dönüşüm olanağı, yeniden kullanım olanağından daha fazladır. Çünkü çoğu metal parça kesilerek sökülmemekte ve bu parçalar özgün yüzeylerine uymayan yüzey kaplamalarıyla kaplanarak tekrar kullanılabilir. Yüzey kaplamalarıyla (galvaniz, metal veya poliüretan toz boya, PVC, emaye vb.) kaplanmış metal bileşenlerin geri dönüştürülme olanağı vardır, fakat yeniden kullanılmaları pahalı iyileştirme gerektirdiği için genellikle tercih edilmez. Yeniden kullanım açısından en uygun metal parçalar, mekanik yollarla tespit edilen kaplamasız metal levhalardır. Çeliğin, koruyucu kaplama olmaksızın kullanımı sorun yaratmasına karşı, alüminyum, bakır gibi metaller kaplamaya gerek duymaksızın dayanıklılığını sürdürebilirler.

Metal cephe bileşenlerinin bağlantılarında erişilebilir ve sökülebilir tespit yöntemlerinin kullanılması, dekonstrüksiyon için gereklidir. Bastırma, klips, vida, cıvata vb. mekanik tespitler, bileşenlerin bakım, onarım, yenileme ve değiştirme amacıyla kolay, hızlı ve ucuz şekilde sökülüp takılmasına olanak sağlar. Metal cephe bileşenlerinin erişilebilir mekanik tespit noktaları, bakım, onarım ve değiştirme kolaylığının yanı sıra estetik nedenlerden dolayı cephe yüzeyine yakın bir yerde düzenlenebilir. Bu tür tespit noktalarında vandallığa dikkat edilmelidir. Bunun için, erişilemez tespit çözümleri tasarlamak yerine, vandallığı engelleyici bağlantılar düzenlenmelidir. Metal cephe kaplamalarında tespit için istenmeyen yerlerde açılan vida delikleri yeniden kullanım sorunu oluşturabilir.

Çeşitli katmanlardan oluşan metal cephe panellerinde, katmanlar birbirlerine mekanik yollarla tespit edilirse, sökümü ve yeniden montajları daha kolay olur. Katmanları sökülemeyen sandviç cephe panelleri yeniden kullanım olanağı olan, fakat her yere uygulanamadıkları için ekonomik etkinliği düşük bileşenlerdir.

Hafif çelik profillerin, ahşap lata veya kadronlarla karşılaştırıldığında, daha hafif, nem ve mikroorganizmalara daha dirençli olduğu görülebilir. Her iki sistem vidalı bağlantılar açısından karşılaştırıldığında, hafif çelik profillerin ahşap bileşenlere göre daha kolay sökülebildiği söylenebilir. Ayrıca hafif çelik çerçeveler sökülmeden, bağlayıcıları ile birlikte geri dönüştürülmeye olanak sağlar. Hafif çelik çerçeve profillerinde ön üretimle oluşturulan delikler, sonradan kesme ve delme gibi işlemlere gerek kalmadan, profillerin içinden tesisat kablolarının geçirilmesine olanak tanır.

5.5. Yalıtım Bileşenlerinin Geri Kazanım Olanakları

PVC genellikle çevreye zararlı malzeme olarak bilinir ve birçok çevre örgütü bu tür malzemelerin kullanılmaması gerektiğini önerir. Bu nedenle cephede PVC esaslı örtüler yerine, kolay elde edilebilen ve bazı türlerinde geri dönüştürülebilir özellikli olan LDPE (Low Density Polyethylene) esaslı nem kesici örtülerin kullanılması, dekonstrüksiyon açısından daha uygundur. Cephede kullanılacak plastik esaslı yapay ısı yalıtım bileşenleri, zehirli madde içerdikleri, dolayısıyla yok edilmesi gereken atık oluşturdukları için, gelecekte yüksek maliyete yol açar. Mineral esaslı ısı yalıtım levhaları geri dönüştürülme olanağına sahiptir. Doğal/Biyobozunur ısı yalıtım bileşenleri ise, zehirli olmayan ve atık üretmeyen seçenek sunar. Sıva üzerine yapıştırılarak uygulanan rijit yalıtım levhalarının, söküldüklerinde hasar gördükleri için, yeniden kullanım değerleri düşer. Duvar boşluklarında yapıştırılan rijit yalıtım levhaları yerine, serbest yerleştirilen esnek yalıtım şiltelerinin kullanımı, kolaylıkla sökme ve sıfır atıkla yeni yerine rahatça yerleştirme olanağı sağladığı için, yeniden kullanıma daha uygundur. Çift gövdeli tuğla duvarların duvar boşluğuna doldurularak uygulanan taneli ısı yalıtım malzemeleri, hizmet ömrü sonunda kolaylıkla kaldırılabilir ve yeni yerine yerleştirilebilir. Pamuk, selüloz, cam yünü ve taş yünü şilte gibi yalıtım levhaları yapıştırılmadan uygulanırsa, kolaylıkla sökülebilmek ve tekrar kullanılabilir olanağı sağlarlar. Cam lifi şiltelerin lifleri, söküm ve yeniden kullanım sürecinde sağlık riski oluşturabilir. EPS ve XPS gibi köpük yalıtım malzemeleri genellikle rijit levha formunda, duvar gövdesi üzerinde ve

dış kaplama altında kullanılır. Yapıştırılmadan uygulanan köpük yalıtım levhalarının rijit yapıları, formları bozulmadan, yeniden kullanılmak üzere sökülmelerine olanak sağlar. Bu tür yalıtım malzemeleri, geri dönüştürülebilir özellikte olmalarına karşın, EPS’de sağlığa zararlı pentan, XPS’de ise ozon tüketen kimyasallar kullanıldığı için çevre kirliliği oluşturmaktadır.

6. SONUÇLAR

Günümüzde Türkiye’de binalar çoğunlukla dekonstrüksiyon dikkate alınmadan ve önemsenmeden tasarlanmaktadır. Bu nedenle BCS veya parçaları bozulma ve eskime nedeniyle hizmet ömrünün sonuna geldiğinde, genellikle yıkıntı atığı olarak doğaya terkedilmekte ve böylece çevresel kirliliğin artmasına katkı yapmaktadır. Ayrıca cephe parçalarının geri kazanılmayıp yıkıntı atığı olması, yeni ürün ve üretim süreci gereksinimi oluşturmakta, bu durum da enerji ve kaynak tüketimini hızlandırmaktadır.

Bozulma ve eskimeye yol açan etkenler yok sayılamaz, fakat DUT vasıtasıyla bu etkenlerin olumsuz sonuçları engellenebilir. Dekonstrüksiyona uygun BCS tasarımı, cephe parçalarının kolaylıkla ve hasarsız biçimde söküm, yeniden düzenlenebilme, yeniden kullanım ve geri dönüştürme olanağını artırır. Dekonstrüksiyona uygun BCS tasarımı iki temel ilkeye dayalı olarak gerçekleştirilebilir: SUT ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı. Bu çalışmada SUT için üç temel strateji belirlenmiştir: Cephe işlevlerinin organizasyonu; cephe parçalarının sistemleştirilmesi; söküme uygun montaj dizilerinin ve bağlantıların oluşturulması.

BCS parçalarının sökümünü kolaylaştıracak işlevsel bağımsızlığın sağlanabilmesi için, BCS’nin işlevleri hiyerarşik bir organizasyon içinde alt işlevlere ayrıştırılmalıdır. Bu hiyerarşik düzende BCS işlevleri kapsayıcı özelliklerine göre farklı düzeylerde düzenlenir. Daha kapsayıcı işlevler hiyerarşinin üst düzeyinde yer almalıdır. Böylece farklı işlevlerin farklı cephe parçalarına paylaştırılması olanaklı olur. Bu sürecin kararları, cephe parçalarının belirleneceği sistemleştirilme kararlarıyla birlikte verilmelidir. Farklı BCS işlevlerinin farklı bağımsız cephe parçalarına atanması, bozulma ve eskime durumlarında cephe parçalarının kolaylıkla değiştirilmesine, yeniden düzenlenmesine ve yeniden kullanılmasına olanak sağlar.

Cephe parçalarının söküm ve değiştirilebilme yeteneği, bunların fiziksel bağımsızlıklarına da bağlıdır. Fiziksel bağımsızlığın sağlanabilmesi için BCS’nin sistemleştirilmesi gerekir. Sistemleştirme, belirli fiziksel parçaları ve bu parçaların oluşturduğu grupları belirli amaçlara, ilişkilere ve düzene göre bir araya getirerek bir kompozisyon oluşturma eylemidir. BCS işlevlerinin onları üstlenecek cephe parçalarıyla ilişkisini kuracak böyle bir fiziksel kompozisyon hiyerarşik düzende olmalıdır. Hiyerarşik düzen, belirlenen ve atanan kapsayıcı işlevlerine göre cephe parçalarının ve parçalardan oluşan grupların belirli düzeylerde ilişkilendirilmesi ile kurulur. Hiyerarşik düzeylerin her biri, farklı hizmet ömürlerine sahiptir. Uzun ömürlü parçalar hiyerarşinin üst düzeyinde, kısa hizmet ömrüne sahip parçalar ise alt düzeyinde yer almalıdır.

Cephe parçalarının söküme uygunluğunun önündeki engellerden biri montaj dizileridir. Montaj dizileri cephe parçaları arasındaki bağımlılık durumunu da belirler. Sıralı montaj dizisinde her parça sonradan monte edilen başka bir parça tarafından sabitlendiği için, parçalar arasında bağımlılık oluşur ve söküm zorlaşır. Paralel montaj dizisinde ise her parça diğerlerinden bağımsız şekilde monte edilip sökülebilir. Bu nedenle, paralel montaj dizileri, montaj ve sökümün bağımsız ve hızlı yapılmasına olanak sağlar. Cephe parçalarının montaj dizileri, parçaların bağlantı türlerinden ve kenar geometrilerinden etkilenir. İç içe geçmiş bağlantı geometrileri sıralı montaj dizisine olanak sağlar. Paralel montaj için parçaların kenar geometrileri basit (birbirinden bağımsız yanaştırmaya olanak sağlayacak) biçimlerde düzenlenmeli ve bağlantılarda yapıştırıcı kullanılmamalıdır. Bağımsız (paralel) montaj dizisi ve parça kenarlarının basit geometrisi söküme uygunluk için temel özelliklerdir.

Cephe parçalarının birleşiminde kullanılan bağlantı türleri, parçalar arasındaki özgürlük ve söküme uygunluk derecelerini belirler. Basit, mekanik ve kuru bağlantılar, parçaların birbirlerini bozmadan sökümüne ve atık oluşturmaksızın yeniden kullanımına olanak sağlar. Söküme uygun bağlantılarda tutkal,

kaynak gibi dolgu (yapıştırıcı) malzemeler kullanılmamalıdır. Geçme veya binili bağlantı teknikleriyle oluşturulan bağlantılar, sıralı montaj nedeniyle, söküm sürecinde bağımlılık ve karmaşıklık oluşturur. Düz yanaştırma bağlantı tekniği, paralel montajla gerçekleştirilebildiği için, parçaların birbirinden bağımsız sökümüne olanak sağlar. Ek parçalı bağlantılar ise, paralel montaja uygun şekilde tasarlanmalıdır. Kimyasal ve ıslak bağlayıcılar, parçaları birbirine kalıcı biçimde bağladığı için, hasarsız sökümüne ve parçaların yeniden kullanımına olanak vermez.

BCS'nin dekonstrüksiyonu, bina cephe parçalarının dikkatli ve belirli yöntemlere göre sökümünün yapıldığı, ayrıştırıldığı ve böylece parçaların mümkün olduğunca etkin biçimde geri kazanıldığı bir yıkım yaklaşımıdır. Cephe parçalarının hizmet ömürlerinin sonunda geri kazanımlarını sağlamak amacıyla genellikle şu stratejiler (senaryolar) uygulanır: Cephe sisteminin, elemanlarının ve bileşenlerinin yeniden kullanımı; cephe malzemelerinin geri dönüştürülmesi. Geri dönüştürme stratejisi ise, az maliyet ve az zaman gerektirdiği için, geri kazanımda kullanılan en yaygın seçenektir. Yeniden kullanım stratejisi ise, yaşam döngüsü sürecinde kaynak tüketimi talebinin ve atık üretiminin azaltılmasında en etkin yol olduğu için daha uygun bir seçenektir. Bu nedenle sürdürülebilir yapı açısından, BCS parçalarının geri dönüşümünden daha çok yeniden kullanıma uygun biçimde tasarlanması gerekir. Hizmet ömrü bitmiş ve yeniden kullanım için yeterince değeri olmayan cephe parçalarının ise geri dönüştürülme olanakları araştırılmalıdır. Beton, tuğla, taş, ahşap ve metal gibi temel yapı malzemelerinden oluşturulan parçalar genel olarak hem geri dönüştürülme hem de yeniden kullanım olanaklarına sahiptir. Cam ve plastik malzemelerden oluşturulan parçalar ise sınırlı düzeyde yeniden kullanım olanağı sağlar ve genellikle geri dönüştürülme için daha uygundur. Dekonstrüksiyona uygun BCS tasarımı, çeşitli yapı malzemelerinden oluşturulan cephe bileşenlerinin sağlayabileceği geri kazanım olanaklarının bilinmesi, bu süreçte doğru cephe parçası seçimi için gereklidir. Etkin geri kazanım olanağı sağlayan BCS tasarımı DUT ilkeleri ve stratejilerinden yararlanılmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Kestner, D.M. and Webster, M.D., 2010. Achieving Sustainability through Durability, Adaptability, and Deconstructability, *Structure Magazine*, March, pp.10-12.
- [2] Durmisevic, E., 2006. Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design and construction. *Ph.D. Thesis*. Delft TU.
- [3] McDonough, W. and Braungart, M.O., 2002. Design for the Triple Top Line: New Tools for Sustainable Commerce, *Corporate Environmental Strategy*, Vol. 9, No. 3, 251-258.
- [4] Crowther, P., 2005. "Design for Disassembly-Themes and Principles", RAIA/BDP Environment Design Guide.
- [5] Crowther, P., 2015. "Re-Valuing Construction Materials and Components through Design for Disassembly", Unmaking Waste 2015 Conference, 22-24 May, Adelaide, South Australia.
- [6] Guy, B. and Shell, S., 2002. "Design for Deconstruction and Material Reuse", Proceedings of the CIB Task Group 39, CIB Publication 272, Karlsruhe, Germany.
- [7] Crowther, P., 2014. "Investigating Design for Disassembly Through Creative Practice", International Symposium, 30 June, Santa Verdiana Church, Florence, Italy.
- [8] Durmisevic, E. and Brouwer, J., 2002. "Design Aspects of Decomposable Building Structures", Proceedings of the CIB Task Group 39, CIB Publication 272, Karlsruhe, Germany.
- [9] Guy, B. and Ciarimboli, N., 2005. DFD Design for disassembly in the built environment: A Guide to Closed-Loop Design and Building, Harmer Centre for Community Design, Philadelphia.
- [10] Brand, S., 1994. How buildings learn, what happens after they're built. Penguin Book, London.
- [11] Norris, C., 2002. Deconstruction Theory and Practice, Routledge, London.
- [12] Esin, N., 1989. "Mimariye Değişik Bir Bakış: Dekonstrüktivist Mimari", *Yapı*, S.90, sf.49-51.
- [13] Crowther, P., 1999. "Historic Trends in Building Disassembly", Mastering the Impacts-ACSA/CIB International Science and Technology Conference, June, Montreal, Canada.
- [14] Storey J., Gjerde M., Charleson A., Pedersen M., 2003. The State of Deconstruction in New Zealand 2003-Synopsis, Centre for Building Performance Research, Victoria University, New Zealand.

- [15] Elias Özkan, S.T., 2005. “The state of deconstruction in Turkey”, Deconstruction and Materials Reuse: An International Overview, CIB Task Group 39, CIB Publication No.300.
- [16] Tingley, D. D., 2012. Design for Deconstruction: An appraisal, *Ph.D. Thesis*, The University of Sheffield, UK.
- [17] Couto, J. and Couto, A., 2010, “Analysis of Barriers and the Potential for Exploration of Deconstruction Techniques in Portuguese Construction Sites”, *Sustainability*, V.2, No.2, pp.428-442.
- [18] Marteinsson, B., 2005. Service Life Estimation in the Design of Buildings: A Development of the Factor Method, *Doctoral Thesis*, Centre of Built Environment, University of Gävle, Sweden.
- [19] Baum, A., 1991. Property investment depreciation and obsolescence. Routledge, London.
- [20] Luttrup, C., 1997. Design for Disassembly: Environmentally Adapted Product Development Based on Prepared Disassembly and Sorting, *Doctoral Thesis*, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- [21] Crowther, P., 2002. “Design for Buildability and the Deconstruction Consequences”, Proceedings of the CIB Task Group 39, CIB Publication 272, Karlsruhe, Germany.
- [22] Morgan, C. and Stevenson, F., 2005. Design and detailing for deconstruction. Scotland Environmental Design Association, SEDA Design Guides for Scotland: No:1, Scotland.
- [23] Macozoma, D.S., 2002. “Understanding the Concept of Flexibility in Design for Deconstruction”, Proceedings of the CIB Task Group 39, CIB Publication 272, Karlsruhe, Germany.
- [24] Webster, M.D. and Costello, D., 2005. “Designing Structural Systems for Deconstruction: How to extend a new building’s useful life and prevent it from going to waste when the end finally comes”, In: Greenbuild Conference, Atlanta, GA.
- [25] Hurley, J., Goodier, C., Garrod, E. et al., 2002. “Design for deconstruction–BRE Technical Opinions”, Proceedings of the CIB Task Group 39, CIB Publication 272, Karlsruhe, Germany.

ILIMLI-NEMLİ İKLİM BÖLGESİNDE KEÇE TİP BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHE SİSTEMİ ISIL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Elif YÜKSEL¹
A. NİL TÜRKERİ²

Konu Başlık No: 3

TÜRKÇE ÖZET

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli değerlendirme raporunda, son yüzyılda dünyadaki ortalama sıcaklıkların gittikçe arttığı ve 21. yüzyılın sonuna kadar yeryüzündeki sıcaklık artışının 4°C'ye yükseleceği, ülkemizdeki artışın ise 2.5°C-4°C arasında olacağı ortaya konulmaktadır. Dış ortam sıcaklıklarının artmasına neden olan etmenlerden biri olan sera etkisinin azaltılması için enerji tüketimlerinin indirgenmesi ve/veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gereklidir. Dünyada bazı ülkelerde duvar yüzey sıcaklıklarının dolayısıyla enerji tüketimlerinin azaltılmasında etkin sistemlerden biri olarak kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ülkemiz gerçek hizmet koşullarındaki ısı performansının ölçüldüğü herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca literatürde, Kocaeli İli'nin yer aldığı Csa iklim bölgesinde keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin ısıtma ve soğutma dönemindeki performansının gerçek hizmet koşullarında ölçüldüğü herhangi bir çalışma olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan, ülkemizde en çok kullanılan bitkilendirilmiş cephe tipi keçe sistemdir. Bu nedenle, Kocaeli İli'nde kurulmuş keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin ısıtma ve soğutma dönemlerindeki ısı performansının gerçek hizmet koşullarında ölçülmesi amacıyla bir doktora çalışması başlatılmıştır. Bu bildirinin amacı, Csa iklim bölgesinde keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin soğutma dönemindeki ısı performansının ortaya konulmasıdır.

ANAHTAR KELİMELER

Bitkilendirilmiş cephe sistemleri, Keçe sistem, Yüzey sıcaklığı, Isıl performans, Deneysel çalışma

ABSTRACT

In assessment report of Intergovernmental Panel of Climate Change it is indicated that average temperatures on globe have increased in last century and it will increase to 4°C on globe and 2.5°C-4°C until 21.century. It is essential to decrease energy consumptions and/or use renewable energy sources in order to decrease greenhouse effect which is one of the factors causing to increase ambient air temperatures. There is not any experimental study in which thermal performance of vegetated façade systems that are used as one of the efficient systems on reducing surface temperatures and energy consumption is measured in our country. Also, there is no experimental study in which thermal performance of felt type vegetated façade system in Kocaeli which is located in Csa climate conditions during heating and cooling periods in literature. Additionally, most common type of vegetated façade systems is the felt system in Turkey. Therefore, a Phd study has being conducted to measure thermal performance of felt type of vegetated façade system in Kocaeli during heating and cooling periods. Aim of this study is to put forward thermal performance of felt type vegetated façade system in Csa climate conditions during cooling periods.

KEYWORDS

Vegetated façade systems, Felt system, Surface temperature, Thermal performance, Experimental study

¹ Arş.Gör. Elif YÜKSEL, Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Çayırova Kampüsü 41400 Gebze Kocaeli, e.yuksel@gtu.edu.tr

² Prof. Dr. A. Nil TÜRKERİ, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Taşkışla Taksim 34437 İstanbul, sahal@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Son yüzyılda dünyadaki dış ortam sıcaklıkları önemli oranda artış göstermiştir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin raporuna göre, herhangi bir önlem alınmazsa önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar dış ortam sıcaklıklarında 4°C'ye kadar, Türkiye'de ise 2.5°C - 4°C arasında bir artış olacağı öngörülmektedir (IPCC; MCCAR; TRMEU). Dünyadaki dış ortam sıcaklıklarının artmasına neden olan ana iki etken kent ısı adası etkisi ve sera etkisidir. Yeşil alanların azalması ve bu alanların yerini yansıtıcılık değeri düşük, geçirimsiz yapı malzemelerinin alması ile yaz aylarında kent ısı adası etkisi oluşmaktadır. Yapılarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan yakıtların genellikle fosit tabanlı kaynaklardan sağlanması ile sera gazı etkisi artmaktadır. Dünyada bazı ülkelerde duvar dış yüzey sıcaklıklarının dolayısıyla soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimlerinin azaltılmasında etkin sistemlerden biri olarak kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansının ülkemiz gerçek hizmet koşullarında ölçüldüğü herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca literatür araştırması sonucunda, Kocaeli İli'nin yer aldığı Csa iklim bölgesinde keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin ısıtma ve soğutma dönemindeki performansının gerçek hizmet koşullarında ölçüldüğü herhangi bir çalışma olmadığı görülmektedir (Yüksel ve Türkeri, 2016a). Yanı sıra, ülkemizde en çok kullanılan bitkilendirilmiş cephe tipinin keçe sistem olduğu görülmektedir (Yüksel ve Türkeri, 2016b). Bu nedenle, Kocaeli İli'nde kurulmuş keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin ısıtma ve soğutma dönemlerindeki ısıl performansının gerçek hizmet koşullarında ölçülmesi amacıyla bir doktora çalışması başlatılmıştır. Bu bildiride, bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansının ortaya konulduğu çalışmalara ilişkin literatür özeti verilmiştir. Ayrıca, çalışmanın üçüncü bölümünde bitkilendirilmiş cephe ve referans cephe sistemlerinin ve deney düzeneğinin tasarımından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde yaz dönemine ait test sonuçları verilmiştir. Son bölümde ise yaz dönemine ait sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde, bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansının değerlendirildiği çeşitli deneysel ve sayısal çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, Köppen iklim sınıflandırılmasına göre A grubu (tropikal iklim), B grubu (kurak iklim), C grubu (ılımlı-sıcak iklim) ve D grubu (karasal iklim) iklim bölgelerinde gerçekleştirilmiştir (Yüksel ve Türkeri, 2016a). Literatür araştırmasına göre, bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performanslarının iklim bölgesine, kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemi tipine ve yönelmeye göre değiştiği görülmektedir. Tropikal iklim bölgelerinde, soğutma döneminde bitkilendirilmiş cephe sistemleri duvar dış yüzey maksimum sıcaklıklarını referans cepheye kıyasla 4.4°C-16°C azaltmaktadır. Kurak iklim bölgelerinde ise bitkilendirilmiş cephe sistemleri soğutma döneminde duvar dış yüzey maksimum sıcaklıklarını referans cepheye göre 13°C-18.7°C azaltmaktadır. Bu sistemler, ılımlı-sıcak iklim bölgelerinde soğutma döneminde duvar dış yüzey maksimum sıcaklıklarını referans cepheye kıyasla 1.7°C-25°C, iç yüzey sıcaklıklarını 0.65°C-6.4°C, iç ortam sıcaklıklarını 0.25°C-4.2°C azaltmaktadır. Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ılımlı-sıcak iklim bölgelerinde ısıtma döneminde duvar dış yüzey sıcaklıklarını 0.6°C-3.9°C arttırdığı görülmektedir. Karasal iklim bölgelerinde soğutma döneminde ise bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin referans cepheye göre duvar dış yüzey sıcaklıklarını 0.9°C-16°C azalttığı görülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre soğutma dönemindeki dış yüzey sıcaklıklarındaki maksimum azalmalar açısından bakıldığında en etkin

Şekil 1. Bitkilendirilmiş cephe sistemi katmanları, düşey kesit

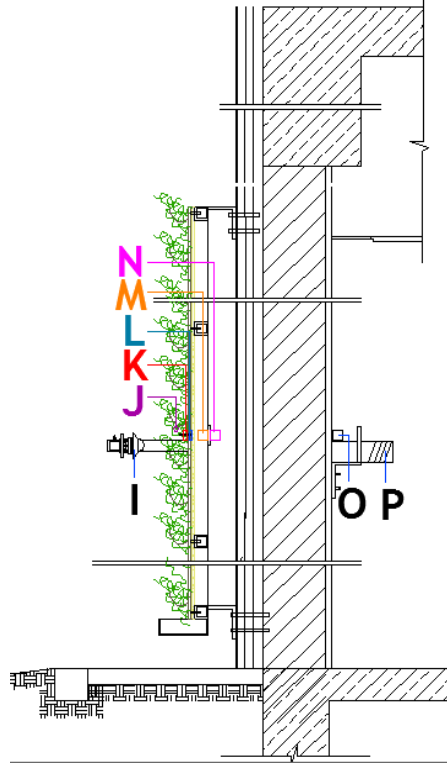
Bitkilendirilmiş cephe sistem bileşenlerinden taşıyıcı paneller taşıyıcı sistem üzerine monte edilmiş olarak getirilmiştir. Taşıyıcı sistem ve panellerin Gebze Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Binası dış duvarı üzerine monte edilmesinden sonra panellerin üzerine sırasıyla 1.kat keçe örtü, 2.kat keçe örtü, sulama boruları ve bitkiler (yeşil taflan) yerleştirilmiştir (Şekil 2).



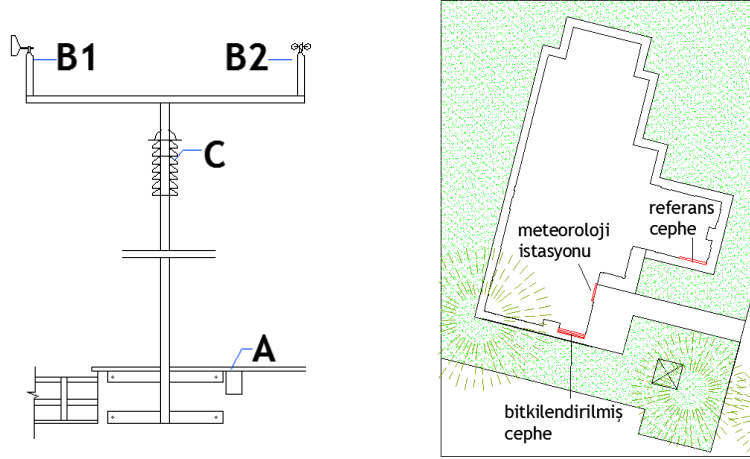
Şekil 2. Bitkilendirilmiş cephe sisteminin kurulum tamamlandıktan sonra cephenin görünümü

Bitkilendirilmiş cephe sistemine ait ölçüm parametreleri dıştan içeriye doğru; bitkilendirmiş cepheden yansıyan güneş ışıyım şiddeti, yaprak ortam sıcaklığı, keçe yüzey sıcaklığı, panel ön yüzey ve arka yüzey sıcaklığı, duvar dış yüzey sıcaklığı, duvar iç yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığıdır. Bitkilendirilmiş cephenin önüne düşey olarak yerleştirilmiş piranometre (I) ile bitkilendirilmiş cepheden yansıyan güneş ışıyım şiddeti ölçülmektedir. Yaprakların bulunduğu ortam sıcaklığının ölçülmesi amacıyla yaprakların arasına sıcaklık sensörü (J) yerleştirilmiştir. İkinci kat keçenin yüzey sıcaklığı (K), PVC panel ön yüzey (L) ve arka yüzey (M) sıcaklığı ve bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklığının (N) ölçülmesi amacıyla kızılötesi temassız ölçüm sensörleri kullanılmıştır. Bitkilendirilmiş duvar iç yüzey sıcaklığı ise temaslı sıcaklık sensörü (O) ile ölçülmektedir. Bitkilendirilmiş duvarın arkasındaki odanın iç ortam sıcaklıklarının ölçülmesi amacıyla duvarın 20 cm önüne sıcaklık ölçüm sensörü (P) yerleştirilmiştir (Yüksel and Türkeri, 2017) (Şekil 3).

Meteorolojik verilerin elde edilmesi amacıyla Kimya Mühendisliği Binası'nın çatısına meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemi çatı parapetine monte edilen sıcaklık sensörleri (A) ile gerçekleştirilmektedir. Rüzgar yönünün ölçülmesi amacıyla rüzgar yön sensörü (B1) ve rüzgar hızının ölçülmesi amacıyla anemometre (B2) çatı parapetine yerleştirilen bir direk üzerine monte edilmiştir. Hava basıncı ise çatı parapetine yerleştirilen direk üzerine monte edilen basınç sensörü (C) ile ölçülmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Bitkilendirilmiş cephe sistemi deney düzeneği, kesit

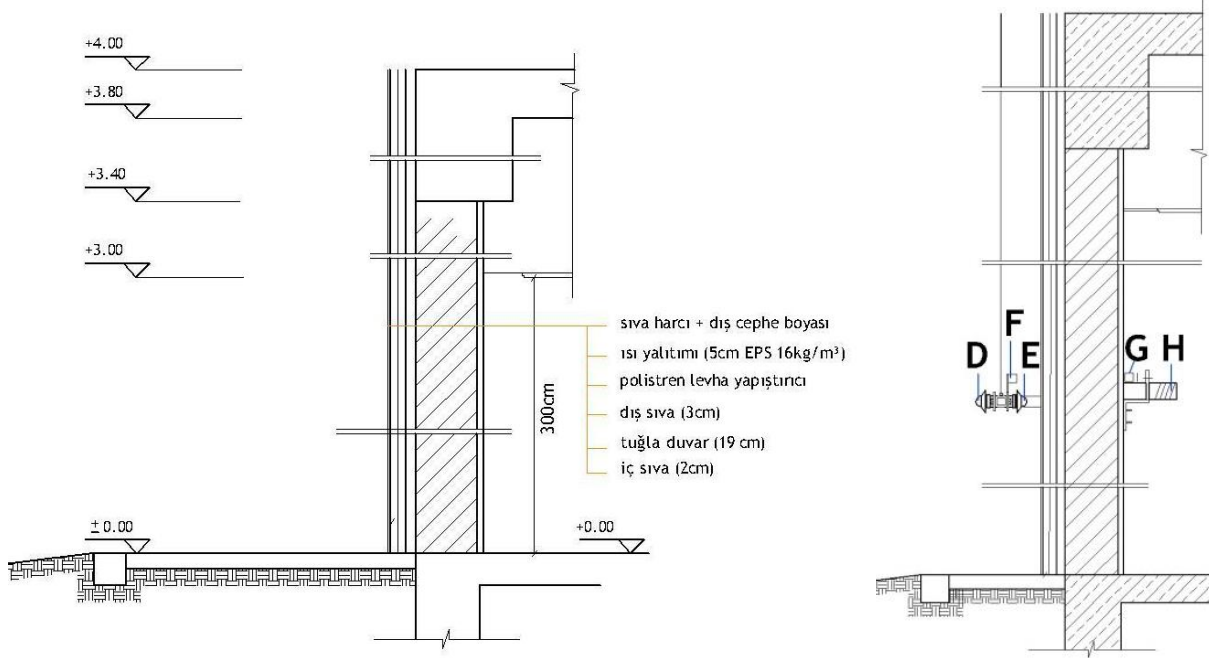


Şekil 4. Meteoroloji istasyonu, kesit (solda) ve Kimya Mühendisliği Binası vaziyet planı (sağda)

3.2. Referans Cephe Sistemi ve Deney Düzenekinin Tasarımı

Gebze Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Binası'nın güney yönüne bakan aynı özellikteki iki cepheden biri referans cephe olarak kullanılmıştır. Referans cephe olarak belirlenen yüzey üzerine herhangi bir ek katman uygulanmamıştır. Referans cephe sisteminin duvar gövdesi 19cm delikli tuğladan meydana gelmektedir. Referans cephe sistemi içeriden dışarıya doğru; iç sıva, 19cm kalınlığında delikli tuğla, dış sıva, polistren levha yapıştırıcısı, 5 cm kalınlığında EPS ısı yalıtımı, sıva harcı ve dış cephe boyasından oluşmaktadır (Şekil 5). Referans cephe sistemine ait ölçüm parametreleri dıştan içeriye doğru; referans cepheye gelen ve referans cepheden yansıyan güneş ışınım şiddeti, duvar dış yüzey sıcaklığı, duvar iç yüzey

sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığıdır. Referans cepheye gelen (D) ve referans cepheden yansıyan (E) güneş ışınım şiddetinin ölçülmesi amacıyla cephe önüne düşey olarak ve birbirine simetrik olacak şekilde iki piranometre yerleştirilmiştir. Referans duvar dış yüzey sıcaklığının (F) ölçülmesi amacıyla kızılötesi temassız ölçüm sensörü kullanılmıştır. Referans duvar iç yüzey sıcaklığı ise temaslı sıcaklık sensörü (G) ile ölçülmektedir. Referans duvarın arkasındaki odanın iç ortam sıcaklıklarının ölçülmesi amacıyla duvarın 20 cm önüne sıcaklık ölçüm sensörü (H) yerleştirilmiştir (Yüksel and Türkeri, 2017) (Şekil 5).



Şekil 5. Referans cephe sistemi katmanları (solda), referans cephe sistemi deney düzeneğine ilişkin kesit (sağda)

4. TEST SONUÇLARI

Bitkilendirilmiş cephe ve deney düzeneklerinin kurulumundan sonra 5 ay boyunca deneme ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tüm parametrelere ilişkin veriler 04 Şubat 2017 tarihinden itibaren elde edilmektedir. Ölçümlerin, Şubat 2017 - Şubat 2018 arasında bir yıl boyunca bir ısıtma ve soğutma dönemini kapsayacak şekilde yapılmasına ve sonuçların dönemlik (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış dönemi) olarak değerlendirilmesine karar verilmiştir. Bu bildiride, yaz/soğutma dönemine ait veriler analiz edilecek ve değerlendirilecektir. Yaz dönemini temsilen Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarına ait güneş ışınım şiddetinin en yüksek olduğu 3 haftasonu günü seçilmiştir. Haziran ayını temsilen 03-04 Haziran 2017, Temmuz ayını temsilen 29-30 Temmuz 2017, Ağustos ayını temsilen 26-27 Ağustos 2017 tarihleri seçilmiştir. Bu bölümde, söz konusu tarihlere ilişkin verilerin analizleri gerçekleştirilmiştir.

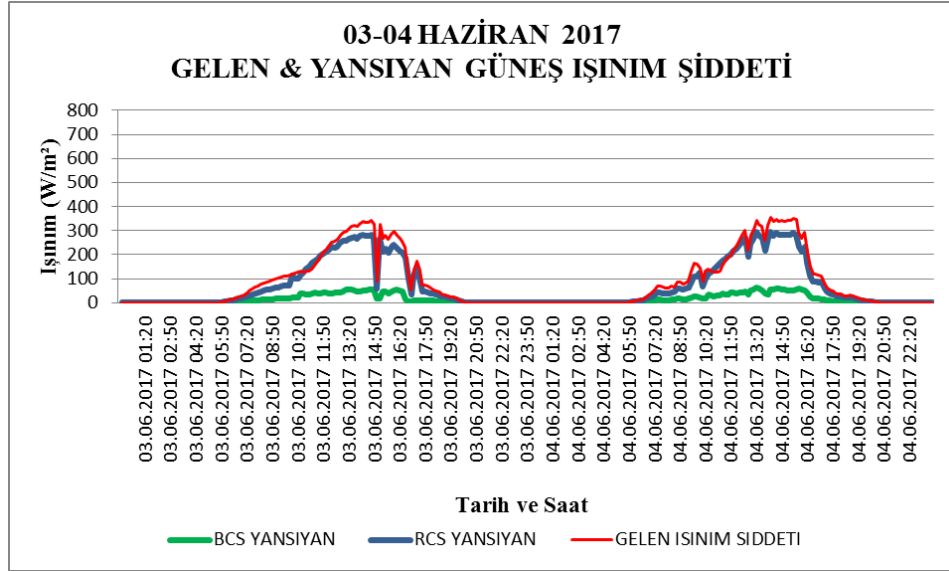
03-04 Haziran 2017 Tarihleri Arasındaki Veri Analizi

* Dış ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı

03-04 Haziran 2017 tarihleri arasında hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri, sırasıyla, 18.7°C ile 32.2°C ve %25 ile %88 arasında değişmiştir.

* Gelen ve yansıyan güneş ışınlam şiddeti

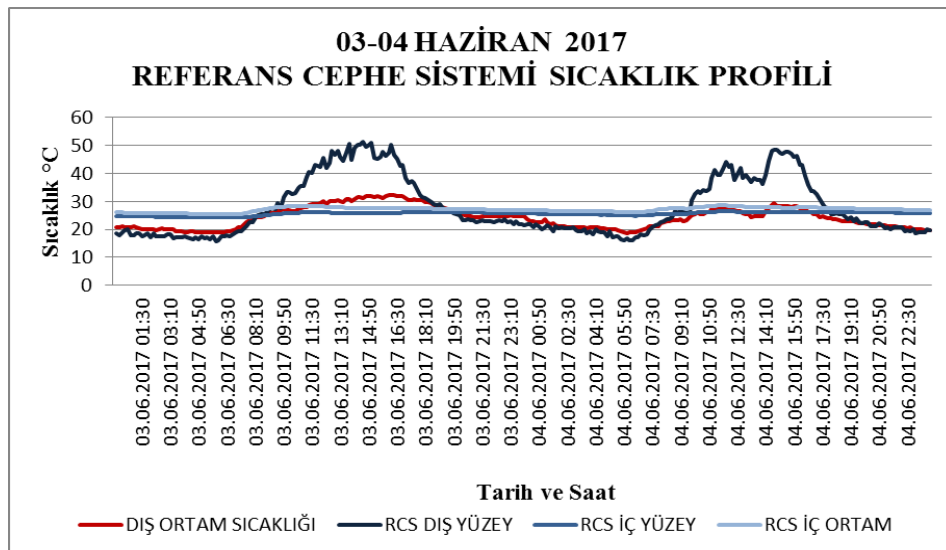
03-04 Haziran 2017 tarihleri arasında, en yüksek güneş ışınlam şiddeti, 04 Haziran 2017 tarihinde saat 14:10'da görülmüştür ve 356 W/m^2 değerindedir. 03 Haziran 2017 tarihinde ise cepheye ulaşan en yüksek güneş ışınlam şiddeti saat 14:40'da görülmüştür ve 342 W/m^2 'dir. 03 Haziran 2017 tarihlerinde saat 09:00 ile 15:00 arasındaki BCS ve RCS yansıma oranı aritmetik ortalaması sırayla, 0.185 ve 0.865'dir. 04 Haziran 2017 tarihlerinde saat 09:00 ile 15:00 arasındaki BCS ve RCS yansıma oranı aritmetik ortalaması ise sırayla, 0.178 ve 0.880'dir (Şekil 6).



Şekil 6. 03-04 Haziran 2017 tarihlerinde bitkilendirilmiş ve referans cepheden yansıyan ve cepheye gelen güneş ışınlam şiddeti

* Referans cephe sistemi sıcaklık profili

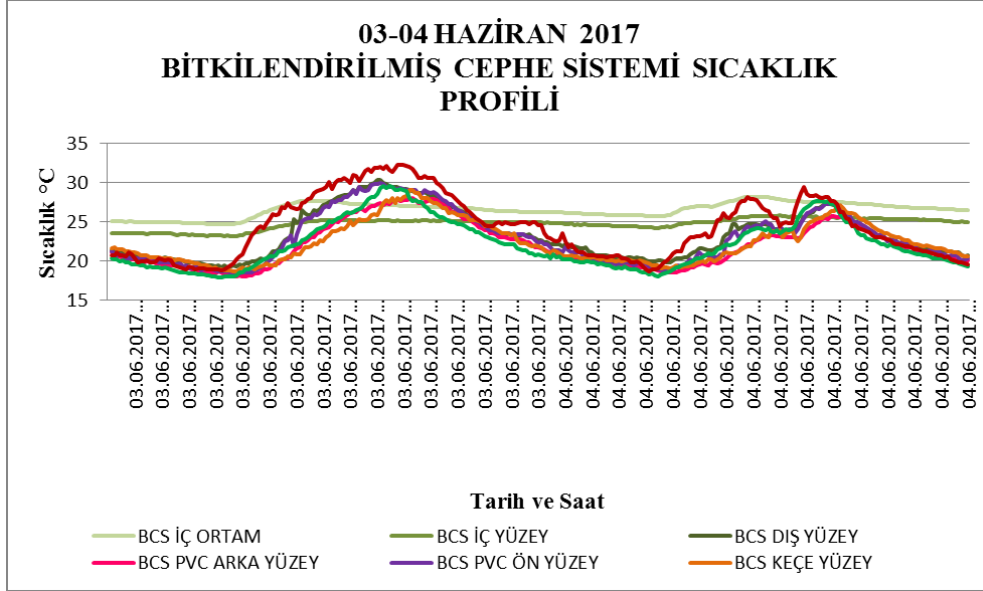
03-04 Haziran 2017 tarihleri arasında referans duvar dış yüzey sıcaklık değerleri 15.9°C ile 51.3°C , duvar iç yüzey sıcaklık değerleri 24.2°C ile 26.4°C , referans duvarın arkasındaki odanın iç ortam hava sıcaklık değerleri 25.5°C ile 28.6°C arasında değişmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. 03-04 Haziran 2017 tarihlerinde referans cephe sistemi sıcaklık profili

* Bitkilendirilmiş cephe sistemi sıcaklık profili

03-04 Haziran 2017 tarihleri arasında yaprak ortam sıcaklık değerleri 17.9°C ile 29.6°C, keçe yüzeyi sıcaklığı 18.7°C ile 29°C, PVC panel ön yüzey sıcaklıkları 18.4°C ile 30°C ve PVC arka yüzey sıcaklıkları 18.1°C ile 28°C, bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklık değerleri 19.2°C ile 30.3°C, duvar iç yüzey sıcaklık değerleri 23.2°C ile 25.8°C ve bitkilendirilmiş duvarın arkasındaki odanın iç ortam hava sıcaklık değerleri 24.7°C ile 28.2°C arasında değişmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. 03-04 Haziran 2017 tarihlerinde bitkilendirilmiş cephe sistemi sıcaklık profili

29-30 Temmuz 2017 Tarihleri Arasındaki Veri Analizi

* Dış ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı

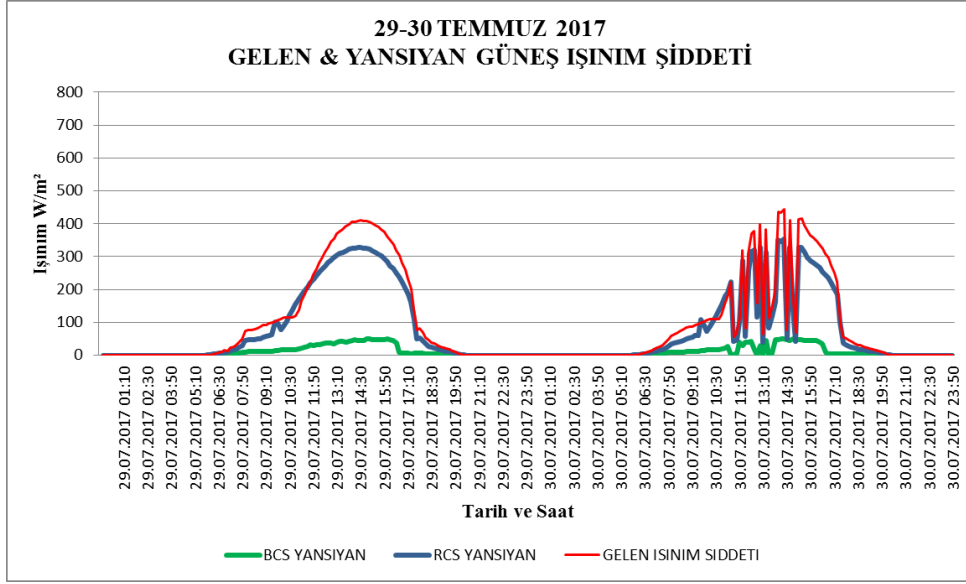
29-30 Temmuz 2017 tarihleri arasında hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri, sırasıyla, 19.4°C ile 33.1°C ve %31 ile %90 arasında değişmiştir.

* Gelen ve yansıyan güneş ışınlam şiddeti

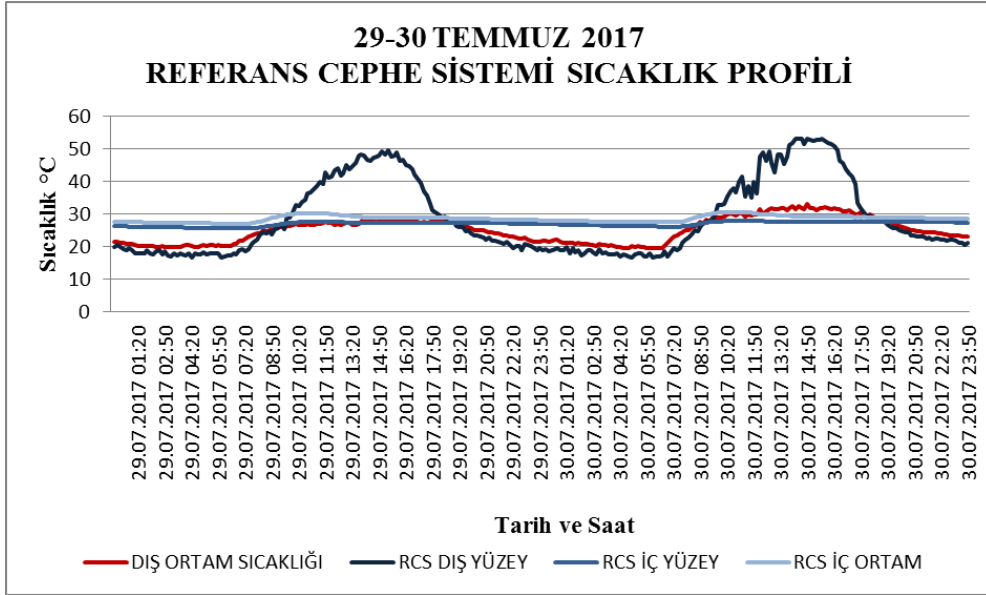
29-30 Temmuz 2017 tarihleri arasında, en yüksek güneş ışınlam şiddeti, 30 Temmuz 2017 tarihinde saat 14:20'da görülmüştür ve 443 W/m² değerindedir. 29 Temmuz 2017 tarihinde ise cepheye ulaşan en yüksek ışınlam şiddeti saat 14:30'da 411 W/m²'dir. Verilen tarihler için saat 09:00 ile 15:00 arasındaki BCS ve RCS yansıma oranı aritmetik ortalaması 29 Temmuz 2017 tarihlerinde sırayla, 0.125 ve 0.850; 30 Temmuz 2017 tarihlerinde ise sırayla, 0.161 ve 0.806'dir (Şekil 9).

* Referans cephe sistemi sıcaklık profili

29-30 Temmuz 2017 tarihleri arasında referans duvar dış yüzey sıcaklık değerleri 16.6°C ile 53.2°C, duvar iç yüzey sıcaklık değerleri 25.6°C ile 28.1°C, referans duvarın arkasındaki odanın iç ortam hava sıcaklık değerleri 27.1°C ile 30.7°C arasında değişmiştir (Şekil 10).



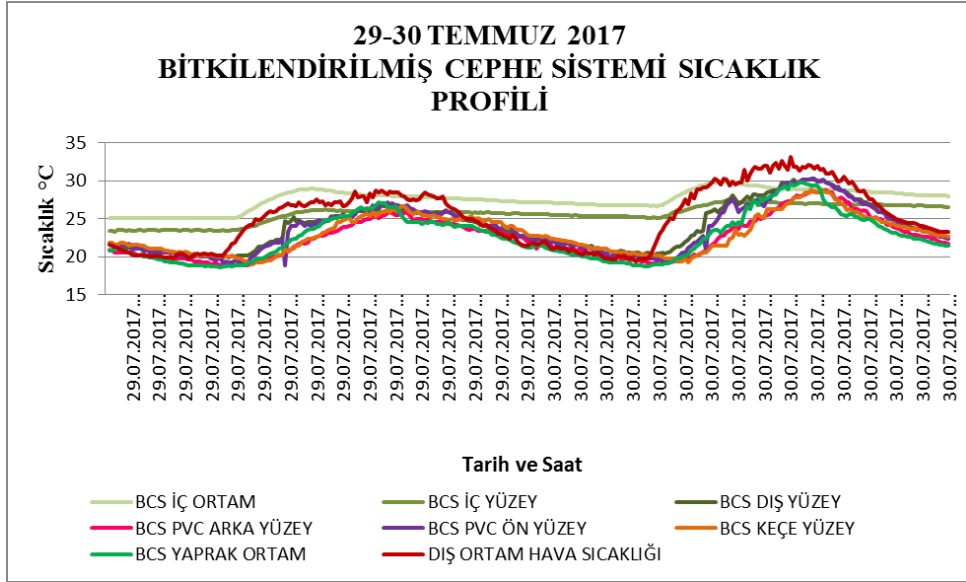
Şekil 9. 29-30 Temmuz 2017 tarihlerinde bitkilendirilmiş ve referans cepheden yansıyan ve cepheye gelen güneş ışıınım şiddeti



Şekil 10. 29-30 Temmuz 2017 tarihlerinde referans cephe sistemi sıcaklık profili

* Bitkilendirilmiş cephe sistemi sıcaklık profili

29-30 Temmuz 2017 tarihleri arasında yaprak ortam sıcaklık değerleri 18.6 °C ile 29.8°C, keçe yüzeyi sıcaklığı 19°C ile 28.8°C, PVC panel ön yüzey sıcaklıkları 18.8°C ile 30.3°C ve PVC arka yüzey sıcaklıkları 18.8°C ile 28.7°C, bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklık değerleri 19.9°C ile 30.2°C, duvar iç yüzey sıcaklık değerleri 23.3°C ile 27.3°C ve bitkilendirilmiş duvarın arkasındaki odanın iç ortam hava sıcaklık değerleri 25.1°C ile 29.9°C arasında değişmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. 29-30 Temmuz 2017 tarihlerinde bitkilendirilmiş cephe sistemi sıcaklık profili

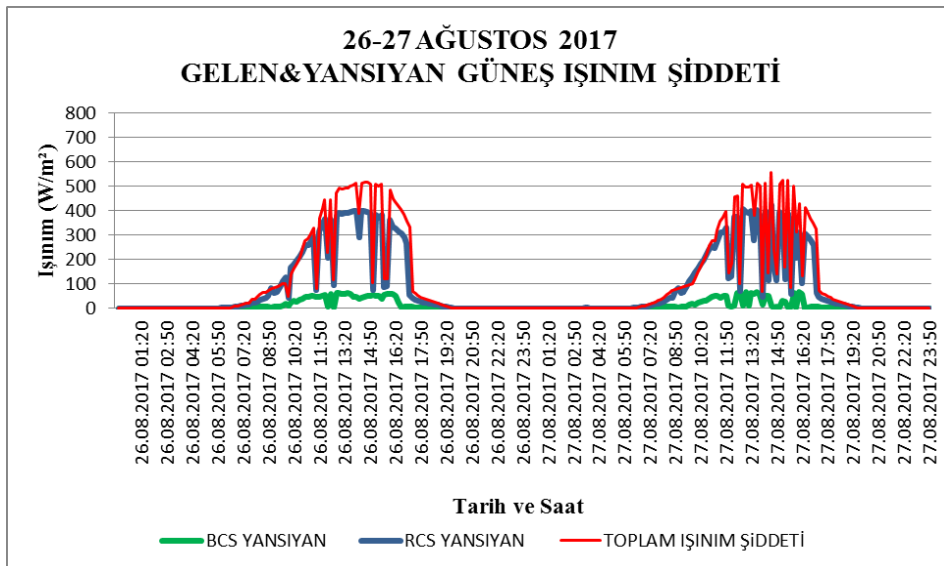
26-27 Ağustos 2017 Tarihleri Arasındaki Veri Analizi

* Dış ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı

26-27 Ağustos 2017 tarihleri arasında hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri, sırasıyla, 17.1°C ile 29.1°C ve %36 ile %90 arasında değişmiştir.

* Gelen ve yansıyan güneş ışınlam şiddeti

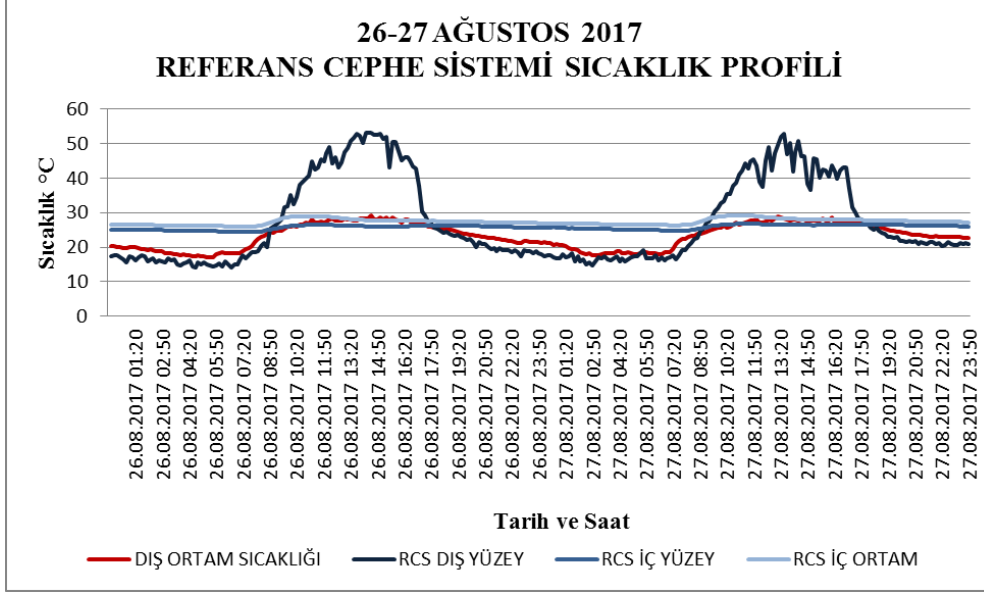
26-27 Ağustos 2017 tarihleri arasında, en yüksek güneş ışınlam şiddeti, 27 Ağustos 2017 tarihinde saat 14:30'da görülmüştür ve 556 W/m² değerindedir. 26 Ağustos 2017 tarihinde ise cepheye ulaşan en yüksek ışınlam şiddeti saat 14:30'da 518 W/m²'dir. Verilen tarihler için saat 09:00 ile 15:00 arasındaki BCS ve RCS yansıma oranı aritmetik ortalaması 26 Ağustos 2017 tarihlerinde sırasıyla, 0.140 ve 0.877; 27 Ağustos 2017 tarihlerinde ise sırasıyla, 0.125 ve 0.871'dir (Şekil 12).



Şekil 12. 26-27 Ağustos 2017 tarihlerinde yansıyan ve gelen güneş ışınlam şiddeti

* Referans cephe sistemi sıcaklık profili

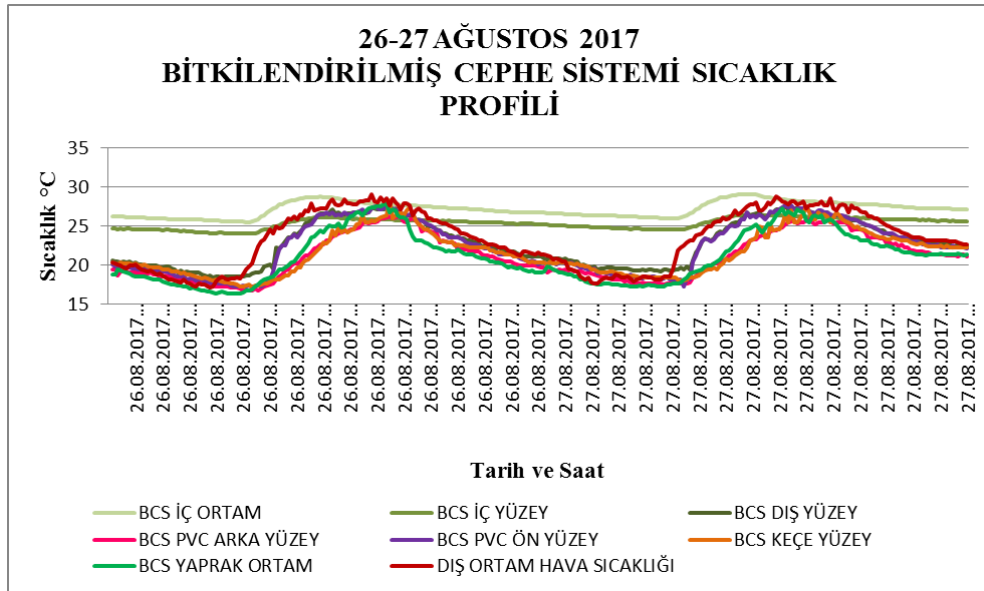
26-27 Ağustos 2017 tarihleri arasında referans duvar dış yüzey sıcaklıkları 14.1°C ile 53.3°C, duvar iç yüzey sıcaklıkları 24.5°C ile 26.8°C, referans duvarın arkasındaki odanın iç ortam hava sıcaklıkları 26°C ile 29.3°C arasında değişmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. 26-27 Ağustos 2017 tarihlerinde referans cephe sistemi sıcaklık profili

* Bitkilendirilmiş cephe sistemi sıcaklık profili

29-30 Haziran 2017 tarihleri arasında yaprak ortam sıcaklıkları 16.4°C ile 27.8°C, keçe yüzey sıcaklıkları 17.1°C ile 28.3°C, PVC panel ön yüzey sıcaklıkları 17.2°C ile 27.6°C ve PVC arka yüzey sıcaklıkları 16.7°C ile 26.2°C, bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıkları 18.4°C ile 27.5°C, duvar iç yüzey sıcaklıkları 24°C ile 26.5°C ve bitkilendirilmiş duvarın arkasındaki odanın iç ortam hava sıcaklıkları 25.5°C ile 29°C arasında değişmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. 26-27 Ağustos 2017 tarihlerinde bitkilendirilmiş cephe sistemi sıcaklık profili

5. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Yaz dönemindeki her bir ayı temsilen seçilen 6 haftasonu gününe (bulunduğu ay içerisinde güneş ışınlam şiddetinin en yüksek olduğu tarihler) ait dış ortam sıcaklıkları, cepheye gelen güneş ışınlam şiddeti değerleri, referans ve bitkilendirilmiş duvar dış ve iç yüzey sıcaklıkları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu tarihlere ait veri analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Yaz dönemindeki her bir ayı temsil eden günlere ait en yüksek ve en düşük sıcaklıklar genellikle birbirine yakındır ve **17°C ile 33°C** arasında değiştiği görülmektedir. Yaz dönemini temsilen seçilen 6 haftasonu gününe ait dış ortam sıcaklıkları arasında önemli bir fark yoktur. Bu tarihlerde, en yüksek dış ortam sıcaklığı **30 Temmuz** tarihinde (**33.1°C**) görülmektedir. 03-04 Haziran tarih aralığında maksimum dış ortam sıcaklığı 03 Haziran'da görülmektedir ve 32.2°C'dir. 26-27 Ağustos tarih aralığında ise maksimum dış ortam sıcaklığı 26 Ağustos'ta ortaya çıkmaktadır ve 29.1°C'dir.
- Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını temsilen seçilen haftasonu günleri içerisinde en yüksek güneş ışınlam şiddetinin görüldüğü günler 26-27 Ağustos tarihleridir. **27 Ağustos'ta** en yüksek güneş ışınlam şiddeti **556 W/m²**, **26 Ağustos'ta** ise **518 W/m²** değerindedir. Temmuz ayı içerisinde güneş ışınlam şiddeti maksimum değerine **30 Temmuz'da** ulaşmaktadır ve bu tarihteki en yüksek güneş ışınlam şiddeti **443 W/m²**'dir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını temsilen seçilen haftasonu günleri içerisinde en düşük güneş ışınlam şiddetinin olduğu gün **03 Haziran'dır** ve bu tarihteki en yüksek güneş ışınlam şiddeti **356 W/m²**'dir.
- Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını temsilen seçilen tarihlerdeki referans ve bitkilendirilmiş cephe yansıma oranı değerleri arasındaki farklara bakıldığında; referans cephedeki güneş ışınlamı yansıma oranının bitkilendirilmiş cephedeki yansıma oranından oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bu tarihlerdeki verilere göre, referans cephedeki yansıma oranının bitkilendirilmiş cephedeki yansıma oranının yaklaşık 5-6 katı olduğu görülmektedir.
- Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını temsilen seçilen haftasonu günlerine ait referans duvar dış yüzey sıcaklıklarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Referans duvar maksimum dış yüzey sıcaklıklarına bakıldığında, en yüksek değerin **26 Ağustos (53.3°C)** ve **30 Temmuz (53.2°C)** tarihlerinde olduğu görülmektedir. **03-04 Haziran** tarih aralığında referans duvar maksimum dış yüzey sıcaklıkları en fazla **51.3°C'ye** (03 Haziran'da) kadar çıkmıştır.
- Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarını temsilen seçilen haftasonu günlerine ait bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıklarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bitkilendirilmiş duvar maksimum dış yüzey sıcaklıklarına bakıldığında, en yüksek değerin **03 Haziran (30.3°C)** ve **30 Temmuz (30.2°C)** tarihlerinde olduğu görülmektedir. **27 Ağustos** tarihinde bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıkları en fazla **27.5°C'ye** kadar çıkmıştır.
- Yaz dönemi için seçilen 6 haftasonu günü için bitkilendirilmiş ve referans duvar **maksimum dış yüzey sıcaklıkları arasındaki farklara** bakıldığında, en fazla farkın **Ağustos** ayında olduğu görülmektedir. 26 Ağustos tarihinde referans duvarın dış yüzey sıcaklığının maksimuma (53.3°C) ulaştığı saatte (14:20) bitkilendirilmiş duvar dış yüzey

sıcaklığı 26.8°C olmaktadır. Bu tarihte, güneş ışıını şiddetinin ve referans duvar dış yüzey sıcaklığının maksimum olduğu saat için, referans ve bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın 26.5°C olduğu görülmektedir. 27 Ağustos tarihinde ise bu fark (saat 13:30 için) 25.8°C'dir. 29 Temmuz'da ise referans duvarın dış yüzey sıcaklığının maksimuma (49.6°C) ulaştığı saatte (15:20) bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklığı 26.3°C olmaktadır. Bu tarihte, referans duvar dış yüzey sıcaklığının maksimum olduğu saat için, referans ve bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın 23.3°C olduğu görülmektedir. 30 Temmuz tarihinde ise bu fark (saat 14:10 için) 24.4°C'dir. 03 Haziran'da referans duvarın dış yüzey sıcaklığının maksimuma (51.3°C) ulaştığı saatte (14:30) bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklığı 29.8°C olmaktadır. Bu tarihte, güneş ışıını şiddetinin ve referans duvar dış yüzey sıcaklığının maksimum olduğu saat için, referans ve bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın 21.5°C olduğu görülmektedir. 04 Haziran tarihinde ise bu fark (saat 14:40 için) 22.8°C'dir.

Bitkilendirilmiş ve referans duvar maksimum dış yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın en fazla Ağustos ayında, en az Haziran ayında olduğu görülmektedir. Cepheye gelen maksimum güneş ışıını şiddeti Ağustos ayında en fazla olduğu için bitkilendirilmiş ve referans duvar maksimum dış yüzey sıcaklıkları arasındaki fark en fazla Ağustos ayında ortaya çıkmıştır.

Yaz döneminde, referans cephedeki yansıma oranının bitkilendirilmiş cephedeki yansıma oranının yaklaşık 5-6 katı olduğu görülmektedir. Buna karşın yüzey sıcaklıklarına bakıldığında gündüz saatlerinde bitkilendirilmiş duvarın dış yüzey sıcaklıklarının referans duvara kıyasla oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, bitkilendirilmiş cephenin güneş ışıını daha az yansımasına yani bünyesine aldığı enerjinin daha fazla olmasına rağmen dış duvar yüzeyine daha az enerji aktardığını göstermektedir. Örneğin, 26 Ağustos tarihinde bitkilendirilmiş cephedeki yansıma oranı referans cephekinin 6 katı olmasına karşın, referans duvarın dış yüzey sıcaklığı 53.3°C'ye ulaştığında bitkilendirilmiş duvarın dış yüzey sıcaklığının 26.8°C olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bitkilendirilmiş cephenin aldığı enerjinin büyük bir kısmını kullandığı ve oldukça az bir kısmını duvara aktardığı söylenebilir. Bitkilendirilmiş cepheden yansıyan ışıını şiddetinin ve yansıma oranının referans cepheye kıyasla oldukça düşük olması bitkilendirilmiş cephe sisteminin kent ısı adası etkisinin azaltılmasında olumlu katkısı olduğunu göstermektedir.

Bitkilendirilmiş ve referans duvar maksimum iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farklara bakıldığında 0.4°C ile 1.6°C arasında değiştiği (farkın oldukça az olduğu) görülmektedir. 03 Haziran'da, referans duvar maksimum iç yüzey sıcaklığı saat 11:30'da 26.1°C'ye, bitkilendirilmiş duvar maksimum iç yüzey sıcaklığı ise 25.1°C'ye ulaşmıştır. Verilen tarihte, bitkilendirilmiş cephenin maksimum iç yüzey sıcaklığı referans cephenin maksimum iç yüzey sıcaklığından 1°C daha düşüktür. 04 Haziran'da referans duvar maksimum iç yüzey sıcaklığı saat 12:20'de 26.4°C'ye ulaştığında bitkilendirilmiş duvar iç yüzey sıcaklığı 25.7°C'dir. Verilen tarih ve saat için, bitkilendirilmiş ve referans duvar iç yüzey sıcaklık farkı 0.7°C'dir. 29 Temmuz ve 30 Temmuz tarihlerinde referans duvar iç yüzey sıcaklığının maksimum olduğu saatler için referans ve bitkilendirilmiş cephe iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farklar sırasıyla 1.6°C ve 0.8°C'dir. 26 Ağustos ve 27 Ağustos tarihlerinde referans duvar iç yüzey sıcaklığının maksimum olduğu saatler için referans ve bitkilendirilmiş cephe iç yüzey sıcaklıkları arasındaki fark 0.4°C'dir. Genel olarak, yaz döneminde, bitkilendirilmiş cephe iç yüzey sıcaklıklarının referans cephe iç yüzey sıcaklıklarına kıyasla daha düşük olduğu, ancak iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın az olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, Kocaeli’nde uygulanan keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin referans cepheye kıyasla yaz döneminde ve gündüz saatlerinde dış duvarın maksimum dış yüzey sıcaklıklarını oldukça (21°C - 26°C) azalttığı görülmektedir. Ancak, mevcut duvar katmanlaşmasında 5 cm kalınlığında genişletilmiş polistren ısı yalıtım katmanı bulunduğu için bitkilendirilmiş ve referans duvar dış yüzey sıcaklıkları arasındaki fark fazla olmasına karşın iç yüzey sıcaklıkları arasındaki fark düşük çıkmıştır. Bitkilendirilmiş ve referans duvar maksimum ve ortalama dış yüzey sıcaklıkları arasındaki farklar Csa iklim bölgesinde yer alan Kocaeli İli’nde keçe tip bitkilendirilmiş cephe sisteminin yaz döneminde referans/ mevcut dış duvarın ısıl performansını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

6. TEŞEKKÜR

Yazarlar, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerini Destekleme Birimi’ne doktora tezindeki desteklerinden dolayı teşekkür eder.

7. KAYNAKLAR

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html, erişim tarihi: 12.11.2015.

MCCAR (Massachusetts Climate Change Adaptation Report), The Changing Climate and Its Impact, <http://www.mass.gov/eea/docs/eea/energy/cca/eea-climate-adaptation-chapter-2.pdf>, erişim tarihi: 12.11.2015.

TRMEU (T.R. Ministry of Environment and Urbanization), Turkey’s National Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan. November 2011, Ankara.

Yüksel E., Türkeri A. N. (2016a), Bitkilendirilmiş Cephe Sistemlerinin Farklı İklim Bölgelerindeki Isıl Performanslarının Değerlendirilmesi, 2.Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi, 04-06 Mayıs 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Yüksel E., Türkeri A. N. (2016b), Sustainable Facade System: Types of Vegetated Facade Systems Designed and Constructed in Turkey, In Proceedings of SBE 16 İstanbul – International Conference on Sustainable Built Environment, 13-15 October 2016, İstanbul.

Yüksel E., Türkeri A. N. (2017), A Literature Review of Experimental Setups Monitoring Thermal Performance of Vegetated Facade Systems. Journal of Facade Design and Engineering, Vol. 5 No. 2, 67-85.

YANGIN EMNİYETİ ve CEPHE TASARIMI

Erdem GÜLEŞEN, İnş. Müh. ¹

M. Haldun YILMAZ, Cephe Dan. ²

Konu Başlık No: 3. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

TÜRKÇE ÖZET

Özellikle yüksek bina sayısının büyük bir hızla arttığı ülkemizde, CEPHE ile ilgili tasarım, projelendirme ve malzeme kullanımlarının, her ne kadar Cephe Danışmanlık sektörü gelişmeye başlamış dahi olsa, yeterince bilim ve teknik temelli çalışmaların sonucunda yapılabildiği önemli bir soru işareti olarak karşımıza çıkmaktadır.

Oysa yalıtım, enerji kullanımı, kullanıcı konforu gibi yapı fiziği temelli bilimsel ve teknik çalışmaların içinde en önemlileri can emniyeti ile doğrudan ilgili olanlardır. Cam kırılması ve statik sorunlar gibi emniyet bazlı hesaplamaların içinde en başta gelenlerinden biri de Yangın Emniyeti'dir. Ülkemizde bugüne kadar çok vahim bir yüksek bina – cephe – yangın olayı vukuu bulmamakla birlikte, son birkaç yılda Doğu ve hatta Batı ülkelerinde çok vahim olaylar yaşanmış ve şu sıralarda Batıda bir çok teknik kuruluş ve Enstitü, Yangın ve Cephe ilişkisinde önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu bildirimizde, Yangın ve Cephe ilişkisi ile ilgili son güncel çalışmalar, testler ve yapılan ihmallerden alınan dersler ile ilgili verileri değerlendirmeyi ve çıkan sonuçlarıyla sektörün ve toplumun faydasına olabilecek tespitleri sunmaya çalışacağız.

ANAHTAR KELİMELER

Cephe kaplama, Yangın, Emniyet, Fasad

ABSTRACT

Especially in our country where the number of high buildings is increasing rapidly, whether the project designing and selection of materials of facade claddings, are made according to the sufficient scientific and technical based studies or not, remains a question despite the developments in the Facade Consulting sector.

Among scientific and technical facade studies based on building physics such as insulation, energy consumption and user comfort, the most important ones are those directly related to life safety. One of the most important safety-based considerations is fire.

In the last few years, very serious incidents have occurred throughout the world, and currently some technical institutions in Western Europe, are carrying on important studies, researches and tests in relation to fire and façade. In this declaration, we will try to present findings of such researches that can be useful to the industry and the community.

KEYWORDS

Cladding, Fire, Safety, Facade

¹ Erdem GÜLEŞEN, FMT Mühendislik Ltd. Şti, Şafak Sk. 1/10 34370 Şişli İstanbul, info@cephedanisman.com

² M. Haldun YILMAZ, FMT Mühendislik Ltd. Şti, Şafak Sk. 1/10 34370 Şişli İstanbul, mhy@cephedanisman.com

1. GİRİŞ

Yangın doğal olmayan afetlerin en kötülerinden biridir. Gerekli tedbirler ile kolay önlenebileceği düşünülürse, bina yangınlarında yaşanan önemli can ve mal kayıpları hepimizi daha derinden etkilemektedir.

Yangınların ve kayıpların önlenebilmesi için birçok faktörün incelenmesi ve önlem alınması gerekir, Yangından korunmada, çıkış sebebi – kaynağı, söndürme sistemleri ve metotları, tahliye - kurtarma yöntemleri gibi faktörler arasında en önemlilerinden biri de yangının yayılması – ilerlemesidir.

Yüksek Binalar söz konusu olunca, maalesef burada Binanın en önemli elemanlarından biri olan Cepheler öne çıkmaktadır.

Birazdan görebileceğimiz gibi, özellikle yüksek binalarda cephe malzemeleri ve tasarımı yangının yayılması için çok kritik bir faktör haline gelmiş ve cepheden yangın ilerlemesi sebebiyle birçok büyük yangın yaşanmıştır. [1]

Yangınlardaki can kayıplarının %80 den fazlasının duman – gaz zehirlenmesi olduğunu göz önünde bulundurursak [2] cephelerin yangını ve özellikle duman ile ısıyı iletmedeki etkisi daha da önem kazanmaktadır.

2. BAZI CEPHE TİPLERİ ve YANGININ YAYILMASI İLİŞKİSİ

Yakın zamanda Londra Grenfell, Dubai Address Otel, Melbourne Lacrosse, Dubai Torch Tower ve Londra Lakanal yangınları bu konuda çok dikkat çekicidir. Türkiye’de vahim bir yüksek bina yangın vakası yoktur ama risk mevcuttur. [3] Öncelikle cephe ve yangın unsurlarının neden bu kadar birbirine yaklaştığını inceleyelim.

Mimaride ve inşaat teknolojilerindeki gelişmelerin yanında, binalardan beklentilerin de artmasıyla birlikte, daha estetik, göz alıcı projeler yapılmaya başlanmış, bunların cephelerinde kullanılan malzemeler ve detaylar çok çeşitlenmiştir.

Yağmur ve sudan, güneş ve diğer hava koşullarından korunma, ısı yalıtım, ses yalıtım gibi gereksinimler uzun ömürlü bina beklentisi ile birleşince, çoklu katmanlı ve değişik malzemeler kullanılarak her bir beklentinin karşılanmaya çalışıldığı bir kombine cephe sistemleri çağına geçilmiştir.

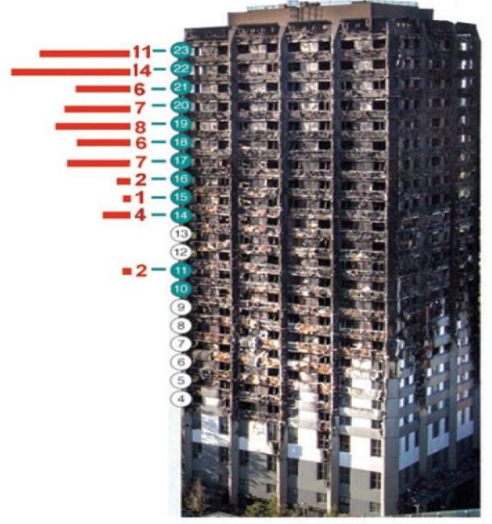
Artık çoğunlukla binaların dış cepheleri eskiden olduğu gibi, pişmiş toprak, kil veya çimento esaslı tuğlalar ve yine çimento esaslı bir sıva ile kaplanmamaktadır. Bu türdeki cepheler yangının yayılmamasında etkili olmamakla birlikte günümüzde beklenen uzun ömür ve yalıtım performanslarından da çok uzaktadır.

Dolayısıyla yangın yayılmasında sorunlu bir etken olan **katmanlaştırılmış** cepheler buradaki temel konumuzdur. Bu çalışmada özellikle yangın yayılmasına sebep olan kaplamalı cepheler üzerinde durulacaktır; pencere ve camlı asma giydirme cephelerden ziyade, asıl kombine bir şekilde katmanlaştırma metodu, bu tür cephe kaplamalarda kullanıldığından, en büyük risk bunlardır.

Evet maalesef bu tür katmanlaştırılmış cepheler bugüne kadar birçok yangında başrolü oynamış, çok acı sonuçları olmuştur. Yukarıda örnek verilen binaların tamamı Alüminyum Kompozit Levha ve havalandırma yalıtım kaplamalı sistemlerdir ve bunlardan en çok göze batan ise geçen sene Haziran ayında Londra’daki Grenfell yangınıdır. Maalesef 80 civarında kişinin ölümüne sebep olan bu yangın, yapılan detaylı soruşturmalar sonucunda kesin olarak anlaşılmıştır ki, cephede “hatalı”, “yasa ve yönetmeliklere uygun olmayan” bir malzeme ve sistem kullanımı sonucunda dakikalar içinde hızla

yayılmış 4.cü kat üzerinde çatıya kadar hızla ulaşmış ve aşağıdaki tablodan görüleceği üzere katlar yükseldikçe yangının etkisi ve can kayıpları maalesef artmıştır [1].

Grenfell Yangını, Katlara göre can kaybı. [1]



Yangın Sonrası Katlara Göre Kayıp Sayısı

Belirttiğimiz gibi bununla ilgili Birleşik Krallık'ta çok kapsamlı soruşturma ve araştırmalar yapılmış, aynı hataların tekrarlandığı 278 bina tespit edilmiş ve bunlar trajik bir şekilde tahliye edilmiştir. Bu sebeple bu çalışmada özellikle Kaplamalı Cephe tipi ve Alüminyum Kompozit Levha, havalandırma ve yalıtım şilteli katmanlaştırma üzerinde durulacaktır. Ancak burada ele alınan prensipler genel olarak cephe kavramında yangın yayılma önlemlerinin temel yaklaşımını oluşturmaktadır.

3. KAPLAMALI CEPHE ve YANGIN İLİŞİKİSİ NEDENLERİ

Peki neden bunlar yaşanmıştır? Cephelerin, daha doğrusu iyi tasarlanmamış cephelerin, yangınların yayılmasında nasıl bu kadar etkili olduğunu inceleyelim:

Katmanlaştırılmış modern Cephelerde Yangın yayılması ile ilgili temel ayrıştırma şu şekilde olmalıdır:

Kaplama malzemesi – Isı Yalıtım Malzemesi – Su ve Buhar Yalıtım malzemesi – Detaylandırma.

Bunları sırasıyla değerlendirecek olursak;

3.1. Kaplama Malzemesi

Kaplama malzemelerinden kasıt, cephe katmanlarının en dışında görseelliği sağlayan, özellikle Güneş ve Yağmur etkileri için birinci derecede koruma sağlayan malzemelerdir.

Bunların yangın ile ilişkisi aşağıdaki sınıflandırma ile yapılır;

TS EN 13501-1 standardına göre örnek olarak A2,s1,d0 gibi bir kodlama ile aşağıdaki tabloda belirtilen özellikler özetlenmektedir. [4].

Birinci Grup Karakterler	İkinci Grup Karakterler	Üçüncü Grup Karakterler
A1 – Hiç Yanmaz	s1 – en az duman, duman yok	d0 – Yanarak Damlama Yok
A2 – Zor Yanıcı	s2 – duman kısmen	d1 – Yanarak damlama kısmen
B1, B2 – Zor Alevlenici	s3 – duman performansı belirlenmemiş	d2 – performans belirlenmemiş
C, D, E, F – Normal Alevlenici	veya alevlenici	

Yapı tipi belirleme	Ek talepler		Avrupa sınıfı TS EN 13501-1	DIN 4102'ye göre yapı malzemesi sınıfı
	duman yok	Yanma damlama/ düşme yok		
Yanmaz	✓	✓	A1	A1
	✓	✓	A2-s1,d0	A2
Yangına karşı dayanıklı	✓	✓	B-s1,d0	B1
	✓	✓	C-s1,d0	B1
		✓	A2-s2,d0	B1
		✓	A2-s3,d0	B1
		✓	B, C-s2,d0	B1
		✓	B, C-s3,d0	B1
normal alev- lenebilirlik	✓		A2-s1,d1	B1
	✓		A2-s1,d2	B1
	✓		B, C-s1,d1	B1
	✓		B, C-s1,d2	B1
			A2-s3,d2	B1
			B-s3,d2	B1
alevlenabilir			A2-s3,d2	B1
	✓	✓	D-s1,d0	B2
		✓	D-s2,d0	B2
		✓	D-s3,d0	B2
alevlenebilir	✓		E	B2
			D-s1,d2	B2
			D-s2,d2	B2
alevlenebilir			D-s3,d2	B2
			E-d2	B2
alevlenebilir			F	B3

Buna göre Yüksek Bina Cephelerinde kaplama malzemesi olarak A ve B sınıfının dışında kalanlar son derece tehlikelidir. B sınıfı malzemelerin dahi kullanılması önemli riskler içerir.

A1 sınıfında yer alan malzemeler, örnek olarak; doğal taş, terracotta, seramik, solid alüminyum, çelik sac levha, çinko levha, bakır levha, Korten Levha yangıncılık ile ilgili bir sorun yaratmamaktadır.

Çimento Esaslı Camelyaf Takviyeli Beton Kaplamalar (GFRC – GRC) ise A2 sınıfındadır ve yine güvenli malzemelerdir.

Kompakt Laminat ve Ahşap gibi malzemeler ise zaten yanıcı – alevlenici özelliklerinden dolayı yüksek binalarda kullanılmaz.

Fakat yukarıda örnekleri verilen yüksek bina yangınlarının çoğu cephelerinde Alüminyum kompozit Levha (ACM) kullanılmış yapılardır. İşlenmesi kolay, uzun ömürlü, uygun maliyetli olan bu kaplama malzemesi, yoğun bir şekilde yeni – modern projelerde kullanılmaktadır. Ancak Gerçekten kullanışlı ve başarılı olan bu malzeme tek tip değildir, çeşitleri mevcuttur ve bunların farklı yangın sınıflandırmaları yapılmıştır. A2, B1 ve C sınıfları bulunmaktadır.

Bu malzeme genellikle 0,35 mm ile 1 mm arasında iki adet ince alüminyum tabakanın ortasında 3 ile 8 mm arası kalınlıkta dolgu malzemesi ile üretilmektedir. Bu malzemelerin en ucuz maliyetli kolay çözüm ve sektörde ilk piyasaya çıkanı PoliEtilen Plastik dolgudur. Fakat bu tipler A veya B sınıfında yer almamaktadır, yani yanıcıdır.

Mineral esaslı dolgu veya petek şeklinde boşluklu alüminyum dolgular kullanılan tipleri ise B1 ile A2 sınıflarına kadar üretilebilmektedir. Bunlar yukarıda detaylı izah edildiği gibi, yanmayan, kolay yanmayan sınıflardır ve birazdan ısı yalıtım malzemesini açıklarken vereceğimiz test sonuçlarında bunların kullanımı ile ilgili sonuçları görebileceğiz.

Dolayısıyla, aşağıdaki test sonuçları tablosundan da görüleceği üzere, kaplama malzemeleri seçimi çok önemlidir, yani yanması ve yandığında gaz – duman salımı ile alev damlaması bu malzemeleri çok önemli hale getirmektedir.

Bildirinin bundan sonraki bölümünde, kaplama malzemesi olarak Alüminyum Kompozit Levha kullanımına ve bununla ilgili doğru – yanlış seçimlere odaklanacağız.

3.2. Isı Yalıtım Malzemeleri

Isıyalıtım sağlamak amacıyla, çoğunlukla düşük yoğunluklu gözenekli örtü niteliğinde tabakalar kullanılmaktadır. Bunlar genelde Mineral temelli levhalar ve Polimer levhalar olarak iki sınıfta toplanırlar. [5]

Polimer, petrol ürünü plastik levhaların en bilinenleri, Ekspande Polistiren XPS, Ekstrude Polistiren EPS, Poliüretan PUR, Poliizosiyanat PIR ve Fenol Köpüğü PF malzemelerdir.

Bunlardan XPS, EPS ve PF ısı iletkenlik değeri olarak çok üstündür 0,02 ila 0,03 W/mK değerlerindedir. Su emme oranı çok düşük, hafif malzemelerdir, ancak açık ara yanıcı, parlayıcı malzemelerdir.

Mineral Temelli levhalar, Taşyünü ve Camyünü olarak bildiğimiz levhalardır, ısı iletkenlik değeri 0,03 ila 0,045 W/mK olmakla birlikte su emme olmayan, su iticili üretilebilen ve yanmaz, yangına dayanıklı malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı, yüksek binalar için ısı yalıtım tabakası olarak kesinlikle tercih edilmelidir. [5]

Diğer malzeme ve etkenlere geçmeden önce, yukarıda 3.1. bölümünde izah etmiş olduğumuz kaplama malzemesi ile birlikte nasıl sonuçlar verdiğini inceleyelim.

Kaplamalı cephede aşağıda bahsedeceğimiz tüm detaylandırma esasları doğru olarak tasarlanmış ve numuneleri üretilerek teste tabi tutulmuş kombinasyonlarda aşağıdaki tablodaki sonuç alınmıştır.

Test sonuçları tablosu [6]

Test #	Yalıtım Malzemesi	Kompozit Levha Tipi	Sonuç ve dayanma süresi
1	PIR (i. s. köpük)	PE -	başarısız (08:45)
2	MW taşyünü	PE -	başarısız (07:09)
3	PIR	FR - B1	başarısız (25:12)
4	MW	FR - B1	BAŞARILI
5	PIR	A2	BAŞARILI
6	MW	A2	BAŞARILI
7	Phenolic(F. Köpük)	FR - B1	başarısız (28:14)



Test sonuçları göstermiştir ki, Polietilen dolgulu Alüminyum Kompozit Levhalar ısı yalıtım örtüsü malzemesi ne olursa olsun yüksek yangın riski içermektedir ve kesinlikle yüksek binalarda kullanılamaz. Kırmızı ile belirtilen test dayanım süresine bakarsak, 9 dakikayı bulmadan yangının yayıldığını görüyoruz.

Aynı şekilde Yangın Dayanım Sınıfı B1 olan Alüminyum kompozit Levha ile yanıcı yalıtım örtüsü kullanılması bile iyi sonuç vermemiştir.

En başarılı sonucun, A2 sınıfı Kaplama ile mineral bazlı ısı yalıtım örtüleri olduğu görülmektedir.

3.3. Su – Buhar yalıtım malzemeleri

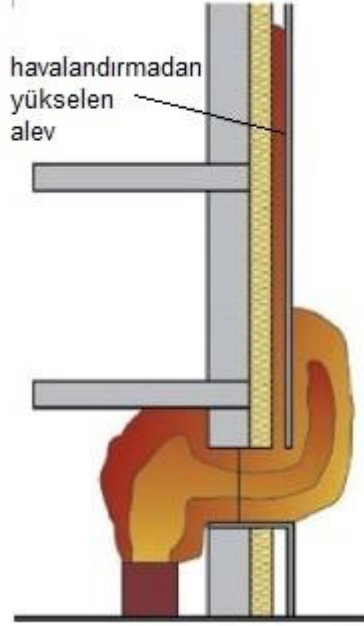
Bu malzemeler yukarıdaki iki malzeme kadar etkilemese de önemli olabilmektedir. Bunların çoğu yanıcı malzemelerdir, dolayısıyla bunların malzemesinden çok, detaylarda katmanlaşmanın hangi bölgesinde olduğu çok önemli olacaktır.

Aşağıda izah edeceğimiz katmanlaştırmanın havalandırma bölümünde kullanmak yerine ısı yalıtımın arkasında kullanmak birçok sorundan bizi uzak tutacaktır.

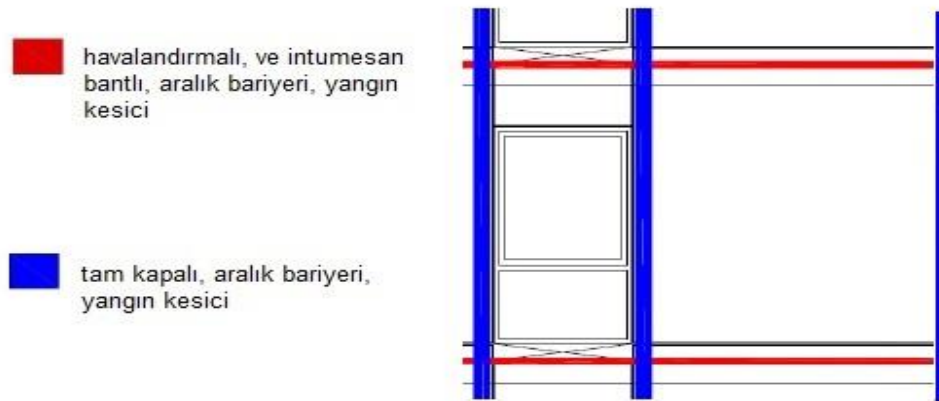
3.4. Detaylandırma

Performans gerektiren detaylandırma ve katmanlaştırmalarda, çoğunlukla havalandırılmalı cepheler ön plana çıkmıştır denilebilir ve yangın yayılmasının en çok bu tür cephelerde olduğu gözlenmiştir. [7]

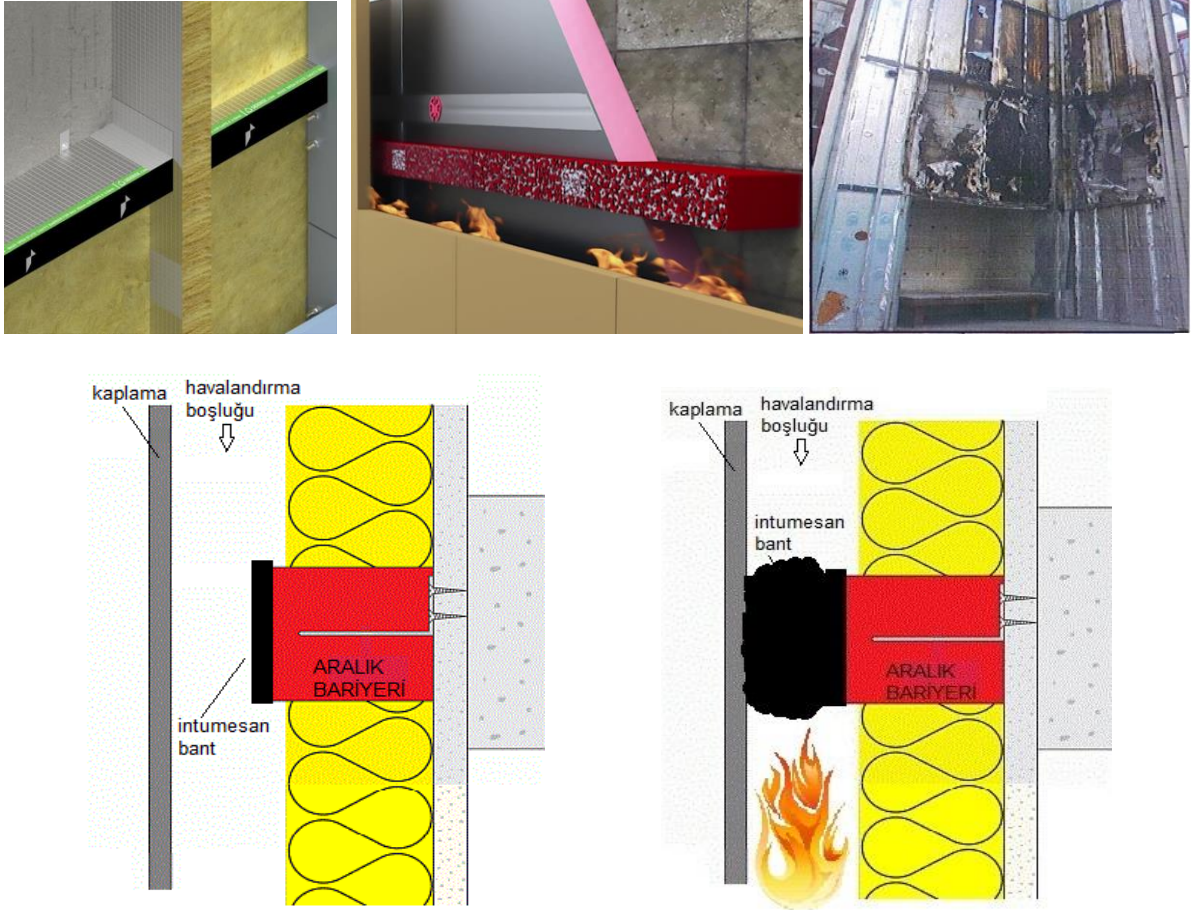
Hava boşluğunun baca etkisi [8]



En dışta kaplama malzemesi, arkasında bir havalandırma boşluğu ve yalıtım katmanları olan cephe katmanlaştırma tasarımlarında, havalandırma boşluğu bir baca etkisi yapmaktadır. Alevi hızlıca çekerek diğer katlara aktarmaktadır. Bu sebeple, başarılı bir detaylandırmada bu hava boşlukları “bölümlendirme – compartmentation” metodu ile ve özel malzemelerle yangın anında baca etkisi yapmayacak şekilde yalıtılmalıdır. Aşağıda örnek bölümlendirme grafiği verilmiştir.



Ancak bölümlendirme işlemi, bu kısımda bırakılmış olan aralığın havalandırma işlevi ile çelişkilidir. Katmanlaştırma mantığında bu bölgenin su yalıtım, su buharı ve yoğunlaşma önleyici bir şekilde hava hareketine sahip olması gerekir, yani baca etkisi, aslında yalıtım için istenen bir şeydir. Bu çelişkiyi gidermek için, normalde havalandırmanın engellenmediği sadece yangın anında bölümlendirme işleminin gerçekleşeceği, Cavity Barrier (Aralık Bariyeri) geliştirilmiştir. [8]



Bu malzemelerin en büyük özelliği, yangın yayılmasını belli süreyle engelleyecek, geciktirecek bir kısmi sınır oluştururken, kalan kısmında halen hava geçişine müsaade eden bir boşluk bırakmasıdır. Fakat bu boşluğa yerleştirilen “intümesan” adı verilen yangın anında sıcakta şişen özel bantlarla havalandırma boşluğu tamamen kapanarak, sadece yangın anında istenen bölümlendirmenin sağlanabileceği şekli almaktadır.

Yukarıdaki resimlerde, bölümlendirilmiş bir kaplamalı cephe üzerinde yapılan test sonucunda, yangının nasıl sınırlandırıldığı bölümde kaldığı ve diğer bölümlere atlamadığı görülmektedir. Bunu sağlayan intümesan bant ve aralık bariyerleri de gösterilmiştir.

Detaylandırmada yukarıda belirtilen bölümlendirme kadar başka önemli bir nokta, pencere ve cephenin vizyon kısımları ile kaplamalı cephe kısımlarının da yangının yayılmasını önleyecek şekilde ayrıştırılmasıdır. Bu çalışmada ayrıntısına girilmemiş olan, Asma Giydirmeye Cephelerin katlar arası yangın ve duman kesiciliği gibi, kaplamalı cephe ve pencere arasında, ilave olarak pencere çevresinde de bu yangın yalıtımı yapılmalıdır.

Yine başka önemli bir konu, yukarıda bahsi geçen, yalıtım amaçlı membranların kullanım yeridir. Isı yalıtım örtüleri günümüzde su ile etkileşime girmeyecek şekilde üretilmektedir. Dolayısıyla bu membranlar dışarıdan suyu yalıtımdan daha ziyade içeriden dışarı buhar geçişini engellemek için kullanılmaktadır. Yine yapılan testlerden elde edilen sonuçlarda, membranların ısı yalıtım örtüsünün arka tarafında olmasının, yangın yayılmasına bir etkisi olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Yine çift cidarlı cepheler ve Mantolama adı verilen kaplamalarda burada izah edilen esaslara göre değerlendirilmeli ve yangın yayılmasını önleyecek detay ve malzeme tedbirleri alınmalıdır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada çok somut bir şekilde *kaplamalı, havalandırmalı ve çok katmanlı cephelerin* yangının yayılmasına etkisi ele alınmıştır. Dünya'nın çeşitli bölgelerinde son 10-15 yıldaki büyük ve ölümlü Yüksek Bina yangınlarını ele aldığımızda, en büyük yangın yayılma riskinin bu tür cephe sistemleri olduğu görülmüştür. Bu sebeple “en riskli” uygulamaları ele alarak bu tür cephelere odaklanılmıştır. Diğer yayılma türleri Daha ziyade sprinkler yöntemi, söndürme ve tahliye gibi yangın anı ve sonrası konular üzerinde durulmasını gerektirirken, odaklanmış olduğumuz yayılma türü, esasen tasarım ve yapım süreçleri gibi ön aşamalarda alınan tedbirlerle, yangın ve can kayıplarını önlemek amaçlı irdelenmiştir.

Yukarıda açıklamaya çalıştığımız gibi, kaplamalı cephelerde estetik, uzun ömür ve yalıtım performanslarını artırmak için yapılan katmanlaştırmalar maalesef önemli kayıplarla sonuçlanan yangınlara sebep olmaktadır, Yukarıdaki 4 faktör ile yapılan analizden anlaşılabacağı üzere, doğru malzeme ve doğru detaylandırma ise hayat kurtarıcıdır. Daha önce yaşananlar insanlık tarihinin her aşamasında olduğu gibi, gelecek ile ilgili derslerin alınmasını sağlamalıdır.

3.2. bölümünde belirtilen testlerdeki numunelerin, 3.4. bölümünde izah edilen detaylandırma esaslarına riayet edilerek üretildiğini vurgulayarak, sadece malzeme seçiminin ne kadar önemli olduğunu belirtmek isteriz.

Grenfell faciasından sonra Birleşik Krallık'ta Başta Avrupa'daki en önde gelen Cephe Teknolojileri Merkezi CWCT gibi bir akademik kuruluş olmak üzere, üniversiteler, belediyeler, bakanlıklar, uzmanlar ve firmalar bir araya gelmiş, bu bildiride ayrıntıları belirtilen, yoğun test, çalışma, toplantı ve araştırmalar yapmış, bunların sonucunda yerel yönetmeliklerinde ciddi değişiklikler yapma yoluna gitmişlerdir. Önceden hazırlanan takvime göre, bu sene sonlarında tüm yasal düzenlemeler bitmiş olacaktır. Ülkemizde bugüne kadar ciddi anlamda buna benzer bir olay yaşanmamış olması sevindirici olmakla birlikte yukarıda bahsedilen hataların yapılmadığı anlamına gelmemekte, bir an önce yetkililerin bu konularda düzenlemeler yapmak için girişimlerde bulunması, projelendirme ve uygulamada aşamasında uzmanlarla istişare ve denetleme yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] KILIÇ, A. Prf. Dr., “Londra Yüksek Bina Yangını: Eksikler, Hatalar”, TÜYAK Yangın Mühendisliği Dergisi Sayı-2, 2017
- [2] HALL Jr., John R.. NFPA, “Fatal Effects of Fire”, March, 2011
- [3] KILIÇ, A. Prf. Dr., “Türkiye’de Yüksek Binalar Güvenlimi?”, Yangın ve Güvenlik Temmuz – Ağustos 2017
- [4] LEDBETTER, Stephen. Center for Window and Cladding Association, “Fire Seminar – Rainscreen Panels”, Londra, 16 November 2017
- [5] HARRIS, Richard. Center for Window and Cladding Association, “Fire Seminar – Insulation Materials”, Londra, 16 November 2017
- [6] METCALFE, David. Center for Window and Cladding Association, “Fire Seminar – Understanding the Problem”, Londra, 16 November 2017
- [7] ALTINDAŞ, Sedat, Yrd. Doç Dr., “Cephelerde Yangın oluşumu ve Yayılımı”, Bildiri, 7.ci Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, YTÜ, Beşiktaş 3-4 Nisan 2014.
- [8] KEILLER, Alan. Center for Window and Cladding Association, “Fire Seminar – Cavity Barriers and Fire Stopping”, Londra, 16 November 2017

YEŞİL BİNA KABUĞU ELEMANLARININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

Sibel Maçka Kalfa¹
Kübra Sümer Haydaraslan²
Yalçın Yaşar³

Konu Başlık No: 1

ÖZET

Çevresel sürdürülebilirlik; doğal kaynakların korunması ve verimli kullanımı, atık miktarının azaltılması, enerji verimliliği ve geri dönüştürülebilir çevreye duyarlı malzeme kullanımı gibi temel ilkelere dayanmaktadır. Bu ilkeler dikkate alınarak yapılan bina tasarımlarında çevresel problemler minimize edilebilmekte ve kentler için yaşanabilir çevreler oluşturulabilmektedir. Bu bağlamda binalarda yeşil çatı ve/veya yeşil duvarlardan oluşturulan yeşil bina kabuğu elemanlarının kullanılması oldukça önemli çevresel yararlar sağlamaktadırlar. Yeşil bina kabuğundan maksimum fayda sağlamak; iklimsel özellikler ve yasal düzenlemeler doğrultusunda en doğru tasarım kararlarını alabilmeyi, uygulamayı doğru yapabilmeyi, teknik bilgiyi ve kaliteli işçiliği gerektirmektedir. Bu çalışmada bu noktadan hareketle yeşil çatı ve yeşil duvar tipleri konstrüksiyonel olarak karşılaştırılmış ve çevresel sürdürülebilirliğe sağladıkları katkılar tartışılmıştır. Dünyanın farklı ülkelerindeki mevcut uygulama örnekleri hakkında genel bilgiler verilerek bu örneklerin çevresel sürdürülebilirlik kategorilerine göre tasarım amaçları önem sıralarına göre değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Yeşil çatı, yeşil duvar, çevresel sürdürülebilirlik, konstrüksiyon

ABSTRACT

Environmental sustainability depend on basic principles such as conservation and efficient use of natural resources, reduction of waste amount, energy efficiency and the use of recyclable environmentally sensitive materials. Considering these principles, environmental problems can be minimized in building designs and livable environments can be created for the cities. In this context, the use of green building envelope alternatives, which are formed from green roofs and / or green walls in buildings, provide very important environmental contributions. According to climate data and legal arrangements, providing maximum benefit from the green building envelope; to be able to make the right design decisions, to be able to do the application correctly, requires technical knowledge and quality workmanship. In this study, green roofs and green walls are compared in terms of their construction and are discussed their contributions to environmental sustainability. Examples of projects applied in the world have been examined by considering green roof and green wall construction types, technical details, , contributions to environmental sustainability.

KEY WORDS

Green roof, green wall, environmental sustainability, construction

Sibel Maçka Kalfa, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, sibelmacka@ktu.edu.tr
Kübra Sümer Haydaraslan, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, kubrahaydaraslan@gmail.com

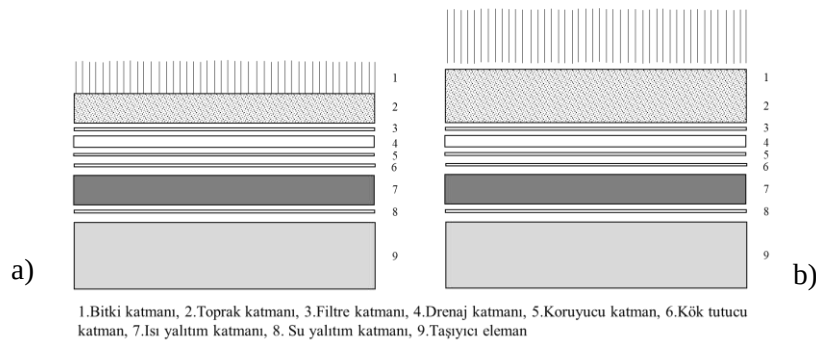
Yalçın Yaşar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, yyasar@ktu.edu.tr

1.GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun önemli bir kısmı şehirlerde yaşamaktadır. İnsanların kırsal alanlardan şehirlere göç etmesi şehirlerdeki nüfus artışıyla birlikte küresel ölçekte bir çok çevresel soruna yol açmaktadır. Bu sorunların başında kentsel ısı adası etkisi oluşumu, sera gazı emisyonları artışına bağlı olarak ozon tabakasının incilmesi ve enerji kaynaklarının tükenmek üzere oluşu gelmektedir. Dünya enerji tüketiminin son 40 yılda korkutucu bir artış gösterdiği bilinmektedir. Uluslararası Enerji Ajansının 2014 yılında yayınladığı rapora göre 1971-2014 yılları arasında küresel bazda enerji kullanımlarının %93 oranında arttığı ve bu artışta binalarda kullanılan enerjinin payının oldukça büyük olduğu belirtilmiştir [1]. Son yıllarda binalarda kullanılan enerjinin ve binalar tarafından salınan karbon emisyonlarının sınırlandırılması için bir çok ülke harekete geçmiş kendi ulusal yasa, yönetmelik, kanun ve standartlarını hazırlayarak uygulamaya geçirmiştir. Tüm bu önlem paketlerindeki ana hedef yakın gelecekte mevcut ve yeni yapılacak binaların çevreye vereceği zararların minimize edilerek sürdürülebilir ilkelere uygun olarak tasarlanması ve çevreye pozitif katkılarının sağlanmasıdır. Bu bağlamda bina kabuğunun bitki örtüsüyle kaplanarak yeşil bina kabuğu olarak uygulanması binaların çevreye verdiği zararların minimize edilmesinde oldukça önemli bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil bina kabuğu uygulamalarının bazılarında sadece bina kabuğuna ait çatı alanları bitkilendirilerek yeşil çatı uygulaması yapılırken, bazılarında duvar yüzeylerinde bitkilendirmeye gidilerek yeşil duvarlar uygulanmaktadır. Hem yeşil çatı hemde yeşil duvarların bir arada kullanıldığı hibrid uygulamalarda dünyanın farklı ülkelerinde rastlanmaktadır [2-5]. Bu çalışmada yeşil bina kabuğu uygulamaları konstrüksiyonel olarak ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıları açısından incelenmiş, dünyadaki mevcut uygulama örnekleri bu başlıklarda analiz edilmiştir.

2. YEŞİL ÇATILAR

Çatı bahçesi ve yaşayan çatılar olarak ta tanımlanabilen yeşil çatılar kentlerde önemli bir yüzey alanına sahiptirler ve bu nedenle çevresel açıdan bir çok fayda sağlarlar [5]. Yeşil çatılardan çevresel sürdürülebilirlik bağlamında maksimum fayda sağlayabilmek için uygun çatı konstrüksiyonunu belirlemek, bitki seçimi ve toprak katmanı ilişkisiyle ilgili doğru kararları verebilmek, hidrolojik ve strüktürel performanslarını değerlendirebilmek gereklidir [6]. Yeşil çatıların konstrüksiyon detayları ve bu konstrüksiyonu oluşturan katmanlar Şekil 2’de gösterilmiştir. Ancak sıcak ve kurak iklim koşullarında sulama sistemi ve bu sistemler ile ilgili gerekli ekipmanlarda Şekil 2’de gösterilen konstrüksiyonlara eklenmektedir.



Şekil 2. Standart bir yeşil çatı konstrüksiyonu [6, 7]
a) Ekstensif yeşil çatı, b) İntensif yeşil çatı

Yeşil çatı konstrüksiyonları ekstensif ve intensif olmak üzere iki kategoriye ayrılır. İntensif çatılar ekstensif çatılara göre daha ağır ve pahalıdır. Bakım gereksinmesi daha fazladır ve rekreatif amaçlarla insan kullanımına açıktırlar. Ekstensif çatılar ise toprak katmanı kalınlığının az olmasından kaynaklı daha hafiftir ve bakım gereksinmesi az olduğu için bakım maliyetleri düşüktür. Bu çatılara sadece bakım amaçlı çıkılabilir. İntensif çatılar kökleri derin olan büyük bitkilerin yetişebileceği ortam yaratabilirken ekstensif çatılar sadece yosun, sedum, ot ve çim gibi bitkilerin yetişebileceği bir ortam sunar. Tablo 1’de yeşil çatı konstrüksiyonlarının karşılaştırılması verilmiştir [2-5].

Tablo 1. Yeşil çatı konstrüksiyonlarının karşılaştırılması [8-10]

	Ekstensif	İntensif
		
Bakım	Az	Çok
Sulama	Yok	Düzenli
Bitki çeşidi	Yosun-sedum-ot, çim	Çimen, yaprak dökmeyen bitkiler, çalı ve ağaçlar
Maliyet	Düşük	Yüksek
Ağırlık (kg/m²)	60-150	180-500
Kullanım	Ekolojik koruyucu katman	Bahçe gibi park alanları
Sistem derinliği (mm)	60-200	150-400, altı otopark alanı ise ≥1000

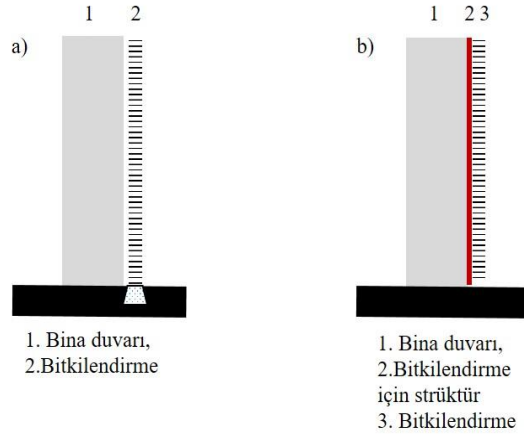
Yeşil çatı konstrüksiyonlarında toprak katmanı, üzerindeki bitkinin en iyi şekilde hayati ihtiyaçlarını karşılayacak özellikte seçilmelidir. Yeşil çatıda çatı ağırlığının artması toprak katmanının bileşimine ve kalınlığına bağlıdır. Sürdürülebilirlik açısından toprak katmanının seçiminde yerel ve geri dönüşümlü malzemeler kullanılmalıdır. Üzerindeki bitkinin yaşamı için gerekli suyu depolamak, besin sağlamak ve toprağı nemlendirmek amacı ile toprak katmanı toplam hacminin %5-20 si oranında organik malzeme içermelidir. Organik malzeme içerisinde yabancı ot tohumları ve patojenler yoktur, ağır metal ve tuz oranı düşüktür. Şekil 3'te olması gerekli ideal toprak ve biki katmanının özellikleri görülmektedir [6].



Şekil 3. İdeal bitki ve toprak katmanı özellikleri [6].

3. YEŞİL DUVARLAR

Dikey bahçe, dikey peyzaj, bio duvar olarak da adlandırılan yeşil duvarlar dış yüzeyindeki bitki ve toprak katmanının ısı yalıtkan, gölgeleyici ve rüzgar bariyeri olarak hizmet etmesi ve buna bağlı olarak duvar yüzey sıcaklıklarının düşmesinden dolayı binalarda ve kentsel alanlarda bioçeşitlilik artışı, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve mikroiklim yaratma açısından çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadırlar [2-5]. Diğer yandan yeşil çatılarda ki gibi hava kirliliğini ve çevresel gürültüyü önleme, bina kabuğunu aşırı güneş ışımasını ve asit yağmurları gibi zararlı çevresel etkilerden koruma gibi görevleride vardır. Estetik açıdan insan psikolojisi üzerine olumlu etkileri vardır. Yüksek katlı binalarda yeşil çatı ve yeşil duvarların sağladığı çevresel katkılar karşılaştırıldığında yeşil duvarlar kapladıkları yüzey alanlarından dolayı yeşil çatılara oranla 20 kat daha fazla katkı sağlarlar [5]. Yeşil duvar konstrüksiyonları, yeşil cephe ve yaşayan duvar konstrüksiyonları olmak üzere iki gruba ayrılır. İki grup arasındaki en büyük fark duvar yüzeyindeki bitkinin köklerinin tutunduğu yerdir. Yeşil cepheler kökleri yerde olan tırmanıcı bitkiler ile oluşturulan bir konstrüksiyon iken, yaşayan duvar konstrüksiyonlarında kökler bina cephesi üzerine yerleştirilen strüktüre tutunur [11-13]. Şekil 4'de yeşil cephe ve yaşayan duvar konstrüksiyonları görülmektedir.



Şekil 4. Yeşil duvar konstrüksiyonları; a) Yeşil cephe, b) Yaşayan duvar [5]

Yeşil cepheler ile karşılaştırıldığında yaşayan duvarlar toprak katmanının taşınması için bir strüktürel elemana ve farklı bitkilerin bakımı için bir sulama sistemine ihtiyaç duyarlar. Bundan dolayı bakım maliyetleri yeşil cephelere oranla daha yüksektir. Ancak yaşayan duvarlar yeşil duvarlara oranla önceden ekilmiş ve büyütülmüş bitkilerden oluştuğu için çoğunlukla çevresel sürdürülebilirlik açısından çok daha iyi bir performans gösterirler [5,14,15]. Yaşayan duvarların konstrüksiyon özelliklerine göre sınıflandırılması Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Yaşayan duvar konstrüksiyonları [16]

Geometrik modüllü sistem	Planar sistem	Asma sistem
Biçimlendirilmiş torbalı sistem	Dış strüktürlü sistem	
		1. Bina duvarı 2. Su sızdırmazlık katmanı 3. Ahşap veya çelik strüktür 4. Bitki taşıyıcı modül/toprak katmanı/bitki yetiştirme katmanı/saksı/torba 5. Bitkilendirme 6. Sulama sistemi

Tablo 2’de verilen yaşayan duvar konstrüksiyonu tipleri incelendiğinde bitki taşıyıcı strüktürün ve bitki yetiştirme katmanı tipinin değiştiği ve tüm konstrüksiyonlarda sulama sistemi ihtiyacının olduğu görülmektedir. Yaşayan duvarlar bitki yetiştirme ortamına göre toprak katmanlı ve hidroponik sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Toprak katmanlı sistemlerde, bitki büyümesi için gerekli suyu ve besini duvara monte edilmiş modüller, saksılar veya torbalar içerisine yerleştirilmiş toprak katmanından alır. Hidroponik sistemlerde ise toprak katmanı yoktur. Bitki köklerinin taşınması için keçe, köpük ve mineral yünden oluşan bir büyüme katmanı kullanılır, özel olarak bitki türüne göre hazırlanmış besin çözeltileri sulama sistemi vasıtasıyla bitki köklerine verilir [15].

4. YEŞİL BINA KABUĞU ELEMANLARININ KONSTRÜKSİYONEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Yeşil çatılar ve yeşil duvarlardan oluşan bina kabuğu elemanlarının konstrüksiyonları; iklimsel koşullara, bu koşullara uygun seçilen toprak veya bitki yetiştirme katmanının varlığına, bileşimine ve kalınlığına, bitki türüne ve beslenme özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Tablo 3'te yeşil bina kabuğu elemanlarının konstrüksiyonel olarak karşılaştırılması verilmiştir.

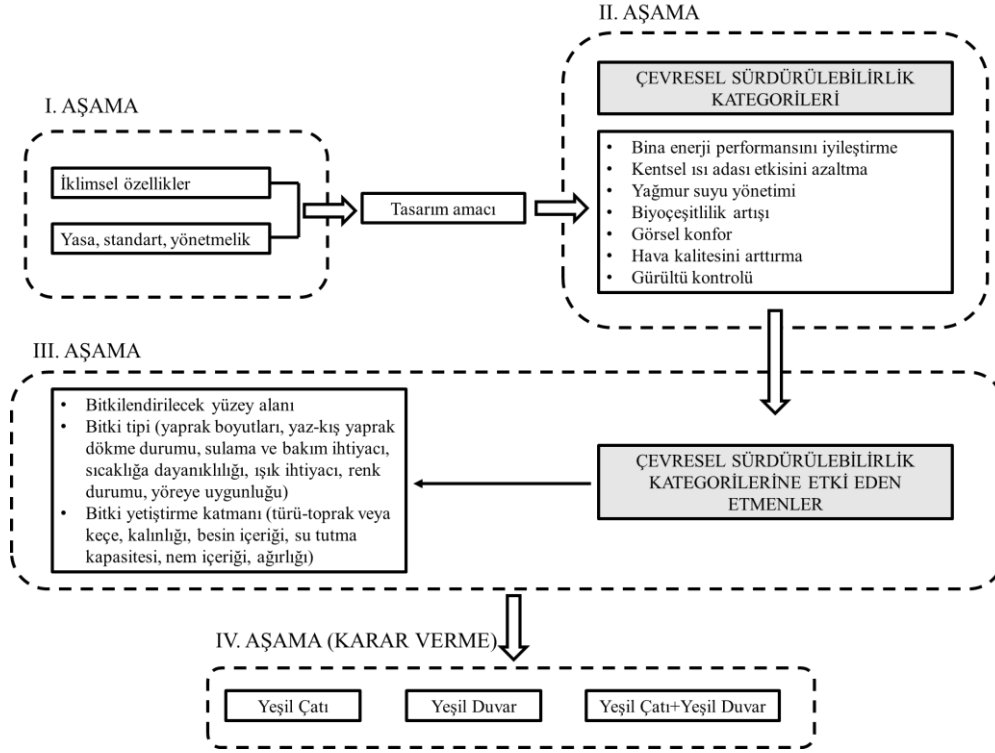
Tablo 3. Yeşil bina kabuğu elemanlarının konstrüksiyonel karşılaştırılması [4-6, 13-26]

Katmanlaşma	Yeşil çatı		Yeşil duvarlar		
	Ekstensif	İntensif	Yeşil cepheler	Yaşayan duvarlar	
				Toprak katmanlı	Hidroponik
Bitkilendirme	x	x	x	x	x
Toprak katmanı (derinliği az)	x		x	x	x
Toprak katmanı (derinliği çok)		x			
Bitki yetiştirme katmanı (keçe, köpük, mineral yün vb)					x
Drenaj katmanı veya sistemi	x	x	x		x
Filtre katmanı	x	x			
Kök tutucu katman	x	x			
Koruyucu katman	x	x			
Isı yalıtımı	x	x	x	x	x
Su sızdırmaz membran	x	x		x	x
Taşıyıcı eleman	x	x	x	x	x
Sulama sistemi		o		x	x
Strüktürel çerçeve				o	x
Kafes ızgara				o	
Modüler elemanlar					x

X:mevcut; O: opsiyonel

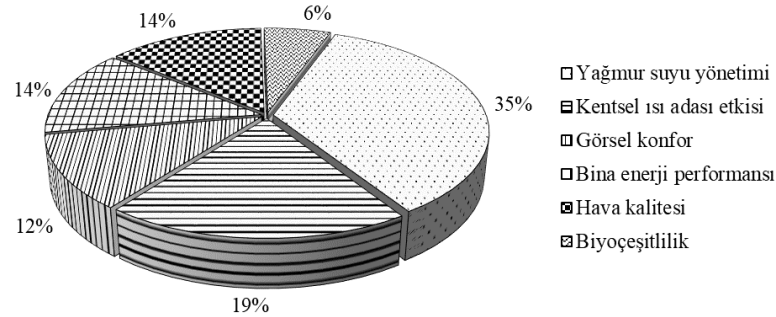
5. YEŞİL BINA KABUĞU ELEMANLARININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE KATKILARI

Yeşil çatılar ve yeşil duvarlar çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına önemli katkıları olan yeşil bina kabuğu elemanlarıdır. Bu elemanlar bina enerji performansı, kentsel ısı adası etkisi, yağmur suyu yönetimi, biyoçeşitlilik, görsel konfor, hava kalitesi ve gürültü kontrolü kategorilerinde ciddi iyileştirmeler sağlarlar. Tasarım aşamasında yukarıda bahsedilen çevresel sürdürülebilirlik kategorilerinin önem sırasının belirlenmesi uygulanacak yeşil bina kabuğu elemanının seçiminde oldukça önemlidir. Hangi kategoride hangi elemanın en iyi performansı göstereceği bir çok farklı etmene bağlıdır. Belirlenen kategoride en iyi performansı gösterecek yeşil bina kabuğu elemanına karar verebilmek için bu etmenlerin bilinmesi ve iyi bir şekilde analiz edilmesi gereklidir. Şekil 5'de uygulanacak yeşil bina kabuğu elemanına karar verme süreci ve bu süreçte etkin rol oynayan etmenler verilmiştir.



Şekil 5. Yeşil bina kabuğu elemanına karar verme süreci ve bu süreçte etkin rol oynayan etmenler

Şekil 5’de görüldüğü üzere iklimsel özellikler ve yeşil bina kabuğunun uygulanacağı bölgenin zorunlu tuttuğu yasa, yönetmelik ve standartlar tasarım amacı üzerinde etkilidir. Dünyanın en önemli 25 metropolünde yeşil bina kabuğu elemanları tasarımında dikkate alınması gerekli sürdürülebilirlik kategorileri yasal düzenlemelerle belirlenmiştir. Şekil 6’da bu kategorilerden hangilerinin metropollerin yüzde kaçında dikkate alındığı görülmektedir [17]. Yasal düzenlemelerin oluşmasında bölgenin iklimsel özellikleri dikkate alınmalıdır. Soğuk iklim bölgelerinde ısıtma yükünü azaltıcı, sıcak iklimlerde ise soğutma yükünü azaltıcı önlemler alınırken, yağışı bol olan iklimlerde yağmur suyu yönetimi odaklı önlemler ön plana çıkmaktadır. Yasal düzenlemeler ve iklimsel özelliklere göre belirlenen tasarım amacını en iyi şekilde yerine getirecek yeşil bina kabuğu elemanına karar verme sürecinde Şekil 5’de III. Asamada verilen etmenler önemli rol oynarlar. Örneğin bitkilendirilecek yüzey alanı büyüdükçe amaçlanan kategoride beklenen performans seviyesi artar. Bir binada genellikle çatı yüzey alanı duvarların yüzey alanından büyüktür. Ancak duvarların performansları yönere göre değişkenlik gösterir. Bu açıdan bakıldığında yönün etkisi göz ardı edilirse yüzey alanı büyük olan elemanın bitkilendirilmesiyle elde edilecek performans artışı çok daha fazla olacaktır. Yönlendirme ve yüzeylere gelen güneş ışınım şiddeti verileri dikkate alındığında çatı yüzeyine etkiyen yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınım şiddeti değeri her zaman düşey yüzeye gelen direk, yansıyan ve yaygın ışınım değerlerinden daha yüksektir ve bu da bina enerji performansı ve kentsel ısı adası kategorilerinde gösterecekleri performansların farklılaşmasına neden olur.



Şekil 6. 25 metropolde çevresel sürdürülebilirlik kategorilerinin yeşil bina kabuğu elemanı tasarımında dikkate alınma oranı (%) [17].

Şekil 6'da belirtilen tüm kategorilerdeki başarı amaca uygun bitki türünün ve bitki yetiştirme katmanının seçilmesine bağlıdır. Geniş ve uzun yapraklı bitkiler küçük ve kısa boylu bitkilere göre çok daha fazla havadaki tozları tutar ve yaz-kış daha iyi yalıtkan görevi görürler. Bitki yetiştirme katmanı olan toprağın kalınlığı arttıkça su tutma kapasitesi artar ancak kalınlık arttıkça ağırlığıda artacağı için bina strüktürüne ek bir yük getirir ve bu da istenilen bir durum değildir. Bitkilendirilmede kullanılacak bitki yıl boyunca yapraklarını dökmeyen bir bitkiyse kışın binanın ısıtma yüküne olumlu etki ederken, kışları yapraklarını döken bir bitki ile bitkilendirilen yeşil bina kabuğu elemanının ısıtma yüküne bir katkısı olmaz. Tablo 4'te yeşil bina kabuğu elemanlarının çevresel sürdürülebilirliğe katkıları 8 kategoride karşılaştırılmıştır. Her bir kategorideki performansa ne oranda katkı sağladıkları bu tabloda açık olarak verilmiştir.

Tablo 4. Yeşil bina kabuğu elemanlarının çevresel sürdürülebilirliğe katkılarının karşılaştırılması [1-26]

Çatı/duvar tipi		Yeşil çatılar			Yeşil duvarlar			
		Ekstensif çatılar		İntensif çatılar	Yeşil cepheler		Yaşayan duvarlar	
		festuca	sedum		Yaprak döken	Yaprak dökmeyen	Toprak katmanlı	Hidroponik
Çevresel yararlar	Bina ısıtma yükü (kış)	■■■	■■	■■■■	-	■■	■■	■■
	Bina soğutma yükü (yaz)	■■■	■■■	■■■■	■■	■■	■■	■■
	Kentsel ısı adası etkisi	■■■	■■■	■■■■	■■	■■	■■	■■■
	Yağmur suyu yönetimi	■■	■■	■■■	■	■	■■	■■
	Biyoçeşitlilik	■■■	■■■	■■	■■	■■	■■■	■■
	Görsel konfor	■	■	■■	■■	■■■	■■■	■■■
	Hava kalitesi	■■■	■■■	■■■■	■■	■■■	■■■	■■■
	Gürültü kontrolü	■■■	■■■	■■■■	■■■	■■■	■■■	■■■

- :katkısız, ■: az katkılı ■■: katkılı; ■■■: iyi derecede katkılı; ■■■■: çok katkılı

Yeşil çatılar ve duvarlar binaların enerji performansı üzerine önemli katkılar sağlarlar. Yeşil elemanlar üzerindeki bitkiler yazın terleme yoluyla çevre havanın soğumasını sağlarlar. Bu soğuma sayesinde binanın soğutma amaçlı enerji tüketimi azalır. Kışın ise bitki ve toprak katmanı sayesinde ek bir yalıtım görevi görerek ısıtma açısından pozitif katkılar sağlarlar. Çatılar üzerine gelen güneş ışınımı ve dolaylı olarak çatı yüzeylerinin duvar yüzeylerine oranla daha çok ısınması soğutma yüküne bu elemanların bitkilendirilmesi ile daha çok katkı sağlanacağını göstermektedir. İntensif çatılarda kullanılan bitki türlerinin geniş yapraklı bitkilerden oluşması ve kalın toprak katmanına sahip olması ekstensif çatılara oranla soğutma yükü açısından daha iyi performans göstermesine neden olur. Isıtma yükü açısından bakıldığında çatı elemanlarının bitkilendirilmesi ile sağlanan iyileştirmenin daha fazla olduğu görülmektedir. İntensif çatılar soğutma yükünün azaltılmasında gösterdikleri performansa benzer şekilde ısıtma yükünün azaltılmasında da ekstensif çatılara oranla daha iyi performans göstermektedirler. Ekstensif çatılarda ise festuca (kamuşu yumak) çimiyle bitkilendirilen çatılar bu çimin soğuğa sedum bitkisinden daha dayanıklı olmasından kaynaklı ısıtma yükü açısından daha etkindirler. Yeşil duvarların bir tipi olan yeşil cepheler ise kışın yapraklarını döken bir bitki ile kaplandığında ek bir yalıtım görevi üstlenmediği için ısıtma yüküne bir katkı sağlamaz [1-26].

Şehirlerde ısı tutan ve absorbe eden beton, asfalt vb. kaplamalar ile kaplı yüzeyler sıcaklık artışına neden olur. Bundan dolayı kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasında 5-10 °C sıcaklık farkı olmaktadır. Bu sıcaklık farkı kentsel ısı adası etkisine neden olur. Yeşil çatılar ve yeşil duvarlar dış çevrede bir soğuma etkisi yaptığından bu farkı önemli oranda azaltabilmektedirler. Yeşil duvarların yeşil çatılardan farkı bu elemanlarda, bitkilendirilen katman ve bina cephesi arasında bir hava boşluğu oluşması ve bu boşlukta sıcak havanın konveksiyonel ısı akışı vasıtasıyla soğutulmasının sağlanmasıdır. Bu soğutma etkisi kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasını sağlar. Yeşil çatılar bitkinin türü ve toprak katmanının kalınlığına bağlı olarak kentsel ısı adası etkisini yeşil duvarlara oranla daha çok azaltabilirler. [1-26].

Yeşil bina kabuğu elemanları yağmur sularının bir miktarını bünyesinde tuttuğu ve daha sonra yavaş bir şekilde şehrin alt yapı sistemine verdiği için oluşacak sel felaketi ve alt yapı hasarlarının engellemesinde etkilidir. Yeşil çatılar, yağmur suyunu bünyesinde tutar (toprak tipi, kalınlığı ve hidrolik özelliklerine bağlı olarak). Bitki türüde bu sürece yardım eder. Bitkinin yüksek fotosentez özelliği, büyüme oranı, üretkenliği, biomass toplama gibi özellikleri terlemeyi

arttırır. Terleme vasıtasıyla buharlaşma artar ve kanalizasyon sistemine giden yağmur suyu azalır. Yeşil duvarlar ise yağmur suyunu sulama sistemlerinde kullanarak dış ortama verilmesini engeller. Yeşil cephelerde sulama sistemi bulunmadığından bu elemanların yağmur suyu yönetimine katkısı diğer elemanlara oranla daha düşüktür. Yeşil çatılar özellikle intensif yeşil çatılar, toprak katmanının kalınlığı ve yatay yüzeye gelen yağış miktarının daha fazla oluşundan kaynaklı olarak yağmur suyu yönetiminde yeşil duvarlara göre daha iyi performans gösterirler [1-26].

Yeşil çatılar ve yeşil duvarlar, üzerindeki bitki türü ve çeşitliliğine göre pek çok farklı canlı için doğal bir yaşam ortamı sunarak onları çevreye geri kazandırır. Ekstensif çatılar ve toprak katmanlı yaşayan duvarlar üzerinde yer alan bitkilerin daha çok canlı için besin kaynağı oluşturmamasından ve daha çok açık alana sahip olmasından dolayı biyoçeşitliliği diğer yeşil elemanlara göre daha çok arttırır [1-26].

Çatı elemanlarının kent içerisinde yürüten bir insan tarafından genellikle görülebilmesi, duvar elemanlarının ise direkt olarak farkedilmesi görsel konfor açısından duvar yüzeylerinin bitkilendirilmesini ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca duvar yüzeyleri çok yaratıcı tasarımların yapılmasına imkan tanır. Yeşil cephe sistemlerinin konstrüksiyonel oluşumu tasarımı çeşitliliği kısıtlamakta, özellikle kışın yapraklarını döken bitkilerden oluşan tipleri kötü bir görünüş sergilemektedirler. Yaşayan duvarlar ise konstrüksiyonlarının sağladığı modüler imkanlar sayesinde görsel konfor koşullarını üst düzeyde iyileştirebilmektedirler. Ekstensif çatılar üzerinde bitkilendirmenin kış aylarında kahverengi renk alabilmesi ve intensif çatılar gibi çok çeşitli bitki türlerine ev sahipliği yapamamasından dolayı görsel konfor açısından daha düşük performans gösterirler [25].

Hava kalitesinin artırılması havada mevcut bulunan kirletici partiküllerin ve gazların tutulması vasıtasıyla gerçekleşir. Uzun ve geniş yapraklı, dokulu bitkiler çok daha iyi bir şekilde bu maddeleri tutarak havanın temizlenmesi ve kalitesinin artırılmasını sağlarlar. Ayrıca havadaki karbondioksiti alarak oksijen üretirler. Bu bağlamda bu tür yapılara sahip bitkiler ile bitkilendirilebilen intensif çatılar ve yaşayan duvarlar hava kalitesinin artırılmasında diğer yeşil elemanlara kıyasla daha büyük katkı sağlarlar. Kışın yapraklarını döken bitkilerden oluşan yeşil cepheler ise sadece yazın hava kalitesinin artırılmasında etkilidirler [2,6,9,19-21]. Kentlerdeki nüfus artışı ve buna bağlı olarak araç sayısındaki artış çevresel gürültüyü oldukça arttırmıştır. Yeşil bina kabuğu elemanları sahip olduğu bitki ve toprak katmanı vasıtasıyla artan çevresel gürültüye karşı bir izolatör olarak davranırlar. Gürültünün azaltım oranı; yalıtım malzemesi özelliklerine, bitki türlerine ve kullanım yoğunluklarına göre değişiklik göstermektedir. İntensif çatılar sahip olduğu toprak katmanının derinliği ve üzerindeki bitki türünün yaprak boyutlarından kaynaklı olarak çok iyi bir ses izolatörü görevini görürler [1-26].

6. DÜNYADA MEVCUT YEŞİL BINA KABUĞUNA SAHİP ÖRNEKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde dünyanın farklı ülkelerinde uygulanmış farklı tip yeşil çatı ve yeşil duvar örneklerine ait genel bilgiler ve görseller sunulmuş, mevcut uygulama örneklerinin çevresel sürdürülebilirlik kategorilerine göre tasarım amaçları önem sıralarına göre Tablo 5'te değerlendirilmiştir.

Tablo 5. Dünyada mevcut yeşil bina kabuğu elemanlarından oluşturulan örnek binaların incelenmesi

Örnek 1. [22]						
						
World Trade Center (WTC) Liberty Park	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi	
	2016	New York, USA	307	100	Yaşayan duvar	
7.62 metre yüksekliğinde, 102 metre uzunluğunda tasarlanan yaşayan duvar parkın altında yer alan garaj girişinin önünde yer almaktadır. Yaşayan duvar yatay bir ızgara sistem üzerine bitkilendirme yapılarak oluşturulmuştur. Üzerinde 20.000 yaprak dökmeyen yıl boyunca farklı renklere bürünen bitki örtüsü mevcuttur. 18 zonlu damlama sulama sistemi mevcuttur ve bu sistem uzaktan kontrol edilerek bitki bakım yapılmaktadır. Yaşayan duvarda bitkilerden arta kalan su duvar arkasında yer alan paslanmaz çelik havzalarda tutularak uzaklaştırılmaktadır.						
Tasarım Amaçları						
BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
		■	■■	■■■	■	

Örnek 2. [22]



Parque Bicentenario Bogotá	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi
	2016	Bogata/Kolombiya	4600	4	Ekstensif&İntensif

Parkta tasarlanan köprü üzerinde 8 küçük bitkilendirme alanı 41.000 bitki ile ekstensif ve intensif olarak bitkilendirilmiştir.

Tasarım Amaçları

BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
	■		■■	■■■		

Örnek 3. [22]



Sejong İdari merkez binası	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi
	2014	Sejong, Güney Kore	115003	10	Ekstensif&İntensif

115.000 m²'lik yeşil çatı alanına sahip projede yeşillendirilen çatı alanları farklı eğimlerde tasarlanmıştır. Yeşil çatı vasıtasıyla havalandırma giderlerinde %16, ısıtma giderlerinde ise %10'luk bir iyileştirme sağlanabilmiştir. Yeşil bina derecelendirme sisteminde 'mükemmel' sertifikasına sahiptir.

Tasarım Amaçları

BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
■■■	■■	■■	■			

Örnek 4. [22]



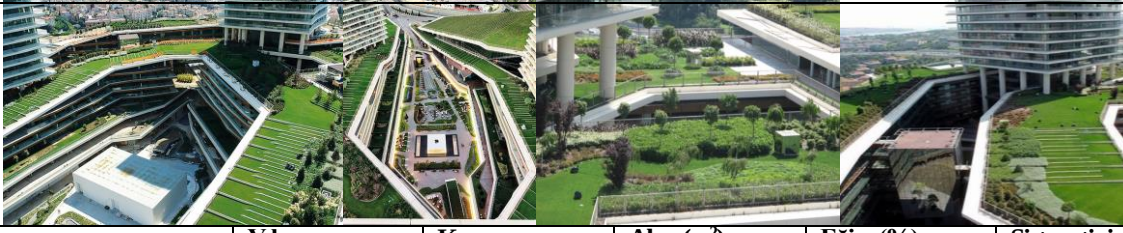
Belarus pavyonu, Expo 2015, Milano	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi
	2015	Milano/İtalya	1000	70	Ekstensif

6 çeşit sedum ve 12 çeşit bitkiden oluşturulmuş bina kabuğu yüksek oranda biyoçeşitlilik sunmaktadır.

Tasarım Amaçları

BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
			■■	■		

Örnek 5. [23, 24]



Zorlu Center AVM	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi
	2013	İstanbul, Türkiye	72.000	Düz, basamaklı ve eğimli	Ekstensif&İntensif

Avrupanın en büyük yeşil çatı uygulaması olan projede 60.000 m²'lik alan çatı bahçesi olarak tasarlandı. 33 m'lik bir kot farkı eğim ve basamaklar düzenlenerek geçildi. 200'ten fazla bitki ve 68 farklı ağaç ile yeşillendirilen çatı alanı otomatik bir sulama sistemi vasıtasıyla periyodik olarak sulanmaktadır. Projede yağmur suyu ve gri su depolarından elde edilmiş artılmış sular yeşil alanların sulanmasına kullanılmaktadır. Projede sadece peyzaja 45 milyon TL harcanmıştır.

Tasarım Amaçları

BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
	■ ■	■ ■ ■	■	■		

Örnek 6. [23]



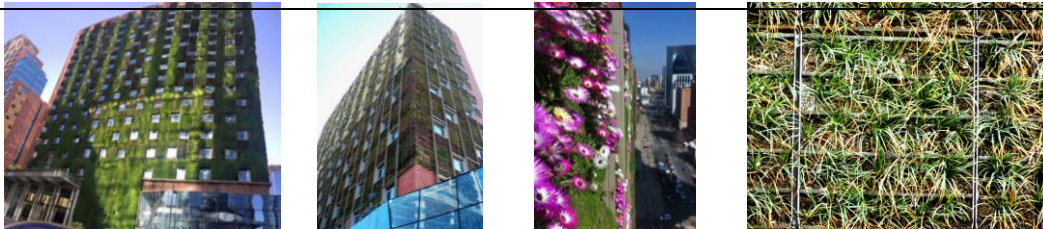
Shenven Tairan ofis binası	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi
	2012	Shenzhen, Çin	168.950	2	İntensif

Basamaklı teras bahçeleri olarak tasarlanan ofis binasında, teraslar yürüyüş yolları, oturma bankları ve yeşil alanlar olarak tasarlanmıştır.

Tasarım Amaçları

BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
			■	■ ■		

Örnek 7. [22]



Intercontinental Otel	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi
	2011	Santiago/Şili	1620	100	Yaşayan Duvar

Sera gazlarının azaltılması amacıyla tasarlanan 17 kat yüksekliğinde olan yaşayan duvarlar tüm cephelerde sıcaklık artışını engelleyerek kentsel ısı adası etkisine pozitif katkı sağlarlar. Yaşayan duvarlar üzerinde 110.000 bitki mevcuttur. Yaşayan duvarlar gölgeleme ve buharlaşma etkisiyle soğutma yükünün %40-%60 arasında azaltılmaktadır. Şehirdeki havanın temizlenmesine katkı sağlarlar ve gürültüyü azaltırlar. Yaşayan duvarlar otomatik sensörle çalışan sulama sistemine sahiptir ve toplam 4300 tane yaşayan duvar panelinden oluşmaktadır.

Tasarım Amaçları

BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
■ ■ ■ ■	■ ■ ■		■ ■ ■		■ ■	■

Örnek 8. [12]

						
RMIT Üniversitesi Bina 21	Yıl	Konum	Alan (m ²)	Eğim (%)	Sistem tipi	
	2011	Victoria, Avustralya	122 m ²	100	Yeşil cephe	
60 yıllık eski tuğla bir bina cephesine yerleştirilen bitki kutularında büyüyen bitkilerin düşey doğrultuda cepheyi sarmasıyla oluşturulmuştur. Duvarın 40 cm önüne gizli bir ağ sistemden oluşan bir strüktür eklenmiştir. 230 USD maliyetle gerçekleştirilmiş bir projedir.						
Tasarım Amaçları						
BEP	KIAE	YSY	BÇ	GÖK	HK	GÜK
■				■■		

*BEP: Bina enerji performansı; KIAE: Kentsel ısı adası etkisi; YSY: Yağmur suyu yönetimi; BÇ: Biyoçeşitlilik; GÖK: Görsel konfor; HK: Hava kalitesi; GÜK: Gürültü kontrolü.

8. SONUÇLAR

Günümüzde yeşil bina kabuğu uygulamaları çevresel sürdürülebilirliğe sağladığı katkılardan dolayı oldukça talep görmektedir. Ancak çevresel sürdürülebilirlik kategorilerinde tasarım amacına göre en yüksek performansın elde edilebilmesi için ciddi bir teknik bilgi ve beraberinde uygulama aşamasında kaliteli işçilik ve iyi detaylandırma gereklidir. Literatürde yeşil bina kabuğu elemanlarıyla ilgili gerçekleştirilmiş bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların detaylı okunup, mevcut uygulamalar ve teknik bilgiler ışığında değerlendirilmesi ile bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilebilir. Sürdürülebilir bir yeşil bina kabuğu elemanı tasarımında dikkat edilmesi gereken faktörler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Mevcut iklimsel koşulların iyi analiz edilmesi (güneş ışınımı, rüzgar hızı, nem ve sıcaklık değerleri)
- Tasarım amaçlarının ortaya iyi koyulması (bina enerji performansını arttırmak, kentsel ısı adası etkisini azaltmak, hava kalitesini arttırmak vb. gibi)
- Bütçenin iyi planlanması ve bütçeye uygun ve amaca hizmet edebilecek konstrüksiyonun seçilmesi
- Seçilen konstrüksiyonun gereksinimlerinin, avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi ve bu konuda uzmanlardan teknik bilgi alınması
- İklimsel koşullara ve seçilen konstrüksiyona uygun bitki türlerinin belirlenmesi ve ihtiyaçlarının saptanması
- Bitkinin hayatını devam ettirebilmesi için uygun bitki yetiştirme katmanı tipinin, kalınlığının ve bileşiminin belirlenmesi
- Bitki türü ve bitki yetiştirme katmanı özelliklerine göre bakım ihtiyaçlarının ve gereksinimlerinin belirlenmesi (sulama sistemi, drenaj vb.)
- Seçilen konstrüksiyonda (fotovoltaik panel ve yağmur suyu depolama sistemleri kullanımı vb. gibi) ekstra iyileştirme önlemleri alınacak mı? gibi sorulara cevap bulunması

Çalışmada yeşil bina kabuğu elemanlarının hedeflenen çevresel sürdürülebilirlik kategorilerine göre tasarımında etkili olan ve yukarıda açıklanan faktörlerin anlaşılmasına yardımcı olacak bilgiler verilmiştir. Yeşil çatılar ve yeşil duvarlar birlikte ele alınarak konstrüksiyon gereksinimlerinin karşılaştırılması sağlanmış, çevresel sürdürülebilirliğe sağladıkları katkılar tartışılmıştır. Dünyada yeşil bina kabuğu elemanlarına sahip mevcut uygulama örnekleri analiz edilerek verilen bilgilerin pekiştirilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] International Energy Agency. Key world energy statistic. 2014.
- [2] Grant, G., Green Roofs and Facades: (EP 74), IHS BRE Press, Paris, 2010.
- [3] Uffelen, C., Green, Greener, Greenest: Facades, Roof, Indoors, Braun Publishing, 2016.
- [4] Dunnet, N., Planting Green Roofs and Living Walls, Timber Press, London, 2008.

- [5]Besir, A.B., Cüce, E., Green roofs and facades: A comprehensive review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (2018) 915–939.
- [6] Claridge, N., Edwards, L., Green Roof Technology – Research, Design And Implementation Of A Green Roof At The University Of Canterbury, *Uc Summer Sustainability Research Scholarship*, 2012.
- [7]Yaşar, Y., Pehlevan, A., Maçka, S., Az eğimli çatılar, *Ders Notları, KTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları*, 2011-11, 2011.
- [8]International green roof association, Green roof types, http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php
- [9] Van Mechelen, Thierry Dutoit, Martin Hermy, Adapting green roof irrigation practices for a sustainable future: A review, *Sustainable Cities and Society* 19 (2015) 74–90.
- [10] Viola, S., Green roofs for built environment recovery: technological transitions, *Journal of Cleaner Production* 153 (2017) 592-599.
- [11] Lu, M., Lin, A., Research on the Modular Living Walls System Based on Microclimate Adjustment in Severe Cold Areas of China, *Environment and Ecology Research* 3(5): 132-135, 2015.
- [12] A guide to green roofs, walls and facades, State of Victoria through the Department of Environment and Primary Industries, 2014.
- [13] Manso, M., Castro-Gomes, J., Green wall systems: A review of their characteristics, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41(2015)863–871.
- [14] Coma, J., Perez,G., Gracia, A., Bures, S., Urrestarazu ,M., Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades, *Building and Environment* 111 (2017) 228-237.
- [15] Medl, A., Stangl, R., Florineth, F., Vertical greening systems e A review on recent technologies and research advancement, *Building and Environment* 125 (2017) 227-239.
- [16] Basic Information on Green Facades and Green Roofs, UROP Final Report Sample, <https://idc.sutd.edu.sg/wp-content/uploads/sites/10/2015/04/UROP-Final-Report-Sample.pdf> .
- [17] Sutton R.K., *Green Roof Ecosystems*, Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
- [18] Wong I, Baldwin AN. Investigating the potential of applying vertical green walls to high-rise residential buildings for energy-saving in sub-tropical region, *Building and Environment* 97(2016)34–39.
- [19] Peck, S.W., Callaghan, C., Kuhn, M.E., Bass, B., "Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry In Canada," Status Report On Benefits, Barriers And Opportunities For Green Roof And Vertical Garden Technology Diffusion, Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999.
- [20] Pehlevan A., Yaşar Y., Maçka Kalfa S., "Bitkilendirilmiş Çatılar: Yeşil Çatılar,Çatı Bahçeleri", *Mimarlık Arredamento Dergisi*, cilt.236, ss.114-124, 2010.
- [21] Yaşar Y., Pehlevan A., Maçka Kalfa S., "The Importance Of Green Roofs In Sustainable Architecture", 1st International Turkey&Japan Environment and Forestry Symposium, TRABZON, TÜRKİYE, 4-6 Kasım 2010, pp.969-993.
- [22] Green roof and green wall project database; <http://www.greenroofs.com/projects/plist.php>.
- [23] İnşaat Dünyası, Dijital Dergi, Avrupa'nın en büyük yeşil çatı uygulaması: Zorlu Center, <http://www.insaatdunyasi.com.tr/arsiv/yazi/132-avrupanin-en-buyuk-yesil-cati-uygulamasi-zorlu-center>.
- [24]10 Seçilmiş Örnek Projeye Çatı Bahçeleri, *Eko Yapı Dergisi*, <http://www.ekoyapidergisi.org/3601-10-secilmis-ornek-projeyle-cati-bahceleri.html>.
- [25]Livingstone, K., Rogers, R., Bishop, P., *Living Roof and Walls, Technical Reports: Supporting London Plan Policy*, Greater London Authority City Hall Press, London, 2008.
- [26] Sclar, D.B., *The Impact of Green Walls and Roofs to Urban Microclimate in Downtown Dallas, Texas: Learning from Simulated Environments*, Master of Thesis, The University of Texas at Arlington, 2013.

GERİ KAZANILMIŞ BETONUN ÇATI VE CEPHE İÇİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRMESİ

M.Taner YASEMİN¹

Konu Başlık No: 1 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Dünya’da inşaat ve yıkıntı atıkları (İYA) önemli bir çevre sorunu olarak belirtilmektedir. İYA; bina yapımı, kazı, yenileme, yıkım, yol yapımı gibi inşaat ile ilgili faaliyetler sonrasında oluşmaktadır. Dünya’da İYA miktarı artış göstermektedir. Sadece Avrupa Birliği ülkelerinde 2020 yılında 520 milyon ton İYA’nın olacağı tahmin edilmektedir. İYA, Türkiye gibi gelişen ülkelerde kentsel dönüşüm gibi sebeplerle daha da artmaktadır. İYA’nın artmasının diğer sebepleri de deprem, fırtına, sel baskınları vb. felaketlerdir. Türkiye’de kentsel dönüşüm sürecinde yıkılan binalardan kaynaklanan atıklar genel itibariyle dolgu malzemesi olarak belli alanlara yerleştirilmektedir. Dünya’da birçok ülkede, İYA’nın geri dönüşüm yoluyla tekrar kullanılması ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi konusu değerlendirilmektedir. Avrupa Birliğine üye ülkelerde 2020 yılında, zararlı madde içermeyen İYA’nın geri dönüşümü, yeniden kullanımı, iyileştirme konusunda hedef olarak %70 oranı belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı İYA içerisindeki atık betonun, geri dönüşüm yoluyla tekrar değerlendirilerek cephe ve çatıda kullanılmasının değerlendirmesidir.

ANAHTAR KELİMELER

Geri dönüşüm, İnşaat ve yıkıntı atıkları, Geri kazanılmış beton

ABSTRACT

Construction and demolition wastes (CDW) are indicated important problem of environmental. CDW generally occur as a result of activities of construction industry such as construction, excavation, renovation, demolition, roadwork. CDW increase in the World. Around 520 million tons CDW are estimated in European Union in 2020. The main reason of increasing CDW is the urban renewal in developing countries such as Turkey. The other reason of increasing CDW was disasters as earthquakes, hurricanes, floodwater etc. CDW, obtained by demolishing building during the urban renewal, used for landfilling in Turkey. The recycling CDW and decreasing effects of CDW on environment are evaluated by countries in the world. Member states of European Union set a target about re-use, recycle and recovery 70% of non-hazardous CDW in 2020. Aim of this work is examining roofs and facades, built with recycled concrete that obtained by the recycling CDW.

KEYWORDS

Recycling, Construction and demolition waste, Recycled concrete

¹ Dr. MTY Mimarlık Şehitkamil/Gaziantep. mtaneryasemin@gmail.com

1. Giriş

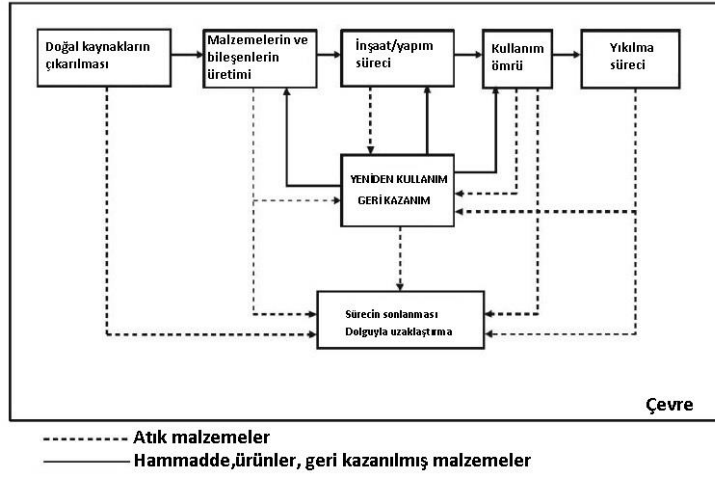
İnşaat aktiviteleri insanlığın var olduğundan beri devam etmektedir. Artan nüfus, kentleşme, kentsel dönüşümde yapılan yıkım, altyapıların yenilenmesi, doğal afetler sonrası yapılan yeniden yapım faaliyetleri inşaat endüstrisinin büyümesinin sebeplerindendir. İnşaat endüstrisi büyürken çevreye olan olumsuz etkileri de artmaktadır. İnşaat endüstrisinin çevre üzerindeki etkileri; inşaat ve yıkıntı atıkları, CO₂ emisyonu, hava kirliliği, ses kirliliği, görsel kirlilik, su kirliliği, yenilenemeyen kaynakların tüketimi, enerji tüketimi, toprak kullanımı olarak belirtilmektedir.

Çevre üzerinde önemli etkileri olan inşaat ve yıkıntı atıkları, çoğunlukla yenileme, yıkım ve yol çalışmaları gibi inşaat ilgili faaliyetler sırasında ortaya çıkmaktadır,[1]. Dünyada katı atıkların en büyük kısmı, inşaat ve yıkıntı atıklarından kaynaklanmaktadır. Avrupa Birliği'nin katı atık miktarının %31'ini inşaat ve yıkıntı atıkları (İYA) oluşturmaktadır,[2]. Günümüzde birçok ülke, doğal kaynakların tüketilmesinin önüne geçilmesine, dolgu alanlarının miktarının azaltılmasına ve verimli toprakların korunmasına çok önem vermektedir. Dolgu alanı bulmanın çok zor ve maliyetli olduğu Hong Kong gibi yerleşimlerde İYA'nın azaltılmasına çalışılmaktadır,[3]. Sadece Avrupa Birliği ülkelerinde 2020 yılında 520 milyon ton İYA olacağı tahmin edilmektedir,[4]. Amerika Birleşik Devletleri'nde 2012 yılında İYA'nın yaklaşık olarak 480 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bunun yaklaşık olarak 100 milyon ton karışık İYA, 310 milyon tonunun beton, 70 milyon tonunun asfalt döşeme olduğu belirtilmektedir,[5]. Almanya'da İYA, 2012 yılında 81.6 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın; yaklaşık olarak 51.6 milyon tonunun çoğunluğu binalardan gelen inşaat atığı, 15.4 milyon tonunun yol inşaatından gelen inşaat atığı, 14 milyon ton da karışık inşaat atığı olduğu belirtilmektedir,[6].

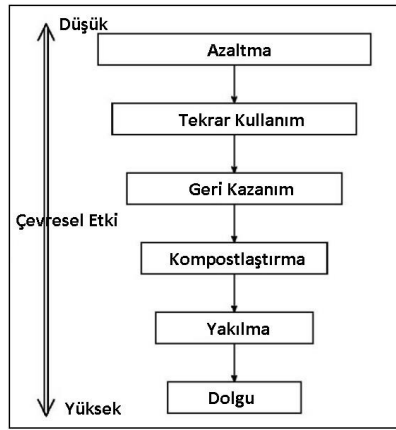
İYA artışıındaki önemli nedenlerden biri, Türkiye gibi gelişen ülkelerdeki kentsel dönüşümlerdir. Kentsel dönüşüm sürecinde; mevcut binaların yıkılması, enkazlarının taşınması, enkazların dolgu alanına doldurulması, yeni malzemelerin inşaat alanına taşınması gibi inşaat faaliyetleri gerçekleşmektedir. Kentsel dönüşümler planlanırken, ortaya çıkacak olan İYA'nın çevreye olan etkileri dikkate alınmamaktadır,[7]. Türkiye'de kentsel dönüşüm sürecinde yıkılan binalardan kaynaklanan İYA; genel itibarıyla dolgu malzemesi olarak belli alanlara yerleştirilmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, kentsel dönüşüm kapsamında 20 yıl içinde 6-7 milyon evin yıkılıp tekrar yapılmasını planlamaktadır. Bundan kaynaklanan İYA miktarının 500 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir,[8]. İYA'nın artışıındaki diğer bir neden ise deprem, fırtına, sel vb. felaketlerdir. Tayvan'da 1999 yılında yıkıcı bir depremden dolayı; yeniden yapım ve yenilemeden kaynaklanan atıklar hariç 30 milyon ton İYA oluşmuştur,[9]. 1995 yılında Kansai depreminde 20 milyon ton enkaz oluşmuştur,[10].

Dünya'da çevrenin korunması, en önemli konulardan biridir. Bu nedenle birçok ülkede, çevreye verdiği olumsuz etkilerden dolayı İYA ile ilgili düzenlemeler yapılmaktadır,[11]. Gelişmekte olan ülkeler İYA ile ilgili olarak; dolgu alanı bulunması, uzun nakliyat mesafeleri, artan dolgu maliyeti ve vergileri gibi ekonomik, sosyal ve çevresel problemlerin baskısı altındadırlar,[12].

Resmi kurumlar ve inşaat endüstrisi İYA'nın çevre üzerindeki zararlarını azaltmak adına stratejiler üretmektedir. İnşaat endüstrisi için önerilen hayat döngüsü Şekil-1'de gösterilmiştir. İYA'nın çevre üzerindeki olumsuz etkilerini gidermek için azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşüm prensipleri önemli stratejilerdir,[13]. Bu stratejilerin hiyerarşisi Şekil-2'de gösterilmiştir. Bu hiyerarşinin temelinde kaynakların tüketiminin ve çevresel zararların azaltılması bulunmaktadır. Avrupa Birliği'ne üye ülkeler; 2020 yılında zararlı madde içermeyen İYA'nın geri dönüşümü, yeniden kullanımı, iyileştirmesi konusunda hedef olarak %70 oranını belirlemişlerdir,[4].



Şekil-1 İnşaat endüstrisi için önerilen hayat döngüsü,[14]



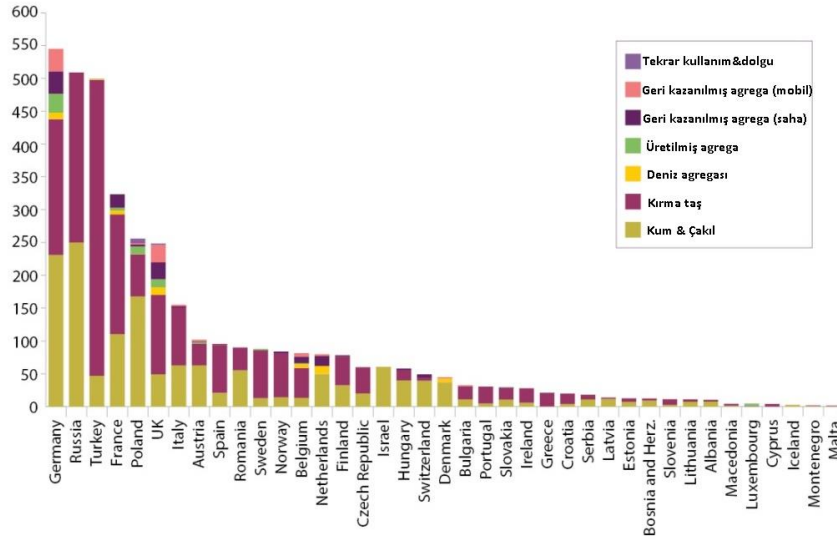
Şekil-2 İnşaat ve yıkıntı atıklarının çevre üzerindeki etki hiyerarşisi,[15]

İYA'nın geri dönüşüm yoluyla kazanılmasının; hammadde ihtiyacının, CO₂ emisyonunun, nakliyenin, yeni dolgu alanlarına olan ihtiyacın azaltılması açısından çevreye faydası olacaktır. Ayrıca geri dönüşüm yoluyla değerlendirilen İYA ile yeni malzemelerin üretimi ihtiyacı azaltılarak, çevreye verilecek zararlar da azaltılacaktır.

2. Geri kazanılmış agregalar

İYA'nın geri dönüşüm yoluyla, tekrar kullanılması ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi konusu üzerine birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır. İYA'nın içerisinde birçok farklı malzeme bulunmakla birlikte temel olarak beton, harç parçaları, kum, tuğla ve taşlar bulunmaktadır. İYA'nın geri dönüşümü genellikle; taşıma işlemi, kırma-azaltma işlemi ve ayırma-eleme işlemi olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir,[15]. İYA, mekanik süreçler sonunda agrega haline getirilebilmektedir. Geri Kazanılmış Agregalar olarak tanımlayabileceğimiz bu agregalar yüksek kalite ve özellikte olduğu zaman; beton içerisinde doğal agrega yerine kullanılabilir.

Beton; günümüzde çok popüler ve diğer inşaat malzemeleri ile karşılaştırıldığı zaman bir çok avantaja sahip, geniş kullanımlı bir yapı malzemesidir. Beton, Dünyada sudan sonra en çok tüketilen ikinci malzemedir. Beton; çimento, agrega, su ve kimyasal/mineral karışımlardan oluşmaktadır. Betonun taşıyıcı ve dayanım performansını doğrudan etkileyen agrega, betonun yaklaşık %75'ini oluşturan önemli bir malzemedir. Dünyada, 2006 yılında 30 milyar ton beton tüketilmiştir. Bu miktar üretilen diğer tüm yapı malzemelerinin yaklaşık olarak iki katına denk gelmektedir,[16].



Şekil-3 Bazı ülkelerin 2015 yılındaki agrega üretim miktarları ve kaynakları,[17]

Bazı ülkelerin ürettiği agrega miktarları ve kaynakları Şekil-3’de verilmiştir. Beton için önemli olan agregaların üretim ve tüketim süreçlerinin çevre üzerinde birçok olumsuz etkisi olmaktadır. Bu nedenle Geri Kazanılmış Beton Agregaları’nın (GKBA); çevrenin korunması, doğal kaynakların tüketiminin azaltılması, İYA’nın azaltılması ve CO₂ emisyonunun azaltılması gibi konular açısından önemi artmaktadır,[18]. “Sürdürülebilir Kentsel Dönüşüm, Yıkım ve Geri Dönüşüm” web tabanlı lojistik bilgi modeline göre yeni doğal agrega yerine GKA kullanımında CO₂ emisyonun %80 azalacağı ve doğal hammadde ihtiyacının %70 azalacağı belirtilmektedir,[7].

Belçika’da yaklaşık olarak 14.5 milyon ton GKA üretilmektedir. Bununla birlikte GKA genellikle yol alt katmanlarında ve temellerinde kullanılmaktadır. Çok az kısım GKA, taşıyıcı özelliği olan strüktürlerde kullanılmaktadır. Belçika’da Flander bölgesinde 150 adet sabit geri dönüşüm noktası ve 50 adet mobil kırıcı bulunurken, Walloon bölgesinde 40 adet geri dönüşüm merkezi bulunmaktadır,[19].

2.1 Geri Kazanılmış Agregaların Teknik Özellikleri

GKA, yerel inşaat endüstrisine bağlı olarak farklı içeriklere ve özelliklere sahip olmaktadır,[20]. Bunun yanında farklı kaynaklardan elde edilmesi de GKA içeriğini farklılaştırmaktadır. Bu nedenle, GKA içeriği genellikle homojen olmamaktadır. GKA ile güvenilir uygulamalar elde etmek için birçok ülke; GKA kullanım oranları için limitlerin düzenlenmesi ve GKA ile üretilen betonun standart beton dayanımında olması için düzeltme katsayısının düzenlenmesi açısından farklı standart ve teknik şartnameler belirlemişlerdir,[21]. GKA ile ilgili standartlar ve teknik şartnameler genel olarak; GKA özellikleri, GKA sınıflandırmaları, GKA uygulama alanları konularına göre düzenlenmiştir. GKA ile ilgili ilk uluslararası teknik şartname, RILEM tarafından “Specifications for Concrete with Recycled Aggregates” adıyla 1994 yılında yayınlanmıştır. Burada Geri Kazanılmış İri Agrega şu şekilde tanımlanmıştır;

- Tip 1 : Harç atıklarından elde edilen agrega,
- Tip 2 : Beton atıklarından elde edilen agrega,
- Tip 3 : Doğal agrega ve geri kazanılmış agreganın karışımından oluşan agregalar (en az %80 doğal agrega, en fazla %10 Tip 1 agrega),[22].

Bazı ülkelerin GKA ile ilgili olarak belirlediği teknik şartname sınıflandırmaları Şekil-4’de gösterilmiştir,[23].

Ülke	Standart	Standart sınıfı	Karışım Sınıfı	Beton	Harç	Doğal Agrega	Organik Malzeme	Kirli İçerik	Hafif Malzeme	Toz
Australia	CSIRO	Class 1A	RCA	<100	—	—	n.a.	1	n.a.	n.a.
		Class 1B	MRA	<70	<30	—	n.a.	2	n.a.	n.a.
Belgium	PTV 406	Crushed concrete debris	RCA	>90	<10	—	0.5	0.5 (a)	n.a.	n.a.
		Crushed mixed debris	MRA	>40	>10	—	0.5	1 (a)	n.a.	n.a.
		Crushed brickwork debris	RMA	<40	>60	—	0.5	1 (a)	n.a.	n.a.
Brazil	NBR 15116	ARC	RCA	>90	—	(b)	n.a.	3	n.a.	7
		ARM	MRA	<90	—	(b)	n.a.	3	n.a.	10
China (c)	DG/TJ07/008	Type I	RCA	>95	<5	—	0.5	1	n.a.	n.a.
		Type II	MRA	<90	>10	—	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Denmark	DS 2426	GP1	RCA	>95	—	—	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
		GP2	MRA	>95	—	—	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Germany	DIN 4226-100	Type 1	RCA	>90	<10	—	n.a.	1 (e)	n.a.	1
		Type 2	RCA	>70	<30	—	n.a.	1 (e)	n.a.	1.5
		Type 3	RMA	<20	>80	<20	n.a.	1 (e)	n.a.	3
		Type 4	MRA	—	>80 (d)	—	n.a.	1 (e)	n.a.	4
Hong Kong	WBTC 12	Type II	RCA	<100	—	—	n.a.	1	0.5	4
Japan (c)	JIS A 5021	ARH	RCA	—	—	—	n.a.	3	n.a.	1
Netherlands	CUR NEN 5905	ARH	RCA	>95	<5	—	n.a.	0.1	n.a.	—
		ARH	RCA	<80	—	<20	n.a.	n.a.	0.1	3
Norway	NB 26	Type 1	RCA	>94	<5	(b)	n.a.	1 (a)	0.1	n.a.
		Type 2	MRA	>90	—	(b)	n.a.	1 (e)	0.1	n.a.
Portugal	LNEC E 471	ARB 1	RCA	>90	<10	(b)	n.a.	0.2 (f)	1	n.a.
		ARB 2	RCA	>70	<30	(b)	n.a.	0.5 (f)	1	n.a.
		ARC	MRA	>90	>10	(b)	n.a.	1 (f)	1	n.a.
Spain	EHE-08	RCA	RCA	—	<5	—	0.5	(g)	1	2
Switzerland	SIA 2030	BC	RCA	—	<3	—	n.a.	1	n.a.	n.a.
		BNC	MRA	—	—	—	n.a.	2	n.a.	n.a.
United Kingdom	BS 8500-2	RCA	RCA	>95	<5	—	n.a.	1 (h)	0.5	5
		RA	MRA	—	<100	—	n.a.	1 (h)	1	3
	BRE Digest 433	RCA I	RMA	—	<20	>80	n.a.	5	1	n.a.
		RCA II	RCA	<20	—	>80	n.a.	1	0.5	n.a.
		RCA III	MRA	<10	<10	>80	n.a.	5	2.5	n.a.
	RILEM	Type I	RMA	—	<100	—	1	5	1	3
		Type II	RCA	<100	—	—	0.5	1	0.5	2
		Type III	RCA	<20	<10	>80	0.5	1	0.5	2

Notes:

- n.a. limit belirtilmemiş
(a) tüm çeşitlerin içinde %5'den az bitümlü malzeme
(b) geri kazanılmış beton agregası yüzdesine dahil edilmiş
(c) bu standartta geri kazanılmış agreganın özelliklerine göre sınıflandırma yapılmış
(d) %20 bitümlü malzeme ve diğerleri
(e) tüm çeşitlerde %1 bitümlü malzeme
(f) Bitümlü malzeme içeriği ARB 1 < %5 ARB 2 < %5 ARC < %10
(g) Bitümlü malzeme < %1 cam, metaller, plastik vs. < %1
(h) Bitümlü malzemeler, RC A < %5; RA < %10

Şekil-4 Bazı ülkelerin GKA ile ilgili olarak belirlediği teknik şartname sınıflandırmaları,[23]

3. Geri kazanılmış beton agregaları

İYA içerisindeki atık betonlar ayıklanıp, geri dönüşüm işlemlerinden geçirildikten sonra Geri Kazanılmış Beton Agregası (GKBA) elde edilmektedir (Resim1-3). GKA ile üretilecek betonun içeriğini kontrol altına almak ve özelliklerini belirlemek için atık betonlardan elde edilen GKBA kullanılmaktadır,[24].

3.1. Atık betonun GKBA üzerindeki etkisi

GKBA'nın özellikleri, elde edildiği atık betonun özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Buna ek olarak atık betonun özellikleri, GKBA'nın mekanik özelliklerini de etkilemektedir,[25]. Dolayısıyla atık betonun performansı, GKBA üretimi için önemlidir. GKBA'nın doğal agregaya göre düşük

performansta olması; agreganın yüksek su emme ve yüksek boşluk hacmine sahip olduğunu göstermektedir,[26].

Resim-1 Geri dönüşüm aşamaları,[27]

1a-Prekast atık betonlar



1b-Kırma



1c-Eleme



Resim-2 Atık beton,[28]

2a-Yıkım alanı



2b-Atık beton parçaları



Resim-3 GKBA,[29]

6a-(0-5 mm)



6b-(5-10 mm)



6c-(>10 mm)



Atık betonun dayanımı, GKBA'nın dayanımını etkilemektedir. GKBA'nın elde edildiği atık betonun dayanımı fazlaysa, agreganın aşınma kapasitesi düşük olmaktadır,[30]. GKBA'nın üretiminde; yüksek dayanımlı atık betondan gelen harç miktarı, düşük dayanımlı atık betondan daha fazla olmaktadır. Bu durum atık betonun kırılması sürecinde, atık betonun içindeki harç ile agrega arasındaki bağın etkisinden kaynaklanmaktadır,[31].

3.2. Kırılma aşamalarının GKBA üzerindeki etkisi

Bazı araştırmacılar GKBA üzerinde kırma süreçlerinin etkilerini çalışmışlardır. Bu süreçteki aşamalar GKBA'nın özelliklerini etkilemektedir. Geri dönüşüm işlemindeki aşamaların sayısının artmasıyla, GKBA üzerindeki yapışmış harçların, GKBA'daki boşluk ve çatlakların azaldığı görülmüştür,[32]. Atık betonların kırılmasında genellikle çeneli kırıcı, çarpma, konik kırıcı gibi üç tip boyut azaltma cihazı kullanılmaktadır. Atık beton, birinci aşamada çeneli kırıcı ve darbeli kırıcı kombinasyonu ile kırılmaktadır. İkinci ve üçüncü aşamadaki mekanik öğütme ekipmanları ile de GKBA üzerine yapışmış harçlar minimize edilmektedir,[33]. Yüksek performanslı GKBA elde etmek için çeneli kırıcı ve darbeli kırıcıdan oluşan iki aşamalı kırma tekniği kullanılması gerektiğini belirtmektedir,[34]. İstenilen granülometri eğiminde ve uygun şekillerde GKBA elde edilmesi için; 50 mm ye küçültmek için birincil kırıcı (genellikle çeneli kırıcı), parçaları 32 mm veya daha az ebatlara küçültmek için ikincil kırıcı (darbeli veya konik kırıcı) kullanılmaktadır,[35].

3.3. Yapışmış harçların GKBA üzerindeki etkisi

GKBA'nın içeriğinde agrega ve yapışmış harç bulunmaktadır (Resim-4),[36]. Atık beton kırıldığı zaman; atık betondan gelen harç parçaları taş yüzeylerine yapışarak GKBA oluşmaktadır. Yapışan harcın miktarı ve özellikleri, GKBA'nın performansı için belirleyici özelliktedir,[32]. Yapışan harçlar boşluklu yapıya sahip olduğundan dolayı; GKBA'nın yoğunluğunu, su emme kapasitesini, Los Angeles aşınma katsayısını, sülfat içeriğini etkilemektedir,[37]. GKBA hacminin içeriğinde %65-70 doğal iri agrega ile %30-35 eski çimento hamuru vardır,[38]. GKBA performansını artırmak amacıyla üzerindeki yapışmış harç parçalarını kaldırma metodları uygulanabilmektedir,[39]. Atık betonun farklı su/çimento oranlarında olması; yapışan harçların hacimsel oranlarında belirgin bir değişikliğe neden olmamaktadır. Bununla birlikte atık betonun basınç dayanımı arttıkça; yapışan harçların hacimsel oranları artmaktadır,[40].

Resim-4 GKBA örneği,[36]



3.4. Geri Kazanılmış Agregaların yoğunluğu/özgül ağırlığı

GKBA içeriğinde bulunan yapışmış harcın yoğunluğunun az olmasından dolayı; GKBA'nın yoğunluğu, doğal agregalara göre düşük olmaktadır,[32]. GKBA'nın yoğunluğu 2200-2400 kg/m³ arasında olmaktadır,[41].

3.5. Geri Kazanılmış Agregaların su emme kapasitesi ve boşluk oranı

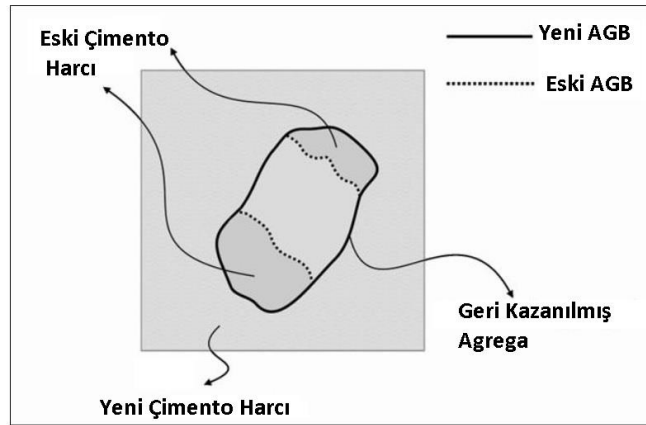
GKBA'nın, üzerine yapışmış harçlardan dolayı, doğal agregaya göre su emme kapasitesi ve boşluk oranı yüksektir,[31].Yapışmış harç miktarının artmasıyla, su emme kapasitesi ve boşluk oranında artmaktadır,[37]. Yapışmış harçların su emme kapasitesi yaklaşık olarak %17 olarak belirtilmektedir,[42]. Buna ek olarak iri-GKBA'nın su emme kapasitesi ve boşluk oranı, ince-GKBA'ya göre daha düşüktür. GKA nın su emme kapasitesi %3 ile %15 arasında olmaktadır,[43].

3.6. GKBA ile üretilen betonun performansı

GKBA ile üretilen beton, Geri Kazanılmış Agregalı Beton veya kısaca Geri Kazanılmış Beton olarak tanımlanabilmektedir. Beton içerisinde doğal agrega yerine GKBA kullanıldığında, GKBA ile ilgili birçok faktör beton tasarımını etkilemektedir. GKBA'nın doğal agregaya göre düşük olan performansı beton tasarımında dikkate alınmalıdır. Birçok araştırmada GKBA'nın performans düşüklüğünü gidermek için farklı metodlar uygulanmaktadır.

Geri Kazanılmış Beton (GKB) üretilirken; GKBA'nın su emme kapasitesi ve nem düzeyi dikkate alınmalıdır,[32]. GKB'la doğal agregalı beton tasarımı arasında fark olmamakla birlikte, GKB için gereken su miktarı betonun işlenebilirliği açısından düzeltilmelidir,[25]. GKBA'nın performansını düşüren yapışmış harçlar için de farklı yöntemler önerilmektedir. Bazı yöntemler agrega üzerindeki yapışmış harçların temizlenmesine yönelik olurken, bazıları ise agrega üzerindeki yapışmış harçların boşluklarının giderilerek dayanımının artırılmasını önermektedir,[39].

Beton içerisinde agrega ile çimento hamuru arasındaki katman yada bağ arayüzey geçiş bölgesi (AGB) olarak adlandırılmaktadır,(Şekil-5). Bu bağ betonun en zayıf noktası olduğundan dolayı; betonun mekanik performansını belirleyici özelliktedir,[44]. Harç ile agrega arasında bağın kuvveti arttıkça betonun sağlamlığı artmaktadır. GKB'nun mikro strüktür yapısı doğal agregalı betondan farklıdır. Bunun nedeni içerisinde iki çeşit AGB olmasıdır; birincisi GKBA ile yeni harç arasında bulunurken, ikincisi GKBA'ya ile üzerine yapışmış eski harç arasında bulunmaktadır. GKBA üretiminden kaynaklanan eski harç içerisinde birçok mikro çatlak ve boşluk bulunmaktadır. Bu GKBA'nın zayıf yanını oluşturmaktadır,[45]. Agreganın dayanımı direkt olarak betonun dayanımına etki etmektedir. GKB doğal agregayla yapılmış betondan daha zayıftır ve kırılma yüksek sağlamlıklı betonda olduğu gibi yeni AGB yerine eski AGB agrega yüzeylerinde olmaktadır.



Şekil-5 GKB içerisindeki AGB (arayüzey geçiş bölgesi) ,[46]

Birçok araştırma GKB'nun mekanik performansları açısından bina strüktürlerinde kullanılabilecek yeterlilikte olduğunu göstermektedir,(Resim-5)[47]. Bunun yanında, beton içerisinde doğal agrega yerine hangi oranda GKBA kullanılabileceği ve GKBA ile yapılan betonun dayanıklılığı üzerinde çalışmalar yapılmaya devam etmektedir. Çalışmaların gösterdiği beton içerisinde GKBA oranı arttıkça, betonun basınç dayanımı azalmaktadır. Genel olarak beton içerisinde doğal agrega yerine %100 oranında GKBA kullanıldığında betonun basınç dayanımının azaldığı görülmektedir.

Resim-5 GKB'nun üretilme süreci,[47]



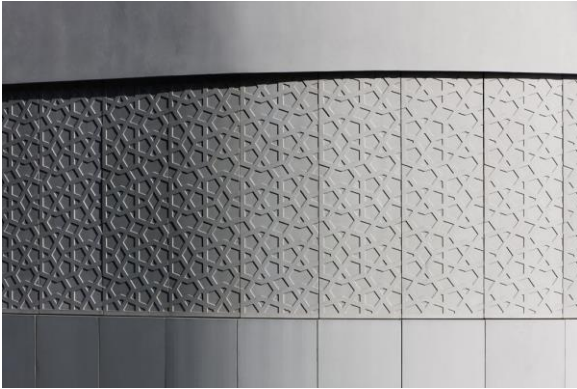
Beton içerisinde %100 oranında GKBA kullanımında; %100 normal agrega kullanılmış betona göre (aynı su/çimento oranını ve aynı çimento miktarını korumak şartıyla) betonun basınç dayanımının %20 ile %25 oranında azaldığı görülmektedir,[32]. Bununla birlikte beton içerisinde doğal agrega yerine %20 ile %30 oranında GKA kullanıldığında; doğal agrega kullanılan beton performansını göstermektedir. GKB'da %5-10 çimento miktarı artırıldığında ve su-çimento oranı %4-10 azaltıldığında, doğal agregalı beton ile aynı basınç dayanımına ulaşılmıştır,[32].

GKBA'nın yüksek su emme kapasitesinden dolayı GKB'nun dayanıklılığı azalmaktadır. GKB'nun dayanıklılık özellikleri, GKBA oranının artmasıyla da azalmaktadır,[48]. GKB'nun geçirirliği, yapışmış eski harçlardan dolayı standart betona göre daha yüksektir,[45].

Uçucu kül ve silis dumanının GKB içerisinde kullanımı ile betonun mekanik özelliklerinde çok az negatif etki olsada dayanıklılık özelliklerini geliştirmektedir. GKBA ile yapılan betonlarda uçucu kül kullanıldığında betonun geçirgenlik özelliği azalırken, işlenebilirliği artmaktadır. Silis dumanının çok küçük boyutta olması ve geniş yüzey alanına sahip olmasından dolayı betonun içerisine katıldığında betonun mikro strüktür yapısını geliştirmekte ve yoğun matriks oluşturmaktadır. Uçucu kül ve silis dumanının erken dayanım kazanılmasını azaltması ve su ihtiyacını artırması gibi negatif etkilerine rağmen çimento yerine kullanılan her iki mineral katkı beton için önemli ve yararlıdır,[25].

Belirtilen performans artırıcı yöntemlerle elde edilecek yüksek performanslı GKB; betonla veya betonun farklı malzemelerle birleştirilmesiyle üretilen prekast beton cephe ve çatı elemanlarında kullanılabilir.

Resim-6 Beton cephe kaplama elemanları,[49,50,51]



4.Sonuç

GKBA'nın doğal agregaya göre performans açısından dezavantajları bulunmakla birlikte, beton içerisinde doğal agregaya yerine %20-%30 arasında GKBA kullanıldığında betonun performansında azalma görülmemektedir. Betonda %100 GKBA kullanıldığında ise standart beton performansını yakalamak için farklı metodlarla önlemler alınması gerekmektedir. Bunlar GKBA üzerindeki eski harçların temizlenmesi veya boşluk/çatlakların giderilmesi, silis dumanı ve uçucu kül gibi mineral katkıları kullanılarak GKB'nun dayanıklılığının artırılması, su/çimento oranının azaltılması gibi metodlar olarak özetlenebilir. Farklı metodlarla veya beton içerisindeki kullanım oranının azaltılmasıyla, doğal agregayla üretilen beton performansına ulaşan GKB, inşaat süreçlerinde çevreye verilecek zararları önleme açısından bina çatı ve cephe elemanlarında kullanılması değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- 1- Poon, C.S., 2007. Reducing construction waste, *Waste Management*, Sayı 27, s. 1715-1716.
- 2- Fischer, C. and Werge, M., 2009. EU as a Recycling Society. European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production. Copenhagen K.
- 3- Tam, VWY., Tam, CM., 2007. Crushed aggregate production from centralized combined and individual waste sources in Hong Kong. *Construction and Building Materials*. Sayı 21, s. 879-886.
- 4- Final Report Task 2., 2011. Management of Construction and Demolition Waste. European Commission (DG ENV).
- 5- Townsend, T., Wilson, C., Beck, B., 2014. The Benefits of Construction and Demolition Materials Recycling in the United States. the Construction & Demolition Recycling Association. <http://www.cdrecycling.org>.
- 6- Kreislaufwirtschaft Bau (KWTB), 2015. Mineralische Bauabfälle Monitoring 2012. www.kreislaufwirtschaft-bau.de
- 7- Janssen, G.M.T., Ho, H.M., Put, J.A.L., 2013. Global Impact Assessment of Urban Renewal Based on Sustainable Recycling Strategies for Construction and Demolition Waste. Progress of Recycling in the Built Environment. Springer. s. 18-32.
- 8- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014. <http://www.csb.gov.tr/gm/altyapi/index.php?Sayfa=haber-detay&Id=13871>, 17.06.2014.
- 9- Huang, WL., Lin, DH., Chang, NB., Lin, KS., 2002. Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources Conservation and Recycling*. Sayı 37, s. 23-37.
- 10- Hayashi, H. and Katsumi, T., 1996. Generation and management of disaster waste. *Soils and Foundations*. s. 36, 349-358.
- 11- Tam, VWY., Tam, CM., Zeng, SX., Chan, KK., 2006. Environmental performance measurement indicators in construction. *Building and Environment*. Sayı 41, s. 164-173.
- 12- John, V. and Angulo, S., 2013. Sustainability and Recycling Construction Waste. Progress of Recycling in the Built Environment. Springer. s. 6-17.
- 13- Tam, VWY., Tam, CM., 2006. A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources Conservation and Recycling*. Sayı 47, s. 209-221.
- 14- Margarido, F., 2015. Environmental Impact and Life Cycle Evaluation of Materials. Materials for Construction and Civil Engineering. Switzerland. Springer.
- 15- Peng, CL., Scorpio, D.E., Kibert C.J., 1997. Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction Management and Economics*. Sayı 15, s. 49-58.
- 16- Klee, H., 2009. Report on the cement sustainability initiative, Recycling concrete. World Business Council for Sustainable Development. [http://www.wbcsd.org/Pages/EDocument/EDocument Details.aspx?ID=11133&NoSearchContextKey=true](http://www.wbcsd.org/Pages/EDocument/EDocument%20Details.aspx?ID=11133&NoSearchContextKey=true)
- 17- UEPG, 2015. <http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data/data-2015>
- 18- Tam, VWY., Tam, CM., 2006. Evaluations of existing waste recycling methods: A Hong Kong study. *Building and Environment*. Sayı 41, s. 1649-1660.
- 19- Vrijders, J. and Desmyter J., 2013. Recycling in Belgium. Progress of Recycling in the Built Environment. Springer. s. 37-42.
- 20- Bravo, M., de Brito, J., Pontes, J., Evangelista, L., 2015. Durability performance of concrete with recycled aggregates from construction and demolition waste plants. *Construction and Building Materials*. Sayı 77, s. 357-369.
- 21- Gonçalves, P. and Brito, J., 2010. Recycled aggregate concrete (RAC) comparative analysis of existing specifications. *Magazine of Concrete Research*. Sayı 62, s. 339-346.
- 22- RILEM TC 121-DRG., 1994. Recommendation: specification for concrete with recycled aggregates. *Materials and Structures*. Sayı 27, s. 557-559.
- 23- Martín-Morales, M., Zamorano, M., Valverde-Palacios, I., Cuenca-Moyano, G.M., Sánchez-Roldán, Z., 2013. Quality control of recycled aggregates (RAs) from construction and demolition waste (CDW). Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste. Woodhead. s. 119.
- 24- Evangelista L., de Brito J., 2007. Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Research*. Sayı 29, s. 397-401.

- 25- Ajdukiewicz, A., Kliszczewicz, A., 2002. Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. *Cement and Concrete Composites*. Sayı 24, s. 269-279.
- 26- Gonzalez, A., Etxeberria, M., 2014. Experimental analysis of properties of high performance recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*. Sayı 52, s. 227-235.
- 27- Salesa, A., Benedicto, J.A.P, Esteban, L.M., Vas, R.V., Carmona, M., 2017. Physico-mechanical properties of multi-recycled self compacting concrete prepared with precast concrete rejects. *Construction and Building Materials*. Sayı 153, s. 364-373.
- 28- Li, L.G, Lin, C.J, Chan, G.M., Kwan, A.K.H., Jiang, T., 2017. Effects of packing on compressive behaviour of recycled aggregate concrete *Construction and Building Materials*. Sayı 157, s. 757-777.
- 29- Zhu, L., Dai, J., Bai, G., Zhang, F., 2015. Study on thermal properties of recycled aggregate concrete and recycled concrete blocks *Construction and Building Materials*. Sayı 94, s. 620-628.
- 30- Tabsh, S., Abdelfatah, A.S., 2009. Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete. *Construction and Building Materials*. Sayı 23, s. 1163-1167.
- 31- Padmini, A.K., Ramamurthy, K., Mathews, M.S., 2009. Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*. Sayı 23, s. 829-836.
- 32- Etxeberria, M., Vazquez, E., Mari, A., Barra, M., 2007. Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete. . *Cement and Concrete Research*. Sayı 37, s. 735-742.
- 33- Nagataki, S., Gokce, A., Saeki, T., Hisada, M., 2004. Assessment of recycling process induced damage sensitivity of recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Research*. Sayı 25, s. 965-971.
- 34- Li, J., Xiao, H., Zhou, Y., 2009. Influence of coating recycled aggregate surface with pozzolanic powder on properties of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*. Sayı 23, s. 1287-1291.
- 35- WRAP, 2007. Performance Related Approach to Use of Recycled Aggregates. Waste and Resources Action Programme. Oxon. <http://www.wrap.org.uk>
- 36- Manzi S., Mazzotti C., Bignazzi M.C., 2017. Self-compacting concrete with recycled concrete aggregate: study of the long-term properties. *Construction and Building Materials*. Sayı 157, s. 582-590.
- 37- De Juan, M.S., Gutierrez, P.A., 2009. Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*. Sayı 23, s. 872-877.
- 38- Poon, C.S., Shui, Z.H., Lam, L., 2004. Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates. *Construction and Building Materials*. Sayı 18, s. 461-468.
- 39- Shi, C., Li, Y., Zhang, J., Li, W., Chang, L., Xie, Z., 2016. Performance enhancement of recycled concrete aggregate – A review. *Journal of Cleaner Production*. Sayı 112, s. 466-472.
- 40- Hasaba, S., Kawamura, M., Torik, K., Takemoto, K., 1981. Drying shrinkage and durability of the concrete made of recycled concrete aggregate. *Transactions of the Japan Concrete Institute*. Sayı 3, s. 55-60.
- 41- Poon, CS., Shui, ZH., Lam, L., 2004. Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates. *Construction and Building Materials*. Sayı 18, s. 461-468.
- 42- Hansen, T.C., Narud, H., 1983. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. *Concrete International-Design and Construction*. Sayı 5, 79-83. s. 116
- 43- Katz, A., 2003. Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. *Cement and Concrete Research*. Sayı 33, s. 703-711. 117
- 44- Etxeberria, M., Vazquez, E., Mari, A., 2006. Microstructure analysis of hardened recycled aggregate concrete. *Magazine of Concrete Research*. Sayı 58, s. 683-690. 114
- 45- Otsuki, N., Miyazato, S., Yodsudjai, W., 2003. Influence of recycled aggregate on interfacial transition zone, strength, chloride penetration and carbonation of concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. Sayı 15, s. 443-451. 120
- 46- Algin, Z., 2015. Properties of Self-Compacting Concretes Prepared with Recycled Aggregate. Doktora Tezi. Gaziantep Üniversitesi, Türkiye.
- 47- Yoda K., Shintani A., 2014. Building application of recycled aggregate concrete for upper-ground structural elements. *Construction and Building Materials*. Sayı 67, s. 379-385.
- 48- Tam, VWY., Gao, XF., Tam, CM., 2005. Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach. *Cement and Concrete Research*. Sayı 35, s. 1195-1203.

- 49- Panels with Ankerdots by IVANKA, 2018. <https://www.architonic.com/en/product/ivanka-panels-with-ankerdots/1320227>
- 50- Concrete wall cladding panel/indoor/outdoor, 2018. <http://www.archiexpo.com/prod/ivanka/product-89100-1778624.html>
- 51- Panels, 2018. <http://www.archello.com/product/panels>

LONDRA 2012 OLİMPİYATLARI ULUSLARARASI YAYIN MERKEZİ ÇATISINDA YAĞMUR DARBE SESİ YALITIMI

Konca Şaher¹

Konu Başlık No: Çatı sistemlerinde yağmur darbe sesi yalıtımı

TÜRKÇE ÖZET

Bu makale Londra 2012 Olimpiyat Köyü'ndeki Uluslararası Yayın Merkezi stüdyolarında yağmur sesi gürültüsüne karşı uygun çatı konstrüksiyonunun seçilmesi sürecini irdelemektedir. Olası yağmur kaynaklı gürültü rahatsızlığına karşı mevcut metal çatının performansını geliştirmek ve iç mekanda belirlenmiş LAeq performans standartlarını karşılamak için, mevcut çatı konstrüksiyonunun üzerine çıkıntılı polietilen membran ve jeotekstil filtreden oluşan ek bir katmanın döşenmesi önerildi. Çeşitli kalınlıklarda çıkıntılı polietilen membran ve jeotekstil filtre kombinasyonlarından oluşan dört farklı ek çatı katmanı önerisi yapıldı. Önerilen sistemlerin testleri Sound Research Laboratories (SRL), Suffolk, Sudbury'de gerçekleştirildi ve ölçülen çatı sistemlerinin yağmur kaynaklı darbe ses iletimi belirlendi. Dört farklı tip çatı sisteminde yapay olarak yaratılan şiddetli yağışın neden olduğu ses seviyeleri ölçüldü ve farklı sistemlerin performansları karşılaştırıldı ve bunun sonucunda en uygun çatı konstrüksiyonu seçildi.

ANAHTAR KELİMELER

Lonra 2012, çatı ses yalıtımı, yağmur darbe sesi, uluslararası yayın merkezi

ABSTRACT

This article focuses on selection of the appropriate roof construction against rain impact noise for the International Broadcasting Centre (IBC) studios in London 2012 Olympic Village. To improve the existing tin roof build-up against potential rain noise intrusion and to be able to meet LAeq performance standards, it was proposed to install an additional layer formed from a cusate and geotextile filter on top of the existing roof construction. Four different additional layer of roof build-ups with various cusate thicknesses and geotextile filter were proposed. Tests were conducted in Sound Research Laboratories (SRL) at Sudbury, Suffolk, to determine the Rain Generated Impact Sound Transmission of these build-ups. The measurements of the sound intensity levels caused by artificial heavy rainfall on four types of roof build-ups allowed performance comparison of products and estimation of the sound pressure levels in the room due to rainfall on the roof, thereby the most suitable roof construction was chosen.

KEYWORDS

London 2012, international broadcasting centre, rain impact noise, rain noise insulation

¹ Konca Şaher, Kadir Has Üniversitesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Kadir Has Caddesi Cıbalı / İSTANBUL 34083, konca.saher@khas.edu.tr

1. GİRİŞ

Bu makale Londra 2012 Olimpiyat Park'ındaki Uluslararası Yayın Merkezi çatısında yağmur sesi gürültüsüne karşı uygun çatı konstrüksiyonunun seçilmesi sürecini irdelemektedir. 275 metre uzunluğunda, 50 m genişliğinde ve 30 m yüksekliğindeki bina oyunlar sırasında 20.000'den fazla medya mensubu, fotoğrafçı, televizyoncu ve gazeteciye ev sahipliği yaparak medya etkililiğinin merkezi olmak üzere tasarlanmış 4500 tonluk çelikten oluşan karkas bir yapıdır. Olimpiyat Park'ındaki en büyük taban alanına sahip bu yapı için astar profili üzerine serilmiş saclardan oluşan bir düz metal çatı sistemi tasarlanmıştır ve tasarlanan sistemin inşaatı 2012 yılının başlarında tamamlanmıştır. Düz çatı sistemlerinin diğer çatı sistemlerine göre maliyet, kolay uygulama ve tasarımda esneklik gibi avantajları bulunmaktadır. Ancak düz metal çatı sistemlerinin kullanıldığı yapılarda özellikle de ses yalıtımının ekstra önem arzettiği yayın stüdyolarının bulunduğu bir mekanda yağmur kaynaklı darbe sesi iletim değerleri tasarımın en başından itibaren hesaba katılmalıdır. Böylece mekanda kabul edilebilir iç mekan gürültü seviyesi değerlerinin aşılmaması sağlanmış olur.

Bu çalışmanın yapıldığı 2012 yılında yayın stüdyoları için yağmur kaynaklı darbe sesi iletim sınır değerleri ile ilgili herhangi bir düzenleme ya da performans değeri bulunmamaktaydı. Bu durumda yağmur kaynaklı darbe sesi iletimi de hesaba katıldığında yayın stüdyoları için Olimpik Yayın Hizmetleri kuruluşunun yayın stüdyoları için öngörmüş olduğu iç mekan gürültü ses seviyesi değeri olan 35 dBA (LAeq) performans kriteri olarak ele alınmıştır.

Bu makalede öncelikle varolan durumdaki düz metal çatının yağmur kaynaklı darbe sesi iletiminin mevcut stüdyolarda iç ortam gürültü seviyelerini nasıl etkilediğini anlamak üzere yapılan gürültü izleme sonuçları değerlendirilmektedir. Gürültü izleme sonuçları varolan düz metal çatının Olimpik Yayın Hizmetleri tarafından belirlenmiş olan 35 dBA (LAeq), iç mekan gürültü ses seviyesi değerini sağlayamadığını ortaya koymuştur. Bu nedenle mevcut metal çatı üzerine çıkıntılı polietilen membran ve jeotekstil filtreden oluşan ek bir katmanın döşenmesi önerilmiş ve dört farklı ek katman önerisi detaylandırılmıştır. Önerilen sistemlerin testleri Sound Research Laboratories (SRL), Suffolk, Sudbury'de gerçekleştirildi ve ölçülen çatı sistemlerinin yağmur kaynaklı darbe sesi iletimi belirlendi. Dört farklı tip çatı sisteminde yapay olarak yaratılan yoğun yağışın neden olduğu ses seviyeleri ölçüldü, farklı sistemlerin performansları karşılaştırıldı ve çatıdaki yağış nedeniyle mekanın içinde oluşacak iç ortam gürültü seviyesi değerleri hesaplandı ve bunun sonucunda en uygun çatı konstrüksiyonu ile ilgili değerlendirmeler yapıldı.

2. YAĞMUR GÜRÜLTÜSÜ İZLEME

Bu çalışmanın yapıldığı 2012 yılında yayın stüdyoları için yağmur kaynaklı darbe sesi iletim sınır değerleri ile ilgili herhangi bir performans kriteri bulunmamaktaydı. Ancak Olimpik Yayın Hizmetleri kuruluşu yayın stüdyoları için iç mekan gürültü ses seviyesi değeri olarak 35 dBA (LAeq) öngörmektedir. Bu durumda öncelikle yağış sırasında yağmur darbe sesinin mevcut metal çatı koşulları için stüdyolarda iç mekan ses seviyesini nasıl etkilediğini belirlemek üzere Uluslararası Yayın Merkezi binasının içinde yağmur gürültüsü izleme kayıtları yapılmıştır. Özellikle de şiddetli veya yoğun yağış durumundaki iç ortam gürültü seviyelerinin belirlenmesi önerilecek çatı katmanları için gerekli olacak ses azaltım değerlerinin saptanmasında rol oynayacaktır.

Uluslararası Yayın Merkezi'nde çok fazla hareketliliğin olmadığı tipik bir stüdyo mekanında 18 Kasım 2011 Cuma ve 21 Aralık 2011 Çarşamba arasında beş haftalık bir sürede 24 saat boyunca sürekli gürültü izleme gerçekleştirildi. Ölçümler, 5 dakikalık bir süre boyunca gürültüyü kaydeden bir ses düzeyi ölçüm cihazı (Norsonic 140) kullanılarak serbest saha koşullarında alındı. Gürültü ölçüm cihazı ölçümlerden önce bir akustik kalibratör (Norsonic 1251) kullanılarak kalibre edildi. Kalibrasyonda belirgin bir kayma gözlenmedi. Ölçülen iç ortam gürültü seviyeleri (LAeq), ölçülen

gürültü seviyelerini yağmur yağdığı zamanlarla ilişkilendirmek için yakınlardaki bir hava izleme istasyonundan elde edilen yağış verileri ile karşılaştırıldı. Ölçüm verilerinin mekan içindeki kullanıcı kaynaklı aktivitelerden etkilenmediğinden emin olmak için, mekanın tamamen boş olduğu gece boyunca kaydedilen gürültü seviyeleri, stüdyoda yağmurdan kaynaklanan darbe ses iletimini değerlendirmek için temel olarak kullanılmıştır.

Gürültü izleme sonuçları ölçümlerin yapıldığı takriben beş haftalık süre içinde yağmur yağmadığı zamanlarda gece zaman dilimi için (23:00-07:00 saatleri arası) stüdyoda iç ortam gürültü seviyesi değerlerinin 25 dBA ila 33 dBA arasında olduğunu göstermektedir. Hafif yağışlı dönemlerde (0.5mm / saat) iç ortam gürültü seviyeleri yaklaşık 3 dB artarken yoğun yağış (4.8mm / saat) sırasında 20 dB artmakta ve iç ortam gürültü seviyesi yaklaşık 50 dBA olmaktadır. Ölçülen gürültü seviyelerindeki zirvelerin yağış oranındaki zirveye karşılık geldiği gözlemlenmiştir. Yağmur gürültüsü izleme sonuçları en şiddetli yağışa bağlı olarak iç ortam gürültü seviyelerinin, Olimpik Yayın Hizmetleri tarafından belirlenmiş olan iç ortam gürültü seviyesi kriterlerinin 15 dBA üstünde olduğunu göstermektedir ve bu da yayın stüdyosu için kabul edilemez bir iç ortam gürültü seviyesi değeridir. Bu nedenle, çatı performansını iyileştirmek için, mevcut çatı üstüne doğrudan uygulanacak dört tip çatı katmanı konstrüksiyonu önerilmiştir.

3. ÖNERİLEN ÇATI KONSTRÜKSİYONLARI

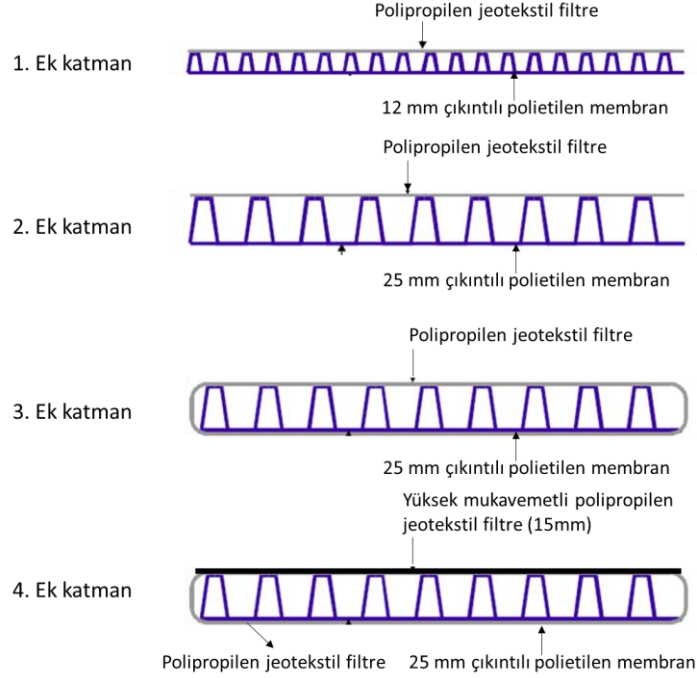
Uluslararası Yayın Merkezi binasındaki mevcut çatı, astar profili üzerine serilmiş saclardan oluşan bir düz metal çatı sistemi olup profil ile üst katmandaki sac arasında da taşıyıcı ile yalıtım sağlanmıştır. Mevcut çatı sisteminin akustik performansı ile ilgili veriler üretici firma tarafından sağlanmıştır. (Tablo 1) Mevcut çatı için ağırlıklandırılmış ses azaltım indeksi 44 dB Rw'dir.

Tablo 1. Üretici tarafından tedarik edilen mevcut çatı için ses azaltım değerlerinin frekans dağılımı

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mevcut çatı konstrüksiyonu	14	19	36	45	48	55	59	55

Yağmur sesine karşı mevcut çatı sisteminin sağladığı gürültü azaltım indeksini arttırmak ve böylece stüdyolarda tavsiye edilen 35 dBA iç ortam gürültü seviyesinin elde edilmesini sağlamak için mevcut çatı konstrüksiyonunun üzerine çıkıntılı polietilen membran ve jeotekstil filtreden oluşan ek bir katmanın döşenmesi önerildi. Bu ek katman için çeşitli kalınlıklarda çıkıntılı polietilen membran ve jeotekstil filtre kombinasyonlarından oluşan, aşağıda detaylıca açıklanan ve Şekil 1'de de gösterilen dört farklı ek katman önerisi geliştirildi:

- **1 numaralı ek katman:** 12 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran ve üzerinde de polipropilen jeotekstil filtre.
- **2 numaralı ek katman:** 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran ve üzerinde de polipropilen jeotekstil filtre.
- **3 numaralı ek katman:** 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran, etrafı tamamen polipropilen jeotekstil filtre tarafından sarılmış.
- **4 numaralı ek katman:** 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran, etrafı tamamen polipropilen jeotekstil filtre tarafından sarılmış ve üstüne 15 mm yüksek performanslı, yüksek mukavemetli propilen elyaftan üretilen dokumasız yüksek performanslı jeotekstil filtre.



Şekil 1. Çatı için önerilen ek katmanlar

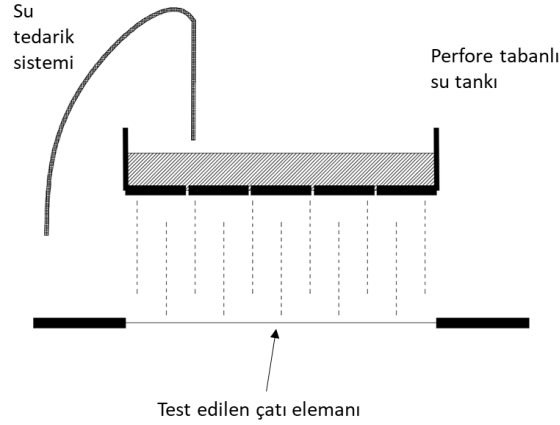
4. YAĞMUR DARBE SESİ ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRME

Önerilen çatı konstrüksiyonları için yağmur darbe iletimi ölçümleri 2 Nisan 2012 Pazartesi günü Sound Research Laboratories (SRL), Suffolk, Sudbury'de gerçekleştirildi. Bir çatı elemanı tarafından iletilen yağmur darbe gürültüsünün ölçümü, ses şiddeti seviyesi (LI) değeri olarak 10-12 W / m² lik ses basınç seviyesine referansla dB cinsinden ölçülür. Bu değerler bir ses şiddeti probu kullanılarak çatı elemanının altında ölçülür. Her bir önerilen konstrüksiyonun ses şiddeti ölçümü, BS EN ISO 15186-1: 2003 [1] ve ISO / CD 140-18 (ISO TC3 / SC2 N 0751, 13-01-2004 tarihli) [2] standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Yağmur darbe sesi iletimi ile ilgili standartlarda şiddetli ve yoğun olmak üzere iki tür yapay yağış türü tanımlanmıştır. (Tablo 2). Bu makaleye konu olan ölçümlerde olabilecek en kötü durum için önlem alabilmek hedefiyle ölçümler yoğun yağış seviyesi baz alınarak yapılmıştır. Yağmur gürültüsü izleme döneminde yağış oranının genellikle 2 mm / saat yoğunlukta olduğu ve ölçülen en yüksek oranın da 4.8mm / saat olduğu gözlemlenmiştir. Şiddetli yağışlar (15 mm / saatlik bir yağış oranı) değerlendirilirken 2 yıllık, yoğun yağışlar (40 mm / saatlik bir yağış oranı) değerlendirilirken ise 50 yıllık bir yinleme dönemi baz alınmaktadır. Bu durumda burada yapılan yağmur darbe iletimi ölçümlerinin olabilecek en kötü durum olasılığı dikkate alınarak yapılmış olduğunu vurgulamak gerekmektedir.

Tablo 2. Standartlarda belirlenmiş yapay yağış ile ilgili parametreler [2].

Yağış tipi	Yağış oranı (mm / saat)	Ortalama damla çapı (mm)
Şiddetli	15	2
Yoğun	40	5

Yağmur darbe sesi iletimi testi için, SRL Laboratuvarlarında bu ölçümler için kullanılmakta olan ve içerideki çınlama süresi yüksek olan bir yapının çatısına test edilmek istenilen konstrüksiyonlar yerleştirildi. Perfore tabana sahip bir su tankı ve su tedarik sisteminden oluşan yapay yağmur yağdırıcı test edilen çatı konstrüksiyonu üzerinde standartta belirtilmiş olan yoğun yağış etkisini gerçekleştirdi. Aşağıda Şekil 2'de ölçümler sırasındaki kurulumun şematik bir gösterimi yapılmıştır. Yağış sırasında yapının içinde bir ses şiddeti probu kullanılarak ses şiddeti seviyesi (LI, dB) değerleri ölçülmüştür.



Şekil 2. Yağmur darbe sesi iletimi ölçümlerinde kullanılan kurulumun şematik gösterimi

Yağmur darbe sesi iletim ölçümleri önerilen dört tip çatı konstrüksiyonu için ayrı ayrı yoğun yağış koşulları için yapılmıştır. Aşağıda Tablo 3'te yapılan ölçümler kodlanarak, ölçüm yapılan ek çatı katmanları detaylıca açıklanmıştır. Bu testlerin yapıldığı SRL laboratuvarlarının yağmur testlerinde kullanılan binasının üzerinde metal bir çatı bulunmaktadır. Bu çatının Uluslararası Yayın Merkezi çatısının aynısı olmadığı burada belirtilmelidir. Bununla birlikte, baz bir çatı üzerindeki farklı ek katmanların ölçüm değerleriyle göreceli olarak her bir konstrüksiyonun baz çatıya göre sağladığı iyileştirme oranı hesaplanabilmektedir.

Tablo 3. Ölçüm kodları ve konstrüksiyon detayları

Ölçüm kodu	Tanımlama	Konstrüksiyon detayı
1	Baz çatı	Metal çatı
2	Baz çatı+1 numaralı ek katman	Baz çatı + 12 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran ve üzerinde de polipropilen jeotekstil filtre.
3	Baz çatı+2 numaralı ek katman	Baz çatı + 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran ve üzerinde de polipropilen jeotekstil filtre.
4	Baz çatı+3 numaralı ek katman	Baz çatı + 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran, etrafı tamamen polipropilen jeotekstil filtre tarafından sarılmış.
5	Baz çatı+4 numaralı ek katman	Baz çatı + 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran, etrafı tamamen polipropilen jeotekstil filtre tarafından sarılmış ve üstüne 15 mm yüksek performanslı, yüksek mukavemetli propilen elyaftan üretilen dokumasız yüksek performanslı jeotekstil filtre.

Öncelikle laboratuvarın baz çatısı daha sonra da önerilen dört farklı konstrüksiyonun darbe ses iletim değerleri ölçülmüş ve ses şiddeti seviyeleri belirlenmiştir. Her bir konstrüksiyon için ölçüm sonuçları ve frekans bazında dağılımları aşağıda Tablo 4'te gösterilmiştir. Baz çatının darbe ses iletimi değeri 74 dBA ağırlıklandırılmış ses şiddeti seviyesi olarak ölçülmüştür. Daha sonra 2, 3 ve 4 numaralı ölçümlerdeki çatı konstrüksiyonlarının iletimlerinin ağırlıklandırılmış ses şiddet seviyeleri 55-57 dBA aralığında ölçülmüştür. Bu da 2, 3 ve 4 numaralı ölçümlerin sonuçlarının anlamlı bir farklılık göstermediği şeklinde yorumlanabilir. Ağırlıklandırılmış ses şiddeti değerlerinin baz çatıya göre kaydettiği iyileştirme miktarı 17-19 dB aralığındadır. 5 numaralı ölçümdeki çatı konstrüksiyonunun darbe iletimi ağırlıklandırılmış ses şiddeti seviyesi ise 44 dBA olarak ölçülmüştür. Bu da takriben baz çatıya göre 30 dB'lik bir iyileşme değerine denk gelmektedir. Sonuçların ayrıntılı frekans analizi, tüm çatı konstrüksiyonları için yüksek frekanslardaki ses şiddeti seviyelerindeki iyileşmeye kıyasla düşük frekanslardaki iyileşmenin (300-400 Hz'in altında) az olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte,

5 numaralı ölçümdeki çatı konstrüksiyonu, düşük frekans aralığında da yüksek bir değer olarak kabul edilebilecek yaklaşık 10 dB'lik bir iyileşme sağlamaktadır.

Ölçümlerden sonra her bir çatı konstrüksiyonu için baz çatıya oranla frekans bazında ses şiddeti seviyelerinin iyileşme oranları hesaplandı. (Tablo 5) Bu hesaplanan oranlar Uluslararası Yayın Merkezi stüdyolarında her bir önerilen çatı konstrüksiyonu için iç ortam gürültü seviyesi değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Yağmur gürültüsü izleme sırasında stüdyo içindeki ölçülen en yüksek gürültü seviyesi 11.12.2011 tarihinde saatte 4.8mm yağış şiddeti için 49.8 dBA olarak ölçülmüştür. Bu iç ortam gürültü seviyesi taban değeri olarak kullanılmış ve her bir önerilen çatı konstrüksiyonu için bu taban değerinin üzerine iyileşme oranları eklenmiştir. Önerilen çatı konstrüksiyonlarına bağlı olarak hesaplanan stüdyolardaki olası iç ortam gürültü değerleri Tablo5'te gösterilmektedir. Sonuçlar, 2, 3 ve 4 numaralı ölçümlerdeki çatı konstrüksiyonları için hesaplanan iç ortam gürültü seviyelerinin 36-37 dBA civarında olduğunu göstermektedir. Bu değerler, Olimpik Yayın Hizmetleri kuruluşunun stüdyolar için tavsiye ettiği 35 dBA'nin az farkla üzerindedir. 5 numaralı ölçümdeki çatı konstrüksiyonu için ise hesaplanan iç ortam gürültü seviyesi değeri yaklaşık 27 dBA olmaktadır. Bu değer ise en yoğun yağış koşulları altında bile istenilen iç ortam gürültü seviyesi değerlerinin sağlanabileceğini göstermektedir.

Tablo 4. Önerilen farklı çatı konstrüksiyonları için ölçülen ses şiddeti seviyeleri (L_{IA}, dBA).

Ölçüm kodu	Tanımlama	Frekans							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	L _{IA}
1	Baz çatı	53.5	59.5	63.8	65.9	67.2	70.3	67.9	74.7
2	Baz çatı+1 numaralı ek katman	50.4	52.4	58.2	56.6	51.0	49.0	41.6	57.5
3	Baz çatı+2 numaralı ek katman	49.5	52.2	58.9	55.7	50.8	46.1	37.2	56.7
4	Baz çatı+3 numaralı ek katman	49.1	52.5	58.5	55.4	49.1	40.3	29.6	55.6
5	Baz çatı+4 numaralı ek katman	42.9	48.5	49.8	41.3	36.8	29.3	19.8	44.4

Tablo 5. İç mekan gürültü seviyelerinin hesaplanması.

Ses şiddeti seviyelerinin baz çatıya göre farkları (L _I , dB)									
Ölçüm Kodu	Tanımlama	Frekans Dağılımı							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	
2	Baz çatı+1 numaralı ek katman	3.1	7.1	5.6	9.3	16.2	21.3	26.3	
3	Baz çatı+2 numaralı ek katman	4.0	7.3	4.9	10.2	16.4	24.2	30.7	
4	Baz çatı+3 numaralı ek katman	4.4	7.0	5.3	10.5	18.1	30.0	38.3	
5	Baz çatı+4 numaralı ek katman	10.6	11.0	14.0	24.6	30.4	41.0	48.1	
İç mekan gürültü seviyeleri (L _{Aeq} , dBA)									
Ölçüm kodu	Tanımlama	Frekans Dağılımı							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	L _{Aeq}
	Ölçülmüş en yüksek yağmur gürültüsü	51.6	50.9	45.9	45.5	45.8	40.5	41.5	49.8
2	Baz çatı+1 numaralı ek katman	48.5	43.8	40.3	36.2	29.6	19.2	15.2	37.2
3	Baz çatı+2 numaralı ek katman	47.6	43.6	41.0	35.3	29.4	16.3	10.8	37.0
4	Baz çatı+3 numaralı ek katman	47.2	43.9	40.6	35.0	27.7	10.5	3.2	36.5
5	Baz çatı+4 numaralı ek katman	41.0	39.9	31.9	20.9	15.4	-0.5	-6.6	27.6

Ölçüm sonuçlarına göre çatı için en kötü durum senaryosu olan yoğun yağış durumu gözönüne alınırsa 5 numaralı ölçümdeki çatı konstrüksiyonu önerilmiştir. Ancak 2, 3 ve 4 numaralı ölçümlerdeki çatı konstrüksiyonları istenilen 35 dBA iç ortam gürültü değerinin sadece 1-2 dBA üzerinde bir performans göstermektedir. Stüdyolarda çatıya ek olarak ayrıca bir asma tavan uygulaması yapılması ve işin maliyet boyutu da gözönüne alınırsa 2, 3 veya 4 numaralı ölçümlerdeki konstrüksiyonların performans değerinin artacağı ve Olimpik Yayın Hizmetleri kuruluşunun belirlediği sınır değerleri sağlayabileceği öngörülmüştür. Müşteri gerekçeleriyle açıklanan bu sonuçları değerlendirmiş ancak hangi çatı konstrüksiyonunu seçtiğini belirtmemiştir.

5. SONUÇ

Bu makalede Londra 2012 Olimpiyat Köyü'ndeki Uluslararası Yayın Merkezi stüdyolarında olası yağmur sesi gürültüsüne karşı uygun çatı konstrüksiyonunun belirlenme süreci irdelenmiştir. Olası yağmur kaynaklı gürültü rahatsızlığına karşı mevcut metal çatının performansını geliştirmek ve iç mekanda belirlenmiş LAeq performans standartlarını karşılamak için, mevcut çatı konstrüksiyonunun üzerine çeşitli kalınlıklarda çıkıntılı polietilen membran ve jeotekstil filtre kombinasyonlarından oluşan dört farklı ek çatı katmanı önerildi. Önerilen sistemlerin testleri Sound Research Laboratories (SRL), Suffolk, Sudbury'de gerçekleştirildi ve ölçülen çatı sistemlerinin yağmur kaynaklı darbe ses iletimi belirlendi. Dört farklı tip çatı sisteminde yapay olarak yaratılan yoğun yağışın neden olduğu ses şiddeti seviyeleri ölçüldü ve değerler stüdyolarda farklı sistemlerde elde edilecek iç ortam gürültü seviyelerinin hesaplanmasında kullanıldı. Böylece dört farklı çatı katmanının ve kullanılan malzemelerin performansları karşılaştırıldı.

Sonuçlar yoğun yağış koşulları altında önerilen ilk üç ek katmanın Olimpik Yayın Hizmetleri kuruluşunun stüdyolar için tavsiye ettiği 35 dBA iç ortam gürültü seviyesi değerinin az farkla üzerinde olduğunu göstermektedir. Olimpik Yayın Hizmetlerinin belirlediği değerin altında performans gösteren tek sistem ise önerilen 4. ek katman olup bu sistem etrafı tamamen polipropilen jeotekstil filtre tarafından sarılmış 25 mm'lik çıkıntılı yüksek yoğunluklu polietilen membran ve üstünde de 15 mm yüksek performanslı, yüksek mukavemetli propilen elyaftan üretilen dokumasız yüksek performanslı jeotekstil filtreden oluşmaktadır. Sonuçlar bu sistemin olabilecek en kötü durum senaryosu için dahi stüdyolarda belirlenmiş olan iç ortam gürültü seviyesi değerlerini karşılayabileceğini ortaya koymuştur. Ancak 2, 3 ve 4 numaralı ölçümlerdeki çatı konstrüksiyonları istenilen 35 dBA iç ortam gürültü değerinin sadece 1-2 dBA üzerinde bir performans göstermektedir. Stüdyolarda çatıya ek olarak ayrıca bir asma tavan uygulaması yapılacağı ve işin maliyet boyutu da düşünülürse 2, 3 veya 4 numaralı ölçümlerdeki konstrüksiyonların performans değerinin artacağı ve Olimpik Yayın Hizmetleri kuruluşunun belirlediği sınır değerleri sağlayabileceği öngörülmüştür. Müşteri sonuçları değerlendirmiş ancak hangi çatı konstrüksiyonunu seçtiğini belirtmemiştir. Ancak Londra 2012 Olimpik ve Paralimpik Oyunları sırasında Uluslararası Yayın Merkezi stüdyolarında yağmur sesi yağmur darbe gürültüsünden kaynaklanan herhangi bir problem yaşanmadığı da gözlemlenmiştir.

REFERANSLAR

- [1] BS EN ISO 15186-1:2003 Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity. Laboratory measurements.
- [2] International Standards Organization. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 18: Laboratory measurement of sound generated by rainfall on building elements. International Standard ISO/CD 140-18 (ISO TC43/SC2 N 0751 13 January 2004).

CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON PANELLERİN DIŞ CEPHELERDE KULLANIMI

Nuray Benli Yıldız¹
Hakan Arslan²

Konu Başlık No:

ÖZET

Şehirlerimizi oluşturan binaların cepheleri, binaları hava ve su gibi fiziksel etkileşimlerden korurken aynı zamanda estetik anlamda da binaya prestij katarlar. Binaların iç tasarımları sadece kullanıcıları tarafından bilinmekteyken, cepheleri kenti kullanan herkes tarafından algılanmaktadır. Cephe tasarımları özellikle mimarlar açısından çok önem taşımaktadır. Mimarlar, farklı bina cephe tasarımlarıyla binalarının kent içinde fark edilebilir olmasını sağlamayı amaçlarlar.

Bu bağlamda farklı renk, desen, doku ve eğrilik (tek, çift ve serbest) imkanları tanıyan cam elyaf takviyeli beton cephe kaplamaları, bu talepleri büyük ölçüde karşılayabilmektedir. Pek çok ünlü mimar ya da tasarımcının tercih ettiği paneller kullanım ömrü, darbe dayanımı, üretim kalitesi ve üretim hızıyla da ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada cam elyaf takviyeli betonların kullanım alanları, sağladığı biçimsel imkanlar, avantaj ve dezavantajları incelenecektir.

ANAHTAR KELİMELER

Cam elyaf takviyeli beton, GFRC panellerle dış cephe tasarımı

ABSTRACT

The facades of the buildings that make up our cities protect the buildings from physical interactions like air and water, while at the same time they add prestige to the building an aesthetic sense.

Although the interior designs of the buildings are known only by the users, facades are perceived by everyone who uses the city of the city. Architects aim to ensure that their buildings are recognizable in the city, with different building facade designs.

In this context, glass fiber reinforced concrete facade coatings, which allow for different colours, patterns, textures and curvatures (single, double and free) possibilities, can meet these demands. Panels preferred by many renowned architects or designers also come to the forefront with their lifetime, impact resistance, production quality and production speed.

In this study, the usage areas, advantages, the formal possibilities, advantages and disadvantages of glass fiber reinforced concrete will be examined.

KEYWORDS

Glass Fiber Reinforced Concrete panel (GFRC), facade design with GFRC panels

¹ Dr. Nuray Benli Yıldız, Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksek Okulu, 0 380 5442811/7806
nuraybenli@duzce.edu.tr

² Doç. Dr. Hakan Arslan, Düzce Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, 0 380 5421297
hakanarslan@duzce.edu.tr

BETON ESASLI PREKAST PANELLER

Prekast ön imalat, prekast beton ise ön imalatlı beton anlamına gelmektedir. Prestak beton, beton bileşenlerinin fabrikada kalıba dökülerek şekil verilmesi ve üretilen ürünlerin şantiyede yapıya monte edilmesiyle elde edilen yapı ürünleridir [1]. Beton veya betonarme katmandan oluşan ve inşaat alanına hazır olarak getirilen cephe elemanları ise “Beton esaslı prekast cephe panelleri” olarak isimlendirilmektedir. Bu cephe elemanlarına çoğunlukla yalıtım tabakası eklenerek, ısı yalıtımlı cephe panelleri oluşturulmaktadır. Bu beton paneller, binaların dış çeperinde kabuk olarak binayı dışarıdan gelen etkilerden korurlar ve ön üretim sonrası yerine montaj edilmesi nedeniyle hem zamandan hem de işçilikten kazanım sağlarlar. Beton esaslı prekast cephe panelleri aynı zamanda “mimari prekast beton (architectural precast)” olarak da adlandırılmaktadır. Bu panellerin ilk kullanımı 1920’lere kadar dayanırken, daha yaygın kullanımlarına 1950’li yıllarda başlanmıştır. Son yıllarda, gelişen yalıtım ve ankraj yöntemleriyle birlikte ürün çeşitliliği artmıştır. Bu da tasarım sürecinde yer alan teknik elemanlara (mimar, iç mimar vb.) tasarımda esneklik sağlamaktadır [2]. Beton esaslı prekast paneller ile pek çok farklı tasarım ve uygulama yapılabilir. Zaha Hadid’in tasarımı olan Bakü’deki Haydar Aliyev Kültür Merkezi (Şekil 1.1) beton panellerin özgün kullanımına en iyi örnekler arasındadır.

Prestak beton paneller hem seri üretim hem de özel üretimler için kullanılabilirler. Prestak panellerin boyutları pencere etrafında dönen sövelerden, taşıyıcı kolon aksları arasında bütüncül elemanlara kadar değişebilmektedir. Panellerin boyutları mevcut nakliye ve montaj yöntemleri ile sınırlıdır. Prestak kaplamalar genellikle taşıyıcılara monte edilen duvar panelleri olarak kullanılırlar [3] [4].



Şekil 1.1. Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Bakü [5]

Prestak cephe panellerinin avantajları [1],

- Binanın strüktürel elemanlarının inşası sürecinde cephe panellerinin fabrikada üretiminin yapılabilmesi, inşaat hız kazandırmaktadır. Hazır beton bileşenler hava koşullarından etkilenmeden yıl boyu dökülüp yerine takılabilirler.
- Doku, renk ve kaplama özellikleriyle farklı görsellikler sağlayabilmektedirler. Beton panellerle granit, kireç taşı, tuğla ve diğer duvar örgü sistemlerine benzeyen daha ekonomik paneller oluşturulabilmektedir.
- Büyük açıklık geçebilme özellikleri sayesinde özgür iç ve dış mekânlar yaratarak, tasarım esnekliği sağlayabilmekteler.

- Yıllar içindeki yüzey aşınma oranları düşük olduğu için kullanım ömürleri 50-60 yıl olarak kabul edilmektedir.
- İçinde cam elyaf bulunduğu için çarpmaya karşı dayanımları yüksektir.
- Malzemenin yüksek termal kütleye sahip olması sebebiyle enerji verimliliği sağlarlar. Isı yalıtımlı panellerde enerji verimliliği daha da artırılabilir.
- Sürdürülebilir bina sertifikalarında (LEED, BREAM vs.) başvurularında sürdürülebilir malzeme bölümü kriterlerini sağlayarak, puan alınmasını sağlamaktadırlar.
- Fabrikada üretim, ortam koşullarının sabitlenebilmesi ve kalite kontrolünün standart şekilde yapılabilmesi nedeniyle yüksek kalitede üretilmektedirler.

Beton esaslı prekast cephe elemanları pek çok farklı kritere göre sınıflandırılmakla birlikte, bu çalışma kapsamında ağırlıklarına göre sınıflandırılmışlardır [6].

BETON ESASLI AĞIR PREKAST CEPHE PANELLERİ

Beton esaslı ağır prekast cephe panelleri, içerisinde beton harcı ve çelik donatının fabrikada birleştirildiği, prizini aldıktan sonra ise inşaat alanına taşındığı paneller olarak tanımlanmaktadır. Birden çok katmanlı olabilen bu panellerin, m² ağırlıkları 150 kg/m²'den büyük olmaktadır. Bu bildiri kapsamında incelenen cam elyaf takviyeli paneller ise hafif prekast paneller sınıfına girmektedir [6].

BETON ESASLI HAFİF PREKAST CEPHE PANELLERİ

Beton esaslı hafif prekast cephe panelleri, donatı çeliği yerine farklı liflerle (cam elyaf, karbon ve polimer lifler) takviye edilen betonlara verilen isimdir. Çelikten farklı liflerin korozyona uğramamaları, hafif olmaları, yüksek dayanımları ve düşük ısı iletkenlikleri sebebiyle son yıllarda oldukça ilgi uyandıran malzemelerdir. Betonun içindeki donatı çeliğinin zamanla, ısı farklılıklarıyla ve özellikle tuzlu suyla teması halinde korozyona uğruyor olması, lif takviyeli betonların geliştirilme çalışmalarının başlıca sebeplerindendir. Bu kompozit malzemeler, beton matrisi içerisine gömülmüş, yüksek dayanımlı liflerden oluşmaktadırlar [7].

Hafif prekast cephe panelleri, binaya daha az yük getirmesi sebebiyle taşıyıcıların daha küçük kesitli olmasına ve dolayısıyla daha düşük maliyetlerle yapılabilmesine olanak sağlar. Ayrıca panellerin binaya montajı esnasında panelleri yerine kaldırmak için ağır panellere nispeten küçük vinçlerin kullanılmasına imkan vermektedir [8].

CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON (GFRC)

Cam elyaf takviyeli beton, uluslararası literatürde bilinen adıyla GFRC (Glass Fiber Reinforced Concrete) özel üretim bir yapı malzemesidir. GFRC üretimi ince agrega, yüksek oranda çimento karışımı, özel granülometrideki harmanın alkaliye dayanıklı cam elyafı ve polimer katkıları betonun oluşumudur. GFRC üretiminde el spreyiyle kalıba püskürtme ve önden karıştırılarak kalıba dökülmesi olarak, iki temel yöntem bulunmaktadır [9]. Standart üretimde betonun içine beyaz çimento, silis kumu, alkaliye dayanıklı cam fiber, su ve plastik polimer konulurken farklı üretimlerde renkli pigmentler, mermer tozu, ayna sırrı parçaları veya reflektif boyalı özel agregalar gibi katkılar da eklenebilmektedir [10].

GFRC dayanıklılık ve mukavemet açısından uzun ömürlü bir malzemedir. Cephe kullanılması durumunda yüksek kompozite ve düşük poroziteli olduğundan su geçirmez. Çelik donatı yerine cam

elyafı kullanıldığından kesitler incelmekte, binaya binen yük oldukça azalmaktadır. Malzemenin hafifliği aynı zamanda montaj kolaylığını da beraberinde getirmektedir. GFRC panellerin ağırlıkları, ağır prekast sistemlerinin ağırlığının 1/5'i, granit cephe kaplama ağırlığının ise 1/2'sine tekabül etmektedir. Ayrıca paneller, binayı dışarıdan sardığı için yapılan ısı yalıtım malzemesi kesintisiz olarak uygulanabilmektedir [10].

GFRC yapılmasının önemli sebeplerden biri de, Avrupa standartlarında ısı yalıtımlı cephe paneli ve muadili panel sistemleri (55-65 kg/m²) ve cephe kaplamalarına göre %50 oranında binaya daha az yük getirmesidir. Isı izolasyonunda kullanılan taş yünü, cam yünü ile yangın yönetmeliğinin zorunlu tuttuğu A1 yanmazlık sınıfına uygun olduğundan tek bir sistem ile cephe için gerekli kriterleri sağlamak mümkün olmaktadır. Uygulanan taş yünü üzerinde bulunan alüminyum folyo ile de TS 825'e göre incelendiğinde yoğunlaşmayı tamamen engellemektedir. Bu sebeplerden ötürü GFRC paneller, inşaat işleri yüklenicilerinin zamandan ve maliyetten tasarruf etmelerini sağlamaktadır.

GFRC paneller, dış hava koşullarına dayanıklıdır. Bu paneller düz yüzeyli, tek eğrisellikli, çift eğrisellikli ve serbest formlu olarak imal edilebilmektedirler. Formun sadece kalıbın üretimine bağlı olması, tasarımcılara özgün tasarımlar yapabileme olanağı vermektedir.

GFRC Panellerin Üretim Aşamaları

Cam elyafının çekme mukavemeti, elastik değeri ve ısı direnci yüksektir. Bunların yanısıra şeffaf, kimyasal olarak dirençli ve inert (tepkimeye girmeyen) yapıda olması gibi farklı avantajları da bulunmaktadır [11]. GFRC panellerin içerisinde metal olmadığı için korozyona karşı daha dayanıklıdır. Ağır prekast sistemlere oranla daha hafif olması bina taşıyıcılarında ve temellerinde avantaj sağlamaktadır.

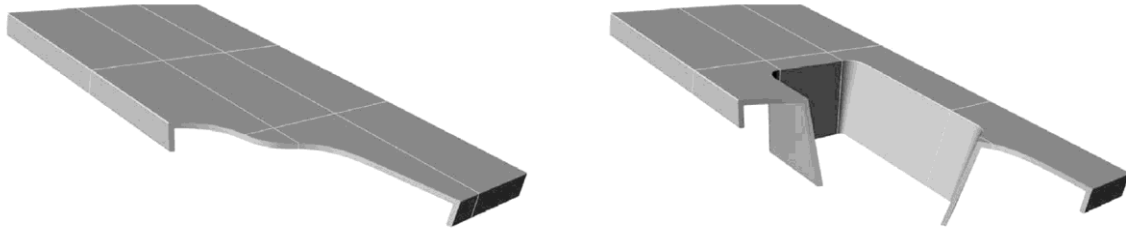
GFRC panellerin yapımında iki tip kalıplama sistemi kullanılabilir. Bunlar, açık-kapalı kalıp içerisine premix (önceden karıştırılarak vibrasyonlu yerleştirme) yöntemi ile dökülmesi ve açık kalıp sistemi içine el spreyi ile püskürtülmesidir. Her iki yöntemde malzemeler kalibre bir tartıyla tartılarak karıştırılır. Birinci yöntemde aralarında hava kalmasını engellemek için vibrasyonlu şekilde kalıba yerleştirilir. İkinci "direkt sprej" yönteminde çimentolu harçla ince ince doğranmış cam elyaf eşzamanlı olarak el spreyi ile kalıba püskürtülür. Uluslararası Cam Elyaf Takviyeli Beton Birliği (GRCA)'nın standartlarına uygun olarak kalibre edilmelidir. Bu testler ekipman kontrolleri herhangi bir değişiklik sonrasında ve test sonuçlarının dışında herhangi yetersiz yıkamadan sonra, her vardiya başında her pompa için yapılmalıdır. Kullanılan ekipman, cam elyaf ve çimento karışımının sürekli okumalarını verebiliyorsa bu testlerin yapılması gerekli değildir [12].

Premix yöntemi ve el spreji yöntemi sürdürülebilirlik açısından karşılaştırıldığında: El spreji yöntemi daha düşük su/çimento oranı gerektirmektedir. Malzemenin üzerine gerekli miktar püskürtüldüğü için daha az atık üretmektedir. Ayrıca kalıbın temizlenmesi daha kolay olduğu için su kullanımını azaltmaktadır. Bunların dışında dayanım, maliyet ve yüzey dokusu çeşitliliği açısından da el spreji daha avantajlıdır [13]. Fakat çekme ve burkulma mukavemeti açısından da premix yöntemi 18 MPa basınca dayanırken, el spreji 10 MPa'ya kadar dayanabilmektedir. [13].

Bu bildiri kapsamında incelenen paneller, açık kalıp sistemi içerisine el spreji ile püskürtme yöntemi kullanılarak elde edilen panellerdir. Bu yöntem boyut, doku, renk ve birden fazla eğrilik düzeyi olan biçimlerin çıkartılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca kalıp malzemesinin

kapasitesine bağlı olarak aynı kalıp pek çok kez kullanılabilir. Bu da kalıp maliyeti, üretim hızı ve hammadde kaynaklarının tüketilmesi konularında avantajlar sağlamaktadır [9].

GFRC panellerin en büyük avantajı form çeşitliliğidir. Panellerde köşe dönüşü yapılabilirdiği gibi hem köşe dönüşlü hem de yüzey ötelemeli yapılabilir. Bu biçimsel çeşitlilik bina cephesinde yaratılmak istenen narin, temiz birleşim detaylarının gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır [14]. Bu biçimsel bitimler Şekil 1.2 a ve b’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 a) Köşe dönüşlü düz panel b) Köşe dönüşlü ve yüzey ötelemeli düz panel

Özellikle 1970 ve 1980’lerin sonlarında bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle, GFRC panellerin formlarının daha kompleks formlarda tasarlanabilmeye başlanacaktır. GFRC panellerin kompleks geometrilerde kullanılabilmesi [14]:

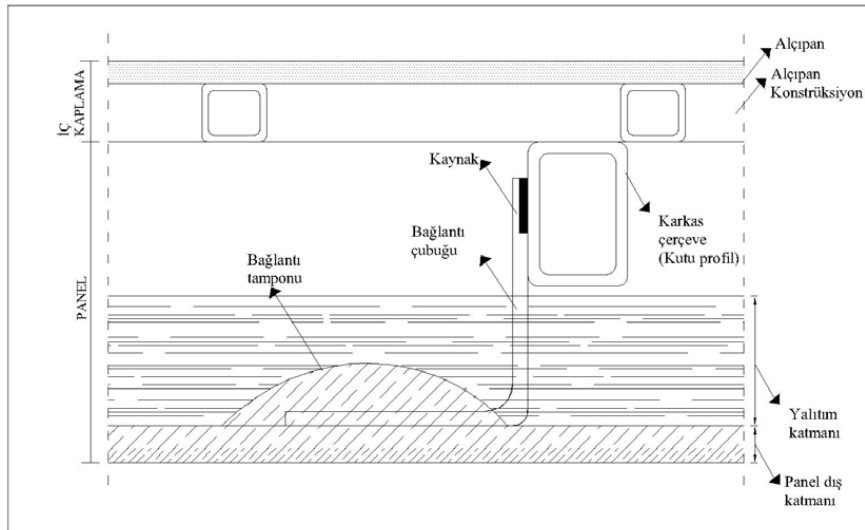
1. Pozitif ve negatif Gaussian eğrilikleri aynı panelde üretilebilir.
2. Panelde köşe dönüşü bulunabilir.
3. Hem panel yüzeyinde hem de köşe dönüşlerinde aynı yüzey kalitesinin sağlanması.
4. Kalıba döküm olan panellere göre daha az boşluk, hava kabarcığı ve leke görülmektedir.

GFRC panellerin karışım oranlarına göre değişmekle birlikte teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [4].

Çizelge 1.1 GFRC panellerin teknik özellikleri [15]

Çelik karkaslı panel			
k	Simge	Birim	Değer aralığı
Basınç mukavemeti	f_c	N/mm ²	50-80
Çekme mukavemeti	f_{ct}	N/mm ²	5-10
Orantılılık sınırı	LOP	N/mm ²	6-18
Kırılma Modülü	MOR	N/mm ²	15-25
Genleşme sınırı	ϵ_u	0%	0.5-4
Darbe mukavemeti	—	N/mm ²	10-25
Elastite Modülü	E	kN/mm ²	10-20
Yoğunluk	?	kg/dm ³	1.9-2.2
Isıl genleşme kat. s.	αT		(1.0-1.5)×10 ⁻⁵
Isıl iletkenlik	λ	W/mk	0.8-1.2

Üretilcek olan ürünün tekrar sayısına bağlı olarak, kalıp malzemesi tayin edilir. Kalıplar çelik, ahşap, strafor ve polyester olabilir. Tek sefer kullanılacak olan kalıplar için strafor esaslı kalıplar, 100'e yakın sayıda kullanılacak olan kalıplar için çelik kalıplar tercih edilir. Buna göre kalıplar projelendirilir ve imal edilir. Kullanılacağı coğrafya ve iklim verilerine, malzemenin istenen görünümüne uygun olarak beton karışımın oranları belirlenir. Hazırlanan beton harç ve cam lifler, her yere eşit gelecek şekilde, el spreyi ile kalıba katman katman püskürtülür. Hemen sonrasında rulolar yardımıyla malzeme katmanları sıkıştırılır. Bu sırada ürünün kalınlığı farklı yerlerinden kontrol edilir. Ürün kalıp içerisinde kürünü aldıktan sonra içerisine çelik karkas yerleştirilir. Malzeme bu karkas sistemi kullanılarak binaya monte edilir. Kompozit malzeme olması sebebiyle binanın kullanım ömrü boyunca ortaya çıkabilecek olan genleşme ve büzülme durumlarında beton kısım ile çelik kısım ayrı ayrı hareket edebilecek şekilde detaylandırılırlar. Cephe malzemesinde ortaya çıkabilecek farklı gerilimleri dengelemek için karkas ile malzemenin birleşim yerlerinde esnek kancalar yerleştirilir [9]. Çelik karkasla GFRC panelin bağlantısı Şekil 1.3'deki plan çiziminde gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Çelik çerçeve sistem ile panel dış katmanın bağlantı detayı [6].

Uygulanan cephe sisteminin aralarında kalan derz boşlukları poliüretan fitil, poliüretan mastik ya da şişen bant uygulamaları ile doldurulmaktadır. Bu sayede hava-su akışına engel olunduğu gibi cephe elemanları hareketlerine de esneklik sağlamaktadır. Sisteme uygun çelik ankrajlar bulonlar ile binaya monte edilmektedir. Bu sistem, olası bir deprem esnasında ortaya çıkabilecek yüklerin yer değiştirme oranını tolere edilmesini sağlamaktadır.

Proje kalıp planları ve detaylarına uygun olarak kalıplar hazırlanmaktadır. Sistem taşıyıcı karkas detayı ve GFRC elemanların boyutlarına göre uygun kesitler seçilerek flex ankraj elemanlarının kaynağı ile GFRC'ye bağlanır. Üretimi tamamlanmış, bakımı ve kontrolleri yapılmış elemanlar uygun istifleme tekniğiyle şantiyelere sevk edilir. Konusunda uzman montaj ekibi ve binanın boyutuna göre seçilmiş bir vinçle cephe panelleri binaya ankre edilir.

Paneller beyaz renginde üretilebileceği gibi renklendirici katkılarla hemen her renkte, dokuda üretilbilmektedir. GFRC paneller Şekil 1.4'te görüldüğü üzere brüt beton, kireç taşı; düz ve eğrisellikli beton yüzeyler, ahşap, terra cota, tuğla, taş ve mermer görünümlü olmak üzere farklı doku ve renklerde üretilbilmektedir.



Şekil 1. 4. GFRP panellerin yüzey renk ve dokuları

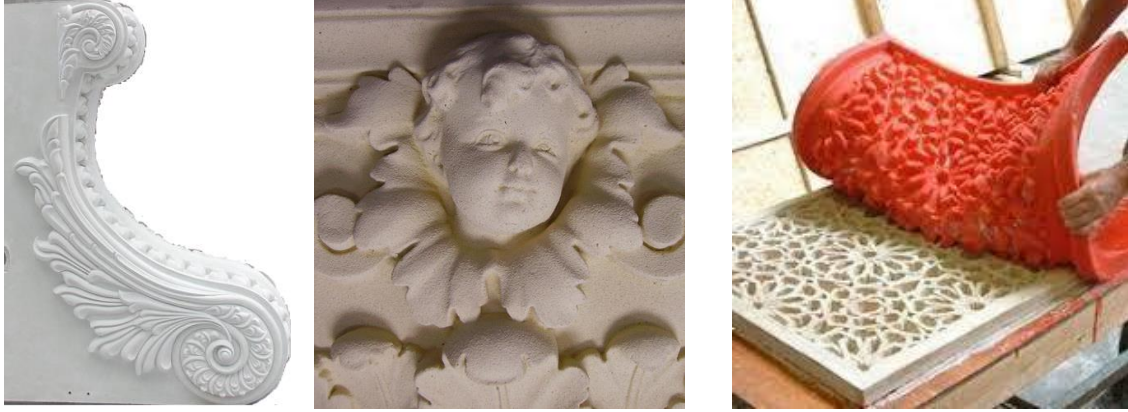
Gelişen teknolojiyle birlikte reflektif boyalı özel agregalarla karanlıkta parlayan, nano teknolojik olarak geliştirilmiş kendi kendini temizleyen ya da ışığı geçiren GFRP paneller üretmek artık mümkündür. Ayrıca beyaz renginde üretilen paneller, diğer cepheler gibi istenen renge de boyanabilmektedir.

GFRP panellerin içinde kullanılan malzemeler benzerlik göstermekle birlikte farklı malzemelerle birlikte kullanılmasıyla üretici firmadan firmaya değişiklik göstermekle birlikte en çok kullanılan paneller çelik karkaslı ve ısı yalıtımlı panellerdir. Çelik karkaslı panellerde ısı yalıtım tabakası panelin içinde olmayıp, yerinde ayrıca duvar cephesine monte edilmektedir. Isı yalıtımlı GFRP panelde, püskürtülen GFRP beton karışımının prizini alınmasını takiben panel içinde oluşturulan derinliğe, projesine göre çelik donatı yerleştirilir ve köpük betonu karılarak, içine dökülür, düzeltilir. Bu şekilde oluşturulan panellerde ısı yalıtım tabakası içinde olduğu için ayrıca başka bir yalıtım işlemi yapılmaz. Şekil 1.5'te sağda Çelik karkaslı, solda Isı yalıtımlı GFRP panel fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 1.5 a) Çelik karkaslı GFRP panel b) Isı yalıtımlı GFRP panel[15]

GFRP paneller yukarıda görüldüğü gibi düz olabileceği gibi farklı tek, çift ve serbest eğrisellikli yapılabileceği gibi farklı bezeme ve kabartmalar da yapılabilmektedir. Tarihi binaların onarımı, hasar gören yerlerin yeniden yapılmasında yada farklı bir mimarlık akımındaki bazı mimari elemanlar üretilebilmektedir. Kalıp işçiliğine bağlı olarak içerisinde boşluk oluşturmak, bu panelleri de güneş kırıcı olarak kullanmak mümkündür. Bu panellere örnekler Şekil 1.6'te verilmiştir.



Şekil 1.6 Farklı şekil, form, bezeme ve boşluklu GFRP panellere örnekler.

Mimari ve statik proje çizimlerinde çizimlerde panel yerleşimleri, gerekli kesitler, panel ölçüleri, panel şekli birleşim yerlerine ait detaylar iyi tanımlanmalıdır. Birden fazla türde GFRP panel birarada kullanılıyorsa çizimlerde her tipin kapsamı ve yeri belirtilmelidir. Eğer strüktürel prekast cephe ve GFRP cephe paneli bir arada kullanılıyorsa birleşim detay ve kalınlıklarına özen gösterilmelidir. Teknik şartnameler ve montaj çizimlerinin birbiriyle uyumlu olması sağlanmalıdır [16].

GFRP PANELLERİN KULLANIM ALANLARI

Şehirlere simgesel özellik katan binalarda özellikle GFRP paneller tercih edilmektedir. Bu binalara örneklere yurt içi ve dışından örnekler; Gürcistan Parlememto Binası, Bakü'deki Ünlü Mimar Zaha Hadid Tasarımı olan Haydar Aliyev Kültür Merkezi ilk akla gelen örneklerdendir. Bu binanın cephesindeki eğim çok fazla olduğu için GFRP panellerin yanısıra cam elyaf takviyeli plastik (GFRP) birlikte kullanılmıştır. Paris'te açılan Foundation Louis Vuitton Müzesi, Birleşik Krallıkların Riyadh şehrinde 2017 yılında tamamlanan Kral Abdullah Petrol Araştırma ve Geliştirme Merkezi ve yaklaşık 100.000 m² GFRP panel alanı kaplayan Katar Ulusal Müzesi GFRP panellerle yapılmış, simge binalara örneklerdir [17].

California eyaletinin Los Angeles kentinde yapılan Borde Müzesinin mimarları Diller Scofidio ve Renfro, bütün binayı saran kabuğu GFRP panellerden oluşturmuşlardır. Delikli ve üçüncü boyutta hareketli bir cepheye sahip binada cephe panelleri aynı zamanda ışığı daha kontrollü almayı da sağlamaktadır. (Şekil 1.7). Türkiye'deki uygulamalara Cumhurbaşkanlığı Külliyesi, Yavuz Sultan Köprüsü, Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Camisi, Düzce Üniversitesi Teknopark Binası ve pek çok otel yapısı örnek olarak verilebilir [5].



Şekil 1.7 Broad Müzesi, Los Angeles, Kaliforniya, ABD [16].

SONUÇLAR

Cam elyaf takviyeli beton paneller binalara dökme betonun veremediği bir estetik katmaktadır. Bu estetik görünümün oluşması için mimarların kullanacakları malzemeyi tanıması, malzemenin sınırlarını ve kapasitesinin farkında olması gerekmektedir.

Panellerin farklı geometrilerde üretilebilmesi için gelişen teknolojiden faydalanılmalıdır. Pek çok örnekte görülen paneller klasik yöntemlerle değil, bilgisayar ortamında tasarlanmıştır. Parametrik tasarım olarak isimlendirilen bu yöntemle panellerin üretimi söz konusu olmuştur.

Türkiye’de yapılan binaların %90’ının betonarme olduğu düşünülürse, kaplamaların da betonarme ömrüne yakın olması gereksiz söküm ve yeniden yapıma mahal vermeyecektir. GFRC panellerin kullanım ömrünün 60 yıl olduğu göz önüne alındığı takdirde binalardaki sürdürülebilir malzeme kullanımına da katkı sağlayacaktır.

Panellerin beton kabuğunda metal olmamasından kaynaklı olarak korozyon etkilerine karşı çoğu yapı malzemesinden daha dayanıklı bir malzemedir.

Mimarlar genelde farklı olanı, çevrede olmayanı yapmayı arzu ederler. Bu arzuya uygun simgesel binalar tasarlamak için tasarımcıya form, renk ve doku açısından büyük bir özgürlük tanıyan GFRC paneller özellikle dış cephelerde değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] P. C. Institute, “Designing with Precast and Prestressed Concrete,” Chicago, Amerika, 2010.
- [2] C. M. and H. Corporation, *Architectural Precast Concrete Walls; Best Practice Guide*. Canada: Canada Mortgage and Housing Corporation, 2002.
- [3] “Life-Cycle Assessment of Cladding Products,” Knoxville, USA, 2009.
- [4] N. Benli Yıldız, “Cam elyaf takviyeli beton (GFRC) cephe panelleri için yaşam döngü değerlendirmesi (YDD) yöntemiyle bir sürdürülebilirlik çerçevesi geliştirilmesi,” Düzce Üniversitesi, 2018.
- [5] “Fibrobeton.” [Online]. Available: <http://www.fibrobeton.com.tr/proje-detay/gori-adalet-sarayi/200/>. [Accessed: 15-Apr-2017].
- [6] G. Altınay, “Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretimi, uygulaması, yapısal performansının değerlendirilmesi ve bir alan araştırması ile incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2011.
- [7] G. Yavuz, “Lif Takviyeli Polimerlerin Betonarme Kirişlerde Donatı Olarak Kullanımı,” *e-Journal New World Sci. Acad.*, vol. 6, no. 4, 2011.
- [8] B. Brownell, *Trans Material 2*, First edit. New York, USA: Princeton architectural press, 2008.
- [9] B. Kohen, “Yapı Kabuğu Olarak GRC,” *Mimar. Malzeme*, no. 24, pp. 29–32, 2013.
- [10] PCI, “GFRC Architectural Cladding,” Northampton, İngiltere, 2016.
- [11] F. T. Wallenberger, J. C. Watson, and L. Hong, “Glass Fibers,” *ASM Handb.*, vol. 21, no. Ref 19, pp. 27–34, 2001.
- [12] G. International, “GRC Specification for the Manufacture , Curing & Testing GRC of Glassfibre Reinforced GRC Concrete (GRC) products GRC,” 2016.
- [13] I. D. Peter, “Sprayed premix - The new GRC,” *Concrete*, no. February, pp. 13–14, 2008.
- [14] T. N. Henriksen, “Advancing the manufacture of complex geometry GFRC for today’s building envelopes,” *A+BE | Archit. Built Environ.*, vol. 5, pp. 25–30, 2017.
- [15] “Fibrobeton.” erişim: fibrobeton.com.tr/urun-detay/fibrofonbeton/3/. [Accessed: 31-Oct-2017].
- [16] T. O. Glass and R. Concrete, “Specifiers Guide To Glass Reinforced Concrete,” no. March 2012.
- [17] T. Henriksen, S. Lo ve U. Knaack, “An innovative approach to manufacture thin-walled glass fibre reinforced concrete for tomorrow’s architectural buildings envelopes with complex geometries,” *J. Build. Eng.*, vol. 4, pp. 189–199, 2015.

Dış Gölge Elemanının Pencere Boyutlarıyla Bağlantılı Gölgeleme Veriminin Araştırılması

Çiğsem Yağmur Yüksel ¹

Konu Başlık No: 43

TÜRKÇE ÖZET

Bu makalenin amacı, güneşin ısıtıcı etkisinin fazla olduğu güney cephede gölgeleme verimini arttırmak ve Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği md.41’de belirtilen bina cephelerinde maksimum 0.50 m yapılabilen güneş kırıcıya uygun en iyi gölgelenecek pencere boyutunu araştırmaktır. Çalışma alanı olarak 37° enlemde yer alan Adana bölgesi ele alınmıştır. Gölge verimi analizi The Solar Tool programı yardımıyla yapılmaktadır. 0.50 m çıkma yapan gölge elemanının gölgeleme verimini arttırarak enerji verimliliğini sağlamak amacıyla pencere boyut araştırması yapılmıştır. Boyut araştırmalarının stereografik ve tabular diyagramdan alınan verilere göre çözümleri tespit edilmektedir. Sonuç olarak, Adana’da bina güney cephesinde yönetmeliğe göre maksimum çıkma yapan gölge elemanına uygun 1.20 m eninde pencere için ideal yüksekliğin 1.20 m olması gerektiği saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Pencere boyutları, Gölge elemanı, Gölgeleme verimi, Solar geometri, The solar tool programı

ABSTRACT

The aim of this article is to increase the shading efficiency in the south facade where the solar heating effect is greater and to search for the best shaded window dimensions suitable for the sun breaker capable of maximum 0.50 m at the building facades specified in Article 41 of the Planned Areas Zoning Regulations. The study area is Adana region which is located at 37 ° latitude. Shadow yield analysis is done with The Solar Tool program. A window dimension survey has been researched to increase energy efficiency by increasing the shading efficiency of the shadow element which has protruded by 0.50 m. The solutions of dimension studies have determined according to the data taken from the stereographic and tabular diagrams. As a result, it has been determined that the ideal height for 1.20 m window width in Adana should be 1.20 m, which is suitable for the shading device which has maximum protrusion at the south facade of the building.

KEYWORDS

Window dimensions, Shading device, Shading efficiency, Solar Geometry, The Solar tool program

¹ Arş.Gör.Çiğsem Yağmur Yüksel, ÇÜ Mim. Fak.Mim.Böl.,Sarıçam/Adana, 0322 3386084, cyyuksel@cu.edu.tr

1.GİRİŞ

Binaya doğru uygulanmış bir gölge elemanı, iklimlendirme sistemlerinin yükünü %50-79 oranında indirebilmektedir (Sciuto,1998). Dış gölge elemanı tasarımında uygun boyut ve biçim belirlenmesi için pencere ölçüleri, güneş geometrisi ve iklim verileri gibi değişkenler bir arada değerlendirilmedir (Olgyay,1957).Buna bağlı olarak gölgeleme verimini artırarak binanın enerji verimliliğini sağlamak amacıyla pencere boyut araştırması yapılmıştır. Sabit bir dış gölge elemanı tasarımında aşağıdaki Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin 41.maddesine dikkat edilmesi gerekir ;

“ Bina cephelerinde, mimari projesinde cephe estetiği ve tasarımı göz önünde bulundurulmak ve detay projeleri verilmek, hafif malzemeden yapılmak, parsel sınırına taşmamak ve kapalı mekân oluşturmamak kaydıyla 0.50 metreye kadar güneş kırıcı yapılabilir. ”

Binada çıkma yapılması halinde dış gölge elemanı genişliği 0.50 m'yi aşmamaktadır.Ayrıca Türkiye'de yer alan Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Bina Enerji Performans (BEP) yönetmeliği ve Adana İmar Yönetmeliği'nde kaba yapıda gölgeleme verimi amaçlanan ideal pencere en ve boy parametreleri tanımlı yer almadığı görülmektedir. Binada sabit bir dış gölge elemanının 0.50 m çıkma yapması halinde gölgeleme verimi sağlayan ideal pencere boyutunu saptamak ve bina enerji performans yönetmeliği, planlı alanlar imar yönetmelikleri, TS 825 ve Adana imar yönetmeliği vb. yönetmeliklerdeki bu eksikliği gidermeye çalışmak makalenin ana amacıdır. 37° enlemde pencerelerden solar ısı kazancı en fazla güney cepheden olmaktadır (Yüceer,2015). Bu nedenle güney cephede gölgeleme verimi sağlamak önem arz eder. Bu çalışmadan elde edilen bulgular 37° enlemde güney cephede tasarlanacak pencerenin boyutlandırmasına yardımcı bir kılavuzdur.

Sonuç olarak, 37° enlemde Adana'da bina güney cephesinde 0.50 m çıkma yapan sabit bir dış gölge elemanına göre en iyi gölgelenecek pencere en ve boy parametreleri araştırılmıştır. 1.20 m genişliğinde pencere için ideal pencere yükseklik değeri bulunmuştur.

TERMİNOLOJİ

HSA	Yatay gölge açısı (Horizontal shadow angle).....°
VSA	Düşey gölge açısı (Vertical shadow angle)°
ALT	Yükseklik açısı (Altitude angle)°
AZI	Azimet açısı (Azimuth of the sun)°
INC	Geliş açısı (Angle of incidence)°
ZEN	Zenit açısı (Zenith angle of the sun)°
g	pencere genişliğim
h	pencere yüksekliği.....m
p	parapet yüksekliği.....m
a	duvar kalınlığım
b	dış duvar genişliği.....m
c	duvar yüksekliği.....m
l	yatay gölge elemanı toplam uzunluğu.....m
d	yatay gölge elemanı derinliği.....m
x	yatay gölge elemanı pencereden yüksekliği.....m
w	düşey gölge elemanı gölge kalınlığı.....m
SC	Gölge katsayısı (Shading coefficient)%

2. YÖNTEM

Çalışmada gerekli görülen analize ulaşmak için 'The Solar Tool' bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu program, programın menüsünde bulunan dxf biçiminde pencere, duvar, gölge elemanı, pergole ve bina çizimlerine gerekli ölçüler girilerek enlem ve boylama bağlı olarak gölgeleme verimini gösteren çizelgeler çıkarmaktadır.

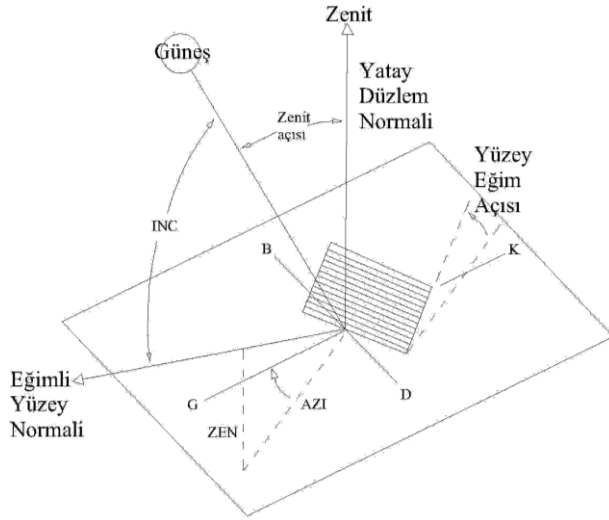
2.1. The Solar Tool'un Kullandığı Veriler

2.1.a. Güneş diyagramı (Sun path)

Gölge elemanı tasarım yöntemlerinde, güneşin azimet ve yükseklik açıları ile pencere ve gölge elemanı ölçüleri arasında kurulan trigonometrik bağlantılar ve güneş diyagramları temel alınmaktadır (Olgyay,1957;Szokolay,1980) (Şekil 1).

Güneşin bir yıllık devinimi ile elde edilen saat, ay ve mevsimlerin yer düzlemindeki yörüngeleri ile güneşin bir yıllık deviniminde yaptığı açıların enleme bağlı olarak yer düzlemine yatırılmasıyla elde

edilen stereografik diyagram, uzun süreli geleneksel hesaplardan kurtulmayı sağlamıştır. Gölge alanı boyut ve biçimi güneşin bir yıllık devrimine dolayısıyla enleme, boylama, aya ve saate göre değişmektedir. Stereografik ve orthografikler üzerinde güneşin günlük ve mevsimlik konumlarıyla gölge alanları izlenmektedir (Yüceer, 2010).



$$*(VSA) = 90^\circ - LAT \text{ (Enlem) (Szokoloy, 2008)}$$

Adana örneği için, LAT (Enlem) = 37° dir.

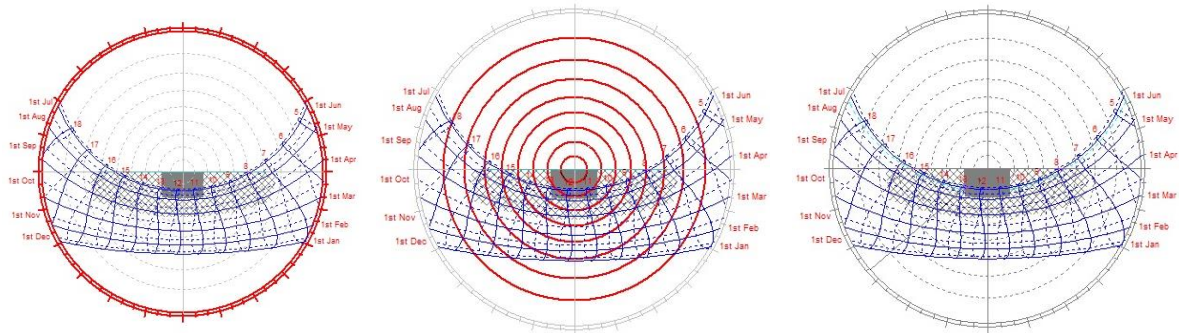
$$*(VSA) = 90 - 37 = 53^\circ \text{ dir.}$$

$$*INC \text{ (Geliş açısı)} = \arccos(\sin ALT) = 90 - ZEN \text{ (Szokoloy, 2007)}$$

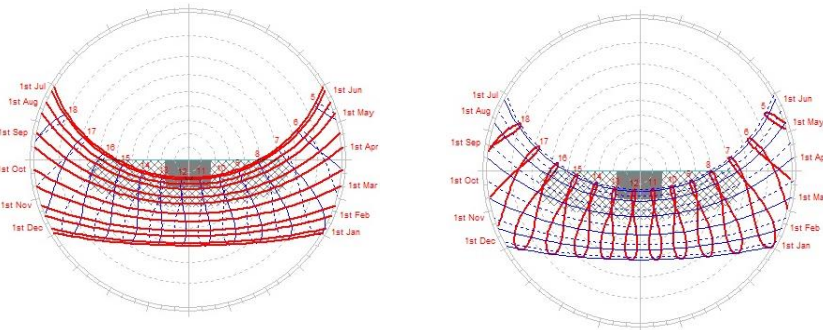
$$*Yatay \text{ gölgeleme elemanı } \text{gölge derinliği, } d = h / \tan VSA$$

$$*Düşey \text{ gölge elemanı, } \text{gölge kalınlığı, } w = d * \tan HSA \text{ (Olgyay, 1956)}$$

Şekil 1. Zenit açısı (ZEN), güneş geliş açısı (INC), eğimli yüzeye gelen güneş azimut açısı (AZI) (J.A. Duffie ve W.A. Beckman, 2013)



Çizelge 1. Azimut açıları Çizelge 2. Güneşin yer düzlemiyle yaptığı açılar Çizelge 3. Güneşin anlık konumu



Çizelge 4. Yılın günleri

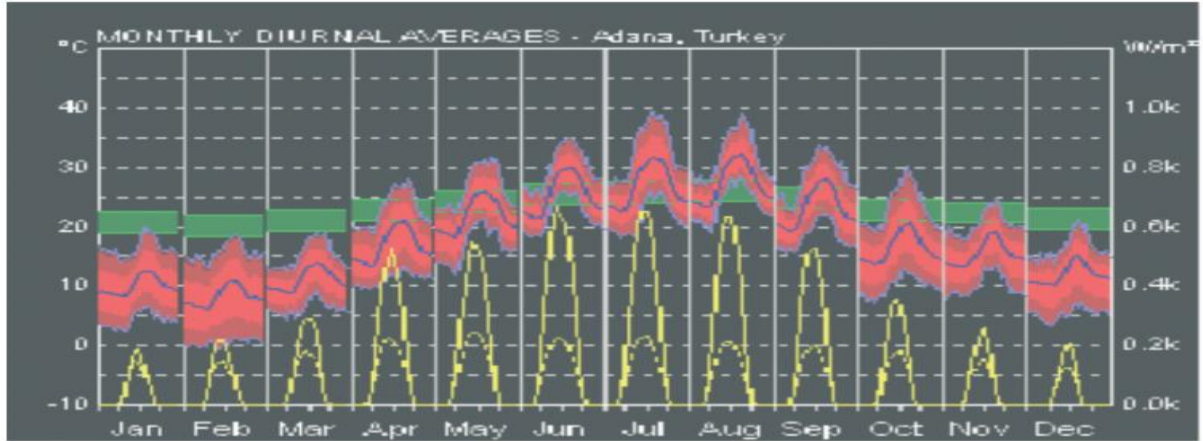
Çizelge 5. Saat çizgileri

***Tercümeleri Çizelge 7 'de verilmiştir.

Stereografik diyagram, güneşin bir yıllık devriminde yaptığı açıların yer düzlemine yatırılmasıyla elde edilmiştir. Stereografik diyagramda;

- Çizelge 1'de Azimut açıları
- Çizelge 2'de güneşin yer düzlemiyle yaptığı açılar
- Çizelge 4'de yılın ay ve günleri
- Çizelge 5'de saat çizgileri kırmızı renkte ifade edilmiştir.
- Çizelge 3'de ise güneşin anlık konumu ve gri renkte gölgeleme alanı gösterilmiştir.

2. 1.b. Konum (Location)



Çizelge 6. Adana iklim ve konfor çizelgesi (Monthly Diurnal Averages-Adana,Turkey)(Yüceer, 2015) Araştırma alanı Adana 37° kuzey enlem, 35° doğu boylam ve 50 m yükseltide ılıman iklim kuşağı bölgesinde yer almaktadır. Adana’da Akdeniz iklim kuşağı hakimdir (Çizelge 6). The solar tool programı enlem, boylam, saat ve gün verileri ışığında iklim verilerini seçilen binaya uygulayabilmektedir. Çizelge 6 ‘da, yeşil bant ısısal konfor şartlarını göstermektedir. Adana’nın yazın 35 dereceyi aşan sıcaklık değerine temmuz ayında ulaştığı ve kışın ise şubat ayında 0 derece sınırında olduğu çizelge 6’dan anlaşılmaktadır.

Genel durumda, 0 derecenin altında olmayan hava şartları ve yazın konfor şartlarını aşan sıcaklık değerlerinden dolayı, Adana’da soğutma ve gölgeleme ihtiyacı göz önünde bulundurulması gereken bir konudur.

2.1.c. Pencere (Window)

Pencereler doğal aydınlatma, manzara ve dış çevreyle iletişimi sağlayan boşluklardır. Diğer taraftan, pencerelerin enerji kaybına etkisi de önemlidir.Çünkü, pencereler kamaşma, taşınımı hava akımı, ısısal ve ışınsal kayıp gibi rahatsızlıklara neden olur (Ching & Shapiro,2014). The solar tool programı tek açıklıklı pencere gölge modeli kullanmaktadır². Bu nedenle pencere boyutundaki değişimin gölge verimine etkisi net şekilde gözlemlenebilmektedir.

3. ANALİZ KABULLERİ VE FORMÜLLERİ

37° enlemde yer alan Adana’da, bina güney cephesinde 0.50m çıkma yapan sabit bir dış gölge elemanına göre ideal pencere boyutu oluşturma amacıyla bu analizde bazı kabuller, varsayımlar ve formülasyonlar yapılmıştır.

3.1.Pencere Konumu:

The solar tool programında güneşin yer düzlemiyle yaptığı açılar kuzey yönü 0°, güney yönü 180°, doğu yönü 90°, batı yönü ise, 270° dir. Adana’da, güney cephe yönü 180° konumunda tek açıklıklı pencere varsayımıyla analiz yapılmıştır.

3.2.Adana’da gölgeleme gereken tarih ve saatin tespiti:

Yılın hangi zaman aralığında gölgeleme ihtiyacı gerektiği saptanmıştır. Adana iklim verilerinde haziran, temmuz ve ağustos aylarında güneşlenme süreleri yüksektir. Bu nedenle Haziran,Temmuz ve Ağustos aylarında gölgeleme gereklidir. En yüksek sıcaklık değeri 21 Temmuz tarihinde olup yüzeylerin aldığı solar ısı kazancı ise 900 ile 1000 w/m2 arası değerdedir (Çizelge 6). Bu nedenle 21 Temmuz tarihi esas alınarak gölgeleme verimi hesaplanmaktadır.

Günün hangi saat aralığında gölgeleme ihtiyacı gerektiği saptanmıştır. Temmuz ayında iç mekanda solar ışıınımı önlemek ve kışın termal konforu sağlamak amacıyla gölgeleme saat 09:00 -15:00 aralığında yapılmalıdır (Çizelge 7). 21 Temmuz tarihinde 09:00 -15:00 saatleri arasında gölgeleme elemanının attığı gölge alanı, Çizelge 7’de açık gri renkte görülmektedir. Bu çalışmada analizler güneşin dike yakın açıyla geldiği saat 13:00’deki konumuna göre yapılmaktadır.

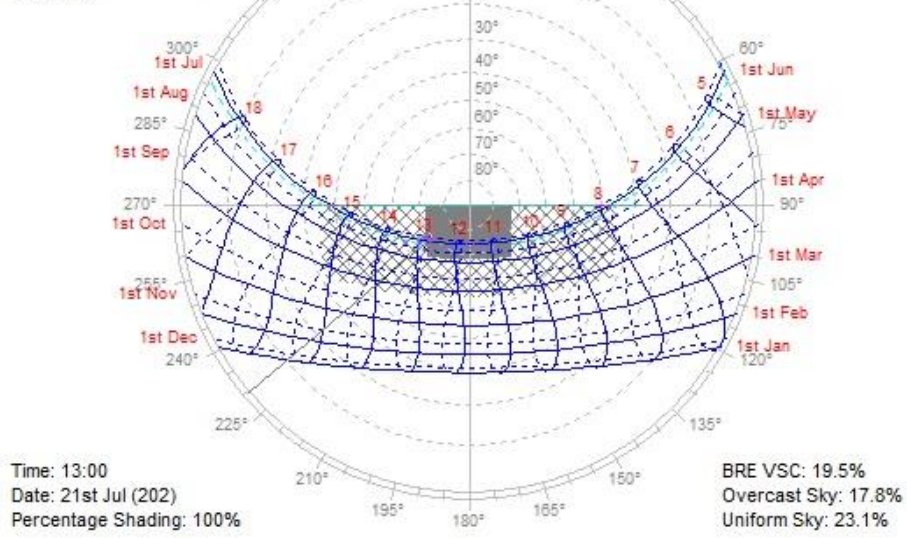
Stereographic Diagram

Location: 37.0°, 35.0°

Sun Position: -130.2°, 67.0°

HSA: 49.8°

VSA: 74.7°



Çizelge 7. Adana'da gölgeleme yapılması gereken saat aralığı ve gölgelik alan

(Stereographic diagram: stereografik çizelge, sun position: güneşin konumu, HSA: yatay gölge açısı, VSA: düşey gölge açısı, time: saat, date: gün, percentage shading: gölgeleme yüzdesi, BRE VSC: direkt ışık sağlayan toplam gökyüzü yüzdesi, Overcast Sky: Bulutlarla kaplı olduğu gökyüzü yüzdesi, Uniform Sky: Aynı aydınlık düzeyini veren tekdüze gök yüzdesi, Jan: ocak, Feb: şubat, Mar: mart, Apr: Nisan, May: mayıs, Jun: Haziran, Jul: temmuz, Aug: ağustos, Sep: eylül, Oct: ekim, Nov: kasım, Dec: aralık)

Yatay gölge elemanı boyutu sabittir. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre gölge elemanı maksimum derinliği 0.50 m verilmiştir. Bunun üzerinden pencere boyutu analizi yapılmaktadır. Sonuç olarak Adana'da 21 Temmuz saat 13:00'de bina güney cephesinde (180°) sabit bir dış gölge elemanı konumlandırılmaktadır.

3.3. Pencere en ve boy ölçüleri:

Yatay gölgeleme elemanı gölge derinliği 2.1.a bölümünde bahsedildiği gibi ;

*Yatay gölgeleme elemanı gölge derinliği,

$$d = h / \tan VSA$$

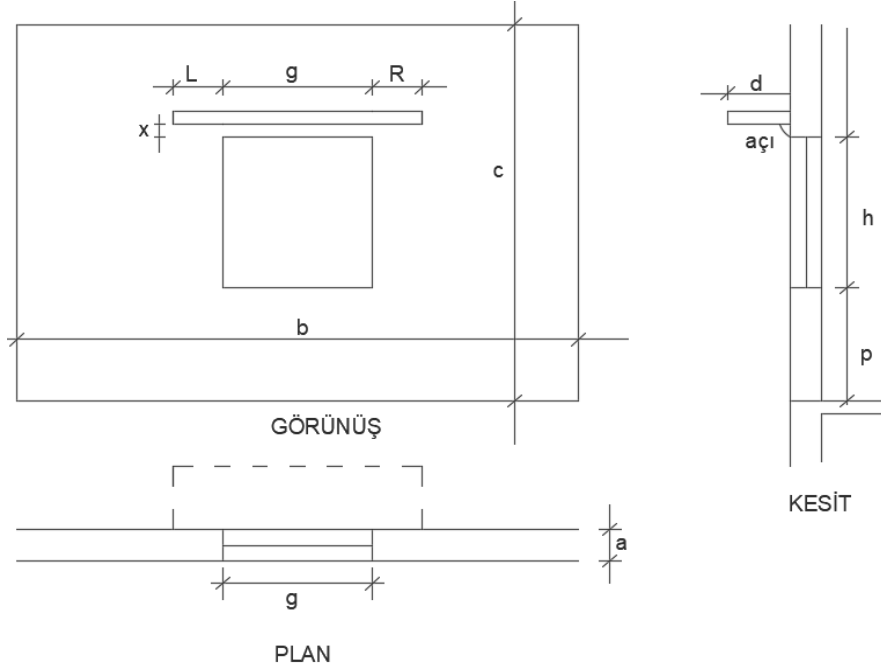
*Düşey gölge elemanı, gölge kalınlığı,

$$w = d * \tan HSA \text{ (Olgyay, 1956) formülleriyle bulunur (Şekil 2).}$$

Formülden anlaşıldığı üzere gölge derinliğini pencerenin en ölçüsü etkilememektedir. Gölge derinlik değeri, pencerenin yüksekliği ile VSA (Dikey güneş açısı)' ya bağlıdır. Bu nedenle, pencere yükseklik değeri artarken, pencere genişlik değeri sabit kabul edilerek analiz yapılmıştır. Ayrıca pencere boyut kabulleri, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan pencere genişlik ve yükseklik ölçülerine göre yapılmaktadır³. Pencere genişliği P1(120/120), P2(120/150), P3(120/220) pencereleri için aynıdır ve 1.20 m'dir. Pencere yükseklikleri ise 1.20 m, 1.50 m ve 2.20 m olarak sırasıyla artan değerlerde verilmiştir (Çizelge 8).

Pencere adı/m, 180°, Güney	g, Pencere genişliği/m	h, Pencere yüksekliği/m
P1	1.20	1.20
P2	1.20	1.50
P3	1.20	2.20

Çizelge 8. Pencere boyut kabulleri



Şekil 2. Gölge elemanı boyutunu etkileyen ölçüler

37° enlem Adana’da güney cephedeki sabit bir dış gölge elemanının pencere boyutlarıyla bağlantılı gölgeleme verimi analizi bağlamında yapılan diğer varsayımlar aşağıdaki gibidir.

- duvar kalınlığı (a) = 0.25 m
- dış duvar uzunluğu (b) = 4.50 m
- duvar yüksekliği (c) = 3.00 m
- pencere parapet yüksekliği (p) = 0.90 m
- yatay gölge elemanı derinliği (d) = 0.50 m
- yatay gölge elemanı pencereden yüksekliği (x) = 0.10 m

4. ARAŞTIRMA BULGULARININ TARTIŞILMASI

Yönetmeliğe göre 0.50 m çıkma yapan sabit dış gölge elemanına uygun en iyi gölgelenecek pencere boyutu bulunması amacıyla yapılan kabuller, varsayımlar ve P2 (120/150) pencere ölçüleri The Solar Tool programında veri olarak kullanılmaktadır. Dış gölge elemanının P2(120/150) penceresinin sağ ve sol tarafına uzama boyu 0.40 m olması halinde tabular diyagramda istenilen değerde yıllık gölgeleme verimi (SC/Shading Coefficient) elde edilmektedir (Çizelge 9) .

Yatay gölgeleme elemanı m/Güney,180°	Derinlik (d)/m	Açı (derece)	Sağ (R)/m	Sol (L)/m
	0.50	0	0.40	0.40

Çizelge 9. P2(120/150) penceresi yatay gölgeleme elemanı boyutu

Camın toplam ısı geçirgenliği SC (Shading Coefficient) gölge katsayısı ile ele alınır (Tsangrassoulis,2001). TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği’nde⁵ SC değeri, laboratuvar koşullarında ölçülen ve dik yüzeylere gelen ışık için, güneş enerjisini geçime faktörü olarak tanımlanmaktadır. Diğer deyişle, SC gölge verimi; yüzeyin gölgelenme yüzdesini tanımlar (Yüceer,2015). SC değeri düştükçe yüzeydeki ısı kazancı azalır. Gölge elemanları için belirlenen SC yüzdeleri gölge elemanı boyutu ve gölge verimi takibi açısından önemlidir. Çünkü pencere yüzeylerindeki solar ısı kazancı, gölgelik alan yüzdesinin %35 in üzerinde olması halinde gerçekleşir (Kabre,1999).

Effective Shading Coefficients

Latitude: 37.0°
Longitude: 35.0°
Timezone: 30.0° [+2.0hrs]
Orientation: 180.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	9.1%	16.0%	0.0%
February	16.7%	25.0%	0.0%
March	28.2%	43.0%	0.0%
April	58.5%	79.0%	22.0%
May	82.5%	100.0%	43.0%
June	88.5%	100.0%	66.0%
July	80.6%	100.0%	42.0%
August	50.2%	71.0%	21.0%
September	25.6%	38.0%	2.0%
October	15.3%	22.0%	0.0%
November	8.4%	14.0%	0.0%
December	6.6%	13.0%	0.0%
Winter	10.8%	18.0%	0.0%
Summer	83.9%	100.0%	50.3%
Annual	39.2%	51.8%	16.3%

Çizelge 10. P2(120/150) penceresi, 21 Temmuz saat 13:00'te SC (gölge katsayısı) verimi (Effective shading coefficients: verimli gölge katsayısı, Latitude: enlem, Longitude: boylam, Timezone: saat dilimi, Orientation: yönelme, month: ay, Av.SC: ortalama gölge katsayısı, Max SC: Maximum gölge katsayısı, Min SC: minimum gölge katsayısı, winter: kış, summer: yaz, Annual: yıllık)

Gölge elemanının kışın %40 dan az ve yazın ise %70 den fazla gölgelik alan değerlerini sağlaması optimum çözüm olarak kabul edilir (Data,2001). Dolayısıyla yönetmeliğe uygun seçilen 0.50 m derinlikteki gölge elemanının yıllık gölgeleme verimi 120/150 cm ölçülerindeki pencereye istenilen gölgelik alanı sağlamaktadır. Yani, yaz aylarında %84, kış aylarında %11, yıllık ortalama %39 verimli gölge katsayısı görülmektedir (Çizelge 10).

Güney cephedeki sabit dış gölge elemanı toplam uzunluğu; pencere genişliği , gölge elemanı sağ ve sol uzamalarının toplamıyla bulunmaktadır ($l = g + R + L$).

Yani P2(120/150) penceresinde ;

$$*l = g + R + L$$

$$*l = 1.20 + 0.40 + 0.40$$

$$*l = 2.00 \text{ m olarak gölge elemanı uzunluğu hesaplanmıştır.}$$

Sonuç olarak yönetmeliğe göre (d) 0.50 m çıkmaya uygun yatay gölge elemanının P2(120/150) penceresine gölgeleme verimi sağlayacak uzunluğun(l) 2.00 m olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 9). 37° enlemdeki Adana'da güney cepheye konumlanan P1(120/120) ,P2(120/150) ve P3(120/220) pencerelerinde Çizelge 9'da hesaplanan sabit dış gölge elemanı biçim ve boyutu kullanılmaktadır. Güneşin gün dönüm saatleri güney cephede 09:00-15:00 saatleri arasındadır. P1(120/120), P2(120/150), P3(120/220) penceresine sabit dış gölge elemanının yaptığı SC(gölge katsayısı) veriminin incelendiği vakit ise 21 Temmuz saat 13:00' dür. Bu araştırma amacı, Adana'da bina güney cephesinde yönetmeliğe göre en fazla 0.50 m çıkma yapan sabit dış gölge elemanının pencere en ve boy parametreleriyle bağlantılı gölgeleme veriminin incelenmesi ve ideal pencere boyutunun tespit edilmesidir.

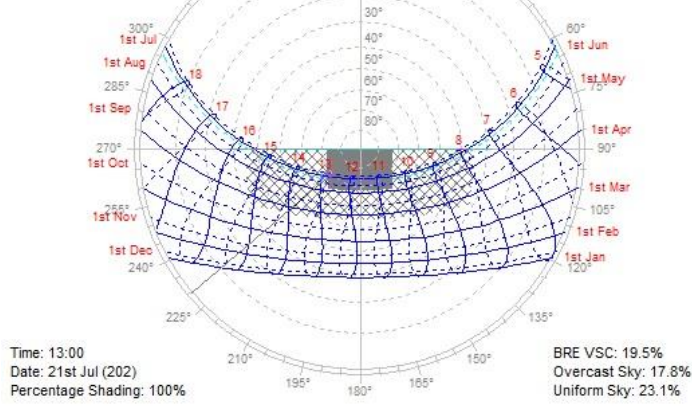
Stereographic Diagram

Location: 37.0°, 35.0°

Sun Position: -130.2°, 67.0°

HSA: 49.8°

VSA: 74.7°

**Effective Shading Coefficients**

Latitude: 37.0°

Longitude: 35.0°

Timezone: 30.0° [+2.0hrs]

Orientation: 180.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	12.0%	21.0%	0.0%
February	21.5%	32.0%	0.0%
March	34.8%	55.0%	0.0%
April	71.0%	94.0%	25.0%
May	88.6%	100.0%	57.0%
June	93.0%	100.0%	76.0%
July	87.1%	100.0%	54.0%
August	62.8%	88.0%	25.0%
September	31.0%	46.0%	2.0%
October	19.2%	31.0%	0.0%
November	11.1%	19.0%	0.0%
December	8.2%	15.0%	0.0%
Winter	13.9%	22.7%	0.0%
Summer	89.6%	100.0%	62.3%
Annual	45.0%	58.4%	19.9%

37° Enlem Adana, 21 Temmuz, Saat 13:00, Güney cephe P1(120/120) pencere

Çizelge 11. 0.50m eninde sabit gölge elemanının P1(120/120) Penceresine gölgeleme verimi etkisi

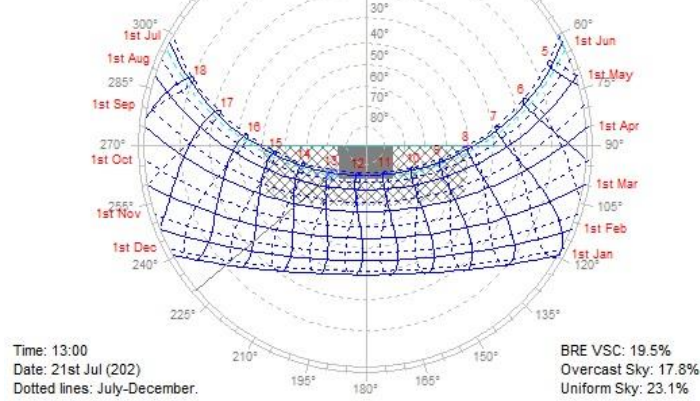
Stereographic Diagram

Location: 37.0°, 35.0°

Sun Position: -130.2°, 67.0°

HSA: 49.8°

VSA: 74.7°

**Effective Shading Coefficients**

Latitude: 37.0°

Longitude: 35.0°

Timezone: 30.0° [+2.0hrs]

Orientation: 180.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	9.1%	16.0%	0.0%
February	16.7%	25.0%	0.0%
March	28.2%	43.0%	0.0%
April	58.5%	79.0%	22.0%
May	82.5%	100.0%	43.0%
June	88.5%	100.0%	66.0%
July	80.6%	100.0%	42.0%
August	50.2%	71.0%	21.0%
September	25.6%	38.0%	2.0%
October	15.3%	22.0%	0.0%
November	8.4%	14.0%	0.0%
December	6.6%	13.0%	0.0%
Winter	10.8%	18.0%	0.0%
Summer	83.9%	100.0%	50.3%
Annual	39.2%	51.8%	16.3%

37° Enlem Adana, 21 Temmuz, Saat 13:00, Güney cephe P2(120/150) pencere

Çizelge 12. 0.50m eninde sabit gölge elemanının P2(120/150) Penceresine gölgeleme verimi etkisi

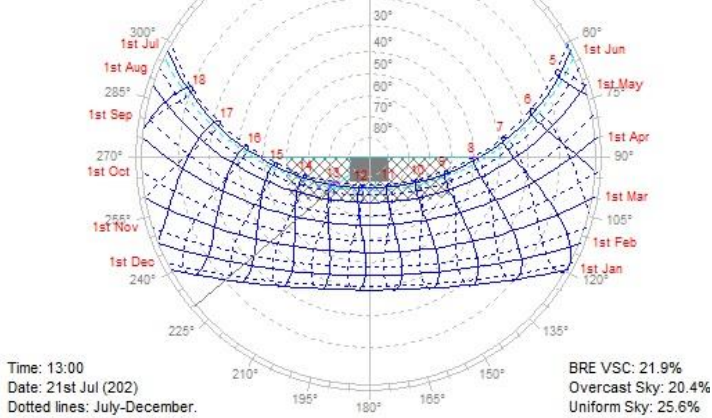
Stereographic Diagram

Location: 37.0°, 35.0°

Sun Position: -130.2°, 67.0°

HSA: 49.8°

VSA: 74.7°

**Effective Shading Coefficients**

Latitude: 37.0°

Longitude: 35.0°

Timezone: 30.0° [+2.0hrs]

Orientation: 180.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	6.0%	11.0%	0.0%
February	11.3%	19.0%	0.0%
March	18.8%	31.0%	0.0%
April	38.6%	52.0%	14.0%
May	62.6%	87.0%	29.0%
June	74.9%	100.0%	43.0%
July	59.6%	80.0%	29.0%
August	33.4%	47.0%	12.0%
September	16.7%	25.0%	0.0%
October	10.0%	17.0%	0.0%
November	5.6%	10.0%	0.0%
December	3.8%	8.0%	0.0%
Winter	7.1%	12.7%	0.0%
Summer	65.7%	89.0%	33.7%
Annual	28.4%	40.6%	10.6%

37° Enlem Adana, 21 Temmuz, Saat 13:00, Güney cephe P3(120/220) pencere

Çizelge 13. 0.50m eninde sabit gölge elemanının P3(120/220) penceresine gölgeleme verimi etkisi

***Çizelge 11, Çizelge12 ve Çizelge 13'ün Tercümeleri Çizelge 7 ve Çizelge 10'da verilmiştir.

P1(120/120), P2(120/150), P3(120/220) pencereleri artan yükseklik değerlerine göre gölge elemanının SC(gölge katsayısı) verimi ve stereografik diyagram karşılaştırması Çizelge 11, Çizelge 12 ve Çizelge 13'de gösterilmiştir. The solar tool programının analiz sonuçlarına göre elde edilen veriler aşağıdaki gibidir.

- Pencere yüksekliği arttıkça 50/200 cm sabit dış yatay gölge elemanının 37° enlemde güney cephede gölgeleme verimi azalmaktadır. P1(120/120) penceresinde dış gölge elemanı yazın ortalama %89,6 gölgelik alan sağlarken, P2(120/150) penceresinde bu değer %83,9 olmaktadır. Pencere yüksekliğinin artmasıyla gölgeleme veriminde %5,7'lik bir azalma görülmektedir. Yaz aylarında en fazla gölgeleme verimi, P1(120/120) pencere seçimiyle sağlanmaktadır. Pencere yüksekliğinin 2.20 m olarak seçimi ise gölgeleme ihtiyacını karşılayamamaktadır.

- Pencere yüksekliği arttıkça, yatay gölge elemanının yerden yüksekliği de artar. Fakat gölge derinliğinin dış gölge elemanının yerden yüksekliğinden etkilenmediği görülmektedir. Bu sonuca göre gölge elemanının yerden yüksekliğine bağlı olarak gölgeleme veriminin değişmediği anlaşılmaktadır.

- Tüm pencerelerde saat 09:00'da gölge yönü pencerenin sağ tarafına(batı yönüne) düşmektedir. Saat 09:00'dan saat 12:00'ye kadar gölge alanı, batı yönünden doğuya yönelerek yatay gölgeleme elemanı ile dike yakın açı yapmaktadır. Saat 12:00'de güneş dike yakın açıyla geldiğinden dolayı gölge, gölge elemanının düşey hizasındadır. Saat 12:00'den 15:30'a kadar gölge yönü pencerenin sol tarafında (doğu yönünde) uzamaktadır. Saat 15:45'ten 18:30'a kadar ise güneş, güney cepheden ayrılarak güneydoğu yönünde dönmektedir. Saat 18:45'te güneş gün dönümünü tamamladığı için gölgelemeye ihtiyaç kalmamaktadır.

Stereografik diyagramlarda gölge alanlarının,

*P1(120/120) penceresinde nisan ayından eylül'e kadar,

*P2(120/150) penceresinde mayıs ayından ağustos'a kadar

*P3(120/220) penceresinde ise mayıs'tan ağustos ayına kadar olup gölge alanının P2(120/150) penceresine göre daha kısa olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği md.41'de belirtilen bina cephelerinde maksimum 0.50 m yapılabilen güneş kırıcıya uygun en iyi gölgelenecek pencere genişlik ve yükseklik ölçüleri araştırması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Pencere eni sabit kabul edilerek yükseklik değeri arttıkça gölgeleme veriminin azaldığı, yaz ve kış aylarında gölge katsayı değerinin düştüğü gözlemlenmiştir.
- Pencere yüksekliğinin artması ile sabit dış gölgeleme elemanın taradığı yıllık gölgelik alan nisan ayından mayıs ayına gerilemektedir. P3(120/220) penceresinde yüksekliğin artması ile P1(120/120) ve P2 (120/150) penceresine göre taradığı gölgelik alan kısalmaktadır.
- Pencere genişliği ve sabit dış gölge elemanının yerden yüksekliği, gölgeleme verimine etki etmemektedir.

Yapılan Analizin sonucunda;

- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre belirlenen maksimum 0.50m çıkmaya uygun istenilen gölgeleme verimini sağlayacak pencere açıklığının P1(120/120) ve P2(120/150) olduğu belirlenmektedir. P3 (120/220) penceresinde SC(gölge katsayı) verimi yetersiz kalmıştır.
- Yönetmelikte verilen bina cephesinde 0.50m çıkma yapan sabit gölge elemanına uygun optimum pencere boyutunun 1.20/1.20 m olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın aşağıdaki çalışmalara altyapı oluşturacağı düşünülmektedir.

- Tespit edilen pencere boyutunun tasarlanacak olan binalarda enerji verimliliği sağlamada
- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin belirlediği yatay gölgeleme elemanı maksimum genişliği 0.50 m' dir. Bu nedenle P3 (120/220) penceresi gibi uzun ve ince pencere biçimlenişi için dış gölge elemanı boyut, biçim ve malzeme araştırmasına,
- Enerji kaybını önlemek ve ısısal konforu sağlamak için yapılan pencere boyut, biçim ve malzeme araştırmalarına,

- Pencere ve yatay gölgeleme elemanı birleşim, uygulama ve montaj detaylarının boyut ve biçime bağlı olarak işlevsel, ekonomik çözümü ile ilgili araştırmalara alt yapı olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Ching, F. D. & Shapiro, I. M. (2014), Green Building Illustrated. Hoboken, N.J., Wiley.
- SCUITO, S., (1998) Solar Control: an integrate approach to solar control techniques, Renewable Energy, n:15; 368-76
- OLGYAY, V. (1957), Solar Control and Shading Devices, Princeton University Press, Princeton.
- SZOKOLAY, S.V. (1980), World Solar Architecture, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Yüceer, N.S. (2010), "Gölge Elemanı Tasarımına Bir Yaklaşım ve Adana Örneği", METU. JFA Dergi, 27:2, s.1-13
- Yüceer, N.S. (2015), "Yapıda Çevre ve Enerji", Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık TİC. LTD. ŞTİ., İstanbul, s.392
- Duffie, J.A. and Beckman, W.A. (2013), Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Szokolay, S. (2008), Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Oxford: Architectural Press.
- Szokolay, S.V. (2007), 'Solar Geometry', PLEA, The University of Quesnsland, 2. Edition ISBN: 0-86766-634-4, Birisbane.
- DATA G. (2001) Effect of Fixed Horizontal Louver Shading Devices on Thermal Performance of Building by TRNSYS simulation, Renewable Energy, n: 23; 497-507.
- Tsangrassoulis, A., Pavlou, C., Santamouris, M., Wilfried, P., Scheiring, C., (2001), 'A new value of average beam solar heat gain coefficient for innovative daylighting systems', Energy and Buildings 33, 519-524.
- Kabre, C., (1999), Winshade, A computer design tool for solar control, Building and Environment, n:34; 263-74.
1. <http://solar-tool.software.informer.com/>
 2. <http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/SolarTool>
 3. <http://kapilardiyari.com/pencere/standart-pencere-olculeri>
 4. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017, md 41
 5. TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği

Bitkilendirilmiş Cephelerin Çevresel ve Ekolojik Etkileri

Serpil Çerçi

Konu Başlık No:

ÖZET

Enerji krizi ve iklim değişiklikleri sorunları karşısında, mimarlar binalarda enerji gereksinimi arayışlarında yeni yaklaşımlar geliştirmeye başlamıştır. Bu yaklaşımlardan birisi, çatı ve cephelerin yeşillendirilmesidir ve son yıllarda önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Cephe yeşillendirme, sıcak iklimlerde yaz dönemlerinde bina yüzeyinde soğutma potansiyeli sağlayabilir ve cephede ısınmayı önleyerek binadaki iç iklim üzerinde de bir etkili olabilir. Bu makale, cephe yeşillendirme sistemlerinin performansını inceleyerek, bina ve kentsel sıcaklık etkisi üzerine odaklanmıştır. Kentsel ısınma adaları, sel, biyolojik çeşitlilik kaybını önleme, ısı yalıtım vb. açılardan yüksek potansiyele sahip olan cephe yeşillendirme sistemlerinin dezavantajları yanısıra, bazı özellikleri ve üstünlükleri (mikroklimayı artırma, sıcaklığın azaltılması, hava neminin artması gibi) ortaya konmuştur. Ayrıca, cephelerin kentlerin en büyük yüzeylerini temsil etmesi nedeniyle gelecekte bazı sorunlara karşı tasarımcılar için uygulanabilir teknolojilerin, kentsel planlama süreçlerine entegrasyonuna katkı sağlamasının yolları araştırılmıştır. Özellikle yeşil alanların giderek azaldığı ve yüksek sıcaklığa sahip olan kentlerde sıcaklık yükseklerinin düşürülmesi gibi fiziksel özelliklerin bina yeşillenmesi ile iyileştirilmesi konusunda bazı öneriler getirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Bitkilendirilmiş Cephe, İklim Değişikliği, Dikey Bahçelerin Ekolojik ve Ekonomik Etkileri

ABSTRACT

Faced with the energy crisis and climate change issues, architects have begun to develop new approaches to the energy needs of buildings. One of these approaches is the greening of the roofs and facades and has begun to take an important place in the last decade. Facade greening can provide cooling potential on the surface of the building during summer in hot climates and can also be effective on the internal climate of the building by preventing warming on the facade. This paper focuses on the effect of building and urban temperature, examining the performance of facade greening systems. Urban warming islands, floods, prevention of loss of biodiversity, heat insulation and so on. some features and advantages (such as increasing microclimate, decreasing temperature, increasing air humidity) have been revealed, as well as some disadvantages of facade greening systems with high potential from the openings. Moreover, because facades represent the greatest surface of cities, the ways in which future technologies can be applied to designers to integrate them into urban planning processes have been researched. Some proposals have been made to improve the physical characteristics of buildings such as lowering the temperature elevations, especially in some cities where green areas are gradually diminishing and having high temperatures, by building greening.

KEY WORDS

Planted Facade, Climate Change, Ecological and Economic Effects of Vertical Gardens

1.GİRİŞ - BITKILENDİRİLMİŞ CEPHELER

Bugün, dünya nüfusunun çoğunluğu kentlerde yaşamakta ve bu eğilim her geçen gün artmaktadır. Birleşmiş Milletlerin son raporuna göre, kentlerde yaşayan nüfusun 2050 yılına kadar % 67 oranında artması beklenmektedir. Bu durum, küresel ölçekte sera gazı emisyonlarının artması enerji kaynaklarının tüketilmesi, kentsel ısınma adası oluşumu gibi çeşitli çevresel sorunları ortaya koymaktadır [Beşir, 2018]. Örneğin, binaların ısıtılması ve soğutulması için gereken enerji miktarındaki artış, hava sıcaklıklarında yükselmeye yol açması nedeniyle, kentsel alanlar giderek daha sağlıklı hale gelmektedir [Abdullahi, 2016].

Doğal alanlarını kaybeden kentlerin yeniden yaşam değerine sahip olması ve geleceğe hazırlamak için, doğayı, özellikle bitkileri geri getirmenin yolları aranmaktadır [Samar, 2012]. Artan enerji krizi ve iklim değişiklikleri sorunları karşısında tasarımcılar, kentsel alanlarda enerji gereksinimi arayışına yeni yaklaşımlar geliştirmeye başlamıştır. Bu yaklaşımlardan çatı ve cephe yeşillendirmesi, son yıllarda önemli bir yer tutmuştur [Elgizawy, 2016]. Kentlerdeki mevcut alan yetersizliği nedeniyle, günümüzde artık uygulanabilir olmayan yeşil alanlar, cephe yapılandırılmalarında ilginç bir seçenek olarak önemli bir yer tutmuştur [Sheweka, 2012].

"Bitkilendirilmiş cephe" veya "dikey bahçe" olarak da adlandırılan yeşil cepheler, bitkilerin sistemli ve organize bir bakım ile bina veya duvarların dikey yüzeyleri üzerinde yetiştirildiği bir sistemdir [Farid, 2016]. 100 yıldır tartışılmakta olan bu sistemler ile ilgili teknik problemler günümüzde giderek azalma göstermiştir.

Tarihi geçmişine göz attığımızda, bitkilendirilmiş cephelerin yeni bir teknoloji olmadığı, ancak mevcut kentsel tasarımın bir bileşeni olarak birçok yarar sağlayabileceği anlaşılmaktadır. 19. yüzyılda birçok Avrupa ve bazı Kuzey Amerika şehirlerinde odunsu tırmanıcı bitkilerin sıklıkla cephelerde örtü olarak kullanıldığı; pek çok Alman kentinde teşvik programları ile iyileştirilen cephelerde tırmanıcıların yetiştirilmesi ve korunması konusunda evsahibi / kiracı girişimlerinin desteklendiği görülmektedir [Şekil. 1]. 1980' lerden günümüze kadar yapılan araştırmalarda, bitkilerin cepheler üzerindeki tozu hafifletme yeteneği, yalıtım ve buharlaşmanın verdiği soğutma etkileri, kuşlar, örümcekler ve böcekler dahil kentsel yaban hayatı için bir yaşam alanı oluşturduğu, dolayısı ile, yeşil cephelerin, kentsel iklim ve binaların ekolojik ayak izini artırma potansiyelinin yüksek olduğu saptanmıştır [Köhler, 2008].

Bu nedenlerle, bitkilendirilmiş cepheler tüm dünyada ve birçok kentsel alanda yaygın hale gelmiştir. Avrupa'da çok sayıda cephenin yenilenme aşamasında, yapıların fiziksel özelliklerini yeşillendirme ile arttırmanın, maksimum sosyo-ekonomik etkinin ortaya çıkması ve kentin doğasını geri getirmenin çok anlamlı ve etkili olacağı düşünülmektedir [Scharf, 2015]. [Şekil. 2, 3, 4].



Şekil 1. Orta Avrupa'da uzun zamandır var olan geleneksel balkon yeşilliği [Köhler, 2008]

Yapılan araştırmalarda, tropik veya kurak iklimlerin tüm yapılanmalarında cephenin bitkilendirilmesi ile yüzey sıcaklığının düşürülmesinden büyük ölçüde yararlanıldığı ve bunun sonucunda klima yüklerinde azalma olduğu sonucuna varılmıştır [Fuller, 2015]. Singapur Ulusal Üniversitesi tarafından yapılan araştırmaya göre, bir binanın sıcaklığı 1° C azaltıldığında, tüketilen elektrik miktarının da % 5 oranında azalabileceği; buna bağlı olarak dikey yeşillendirme sistemi ile, binadaki sıcaklığın gündüz 2° C, gece 0,4° C düşürülebileceği ortaya konmuştur [Othman 2016].

2. BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHELERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Bina cephelerinde bitki örtüsünün kullanımı estetik, sosyal, ekolojik ve çevresel olarak birçok avantaj sunmaktadır [Abdollahi, 2016]. İnşaat ve bakım için yüksek maliyet, sulama ve besin arz sistemi zorunluluğu gibi bazı dezavantajları yanı sıra, büyük kentlerin çeşitli olumsuz yönlerinin çözümüne katkı sağlayan bitkilendirilmiş cephelerin çevresel etkileri şu şekilde özetlenebilir:

- Kentsel ısı adası etkisini azaltma (binanın aşırı ısınmasını önleme ile kent içi radyasyon ve sıcaklığı azaltma, hava nemini artırma)
- Hava kalitesinin iyileştirilmesi (karbon dioksit depolama, bazı kirletici maddeleri azaltma)
- Enerji verimliliğini iyileştirme
- Gürültü kirliliğini azaltma
- Su tutma ile taşkın riskini önleme
- Biyolojik çeşitliliğin kaybını önleme [Scharf, 2015] gibi çevresel ve ekolojik etkileri ile kentleri önemli ölçüde etkileyen iklim değişikliğinin olumsuz yönlerini koruyucu etkiye sahiptir [int.1].



Şekil 2. Madrid' teki Caixa Forumu [Mir M, A., 2011]



Şekil 3. Portland' da Amerikan Mimarlık Enstitüsü [int.2]



Şekil 4. Anhem'de bir bahçe [int.2].

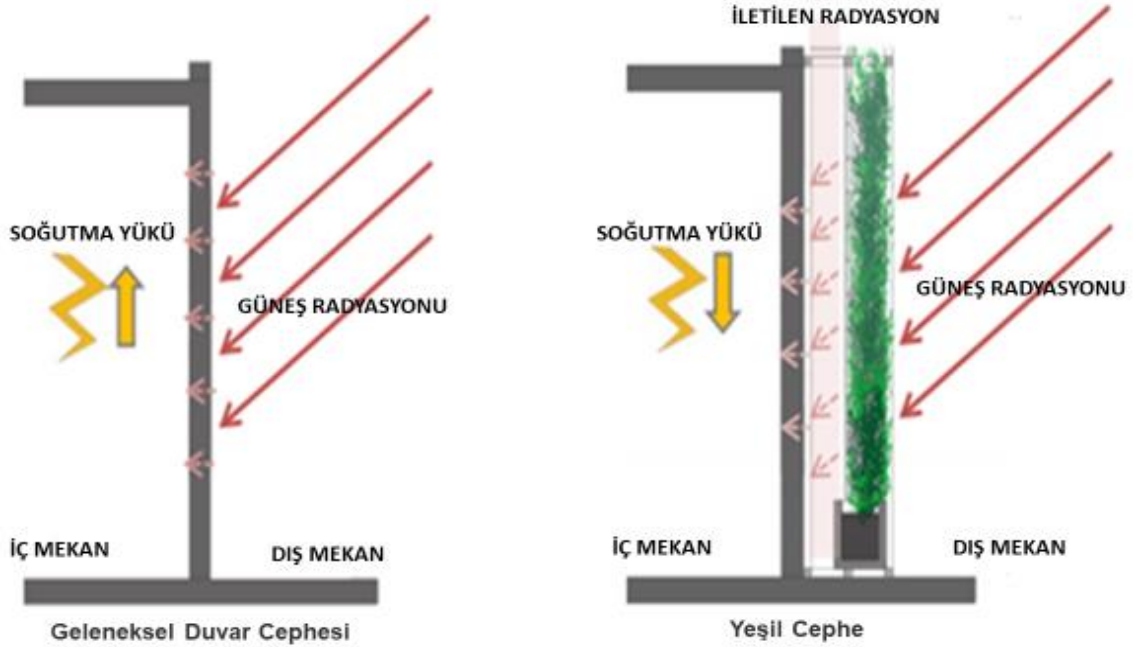
Bitkilendirilmiş Cephe Tipolojileri

Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin doğru bir şekilde anlaşılması ve binalarda etkili bir şekilde kullanılması için, öncelikle, türleri, özellikleri, uygulama alanları ve potansiyel yararları ile birlikte açıkça tanımlanması; daha sonra, binalarda bu sistemlerin kullanımı, enerji tasarrufu, termal etkisi ve mimari özellikleri gibi çeşitli yönlerden incelenmesi esastır [Beşir, 2018].

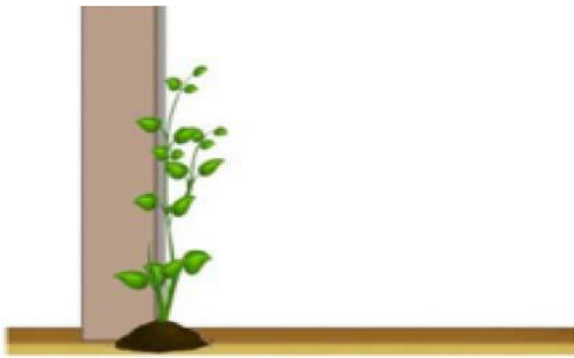
Feng ve Hewage (2014)' e göre, bitkilendirilmiş cepheler;

- yeşil cepheler ve
- yaşayan duvarlar olarak sınıflandırılır [Şekil 6, 7].

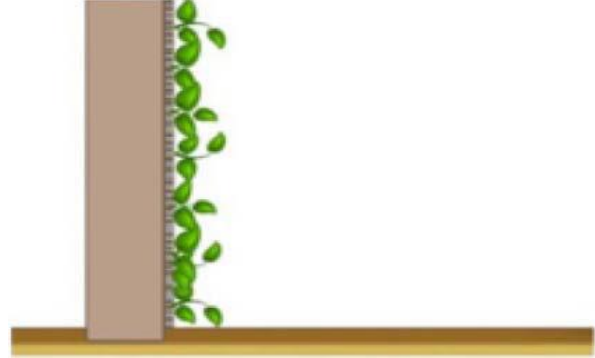
Yaşayan duvarda, yapısal bir duvara veya çerçeveye tutturulmuş önceden bitkilendirilmiş levhalar bulunur. Yeşil cephede, bitkiler cephenin farklı seviyelerindeki toprak zemin üzerinde veya ekme kutuları içerisinde köklenebilirler ve cepheye tırmanarak yükselirler [Abdullahi, 2016]. Yeşil cephe, insana ve çevreye yarar sağlayan bina zarfı/kabuğu olarak kullanılabilir. Tırmanan bitkiler, uygulaması en basit ve ucuz olduğundan yaygın olarak kullanılır. Diğer türler ise, tasarımın ihtiyaçlarına göre daha çok işlevli ve karmaşık bir sistem gerektirirler. Canlı ve tırmanan bitkileri destekleyen sistemler; kafes sistemi, planter kutusu sistemi ve keçe katmanı sistemi olarak bilinir [Farid, 2016].



Şekil 5. Geleneksel duvar cephesi ile yeşil cephe arasındaki fark [Abdullahi, 2016].



Şekil 6. Yeşil cephe [Beşir, 2018]



Şekil 7. Yaşayan duvar [Beşir, 2018]

Kendinden tırmanan ve odunsu bitkiler herhangi bir ek destek olmadan cephe yüzeyine doğrudan tutunabilir ve cephe boyunca büyüyebilir. Yeşil duvarların ana unsurları, bitki, bitkileri destekleyen ve cepheye bağlayan yapılar ve tasarıma bağlı sulama sistemidir [Farid, 2016]. Dikey yeşil bir cephe oluşturmak için, bitki belirli özelliklere sahip olmalıdır. Duvar veya bitkiyi tutan kutular sistemli olarak toprak ve su ile doldurulmalıdır. Genellikle bitkilendirilmiş cephe için kullanılan bitkiler, asma, tırmanıcı veya kökleri dışarda olan bitkilerdir. Destek yapı, bitkinin yapıya veya basamağa tırmandırması için kullanılır [Othman, 2016].

Ilıman iklimlerde bulunan binalarda yeşil duvarlar için oldukça büyük çeşitlilikte bitki türü (örneğin orta Avrupa’da, 30 ile 50 adet uygun odunsu tırmanıcı türü) kullanılabilir. Buna karşılık, tropik bölgelerde yeşil cepheler için 300 ile 500 adet kullanılabilecek bitki türü, büyük ölçüde biyolojik çeşitliliğin kaybını önlemeye yardımcı olur [Köhler, 2008] [int. 3].

- **Kentsel Isı Adası Etkisini Azaltma ve Enerji Tasarrufu**

Beton, tuğla, cam ve geçirimsiz geniş alanlar ile döşenmiş patika ve yollar, kentsel alanlarda ısınmaya katkıda bulunur ve kırsal alanlardan daha sıcak hale gelir. Bu durum ‘Kentsel Isı Adası Etkisi’ olarak adlandırılır. Isı adası etkisini oluşturan en önemli neden, kentsel gelişmeye bağlı olarak nüfus yoğunluğunun giderek artmasına karşın bitki örtüsü ve suyun önemli ölçüde azalmasıdır. Örneğin, bina inşa etmek için bitki örtüsüne sahip alanların yerini, beton ve asfalt malzeme almakta, böylece gündüz emilen ve muhafaza edilen ısı, daha sonra gece saatinde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, gün boyunca araç, klima, fabrika gibi yerlerden çıkan ısının da eklenmesi ve onları emmek (absorbe etmek) için yeterli bitki örtüsünün olmaması, kentlerdeki sıcaklıkların artmasının bir başka nedeni olmaktadır. Isı adaları, yaz aylarında zirve yapan enerji talebini, klima giderlerini, hava kirliliğini ve sera gazı emisyonlarını, ısı ile ilgili hastalık ve ölüm oranını ve su kalitesini artırarak toplulukları etkileyebilir [Samar, 2012] [int. 4].

Bu soruna olası bir çözüm, bitkilerin buharlaşma ısısı yoluyla atmosferdeki sıcaklığı düşürmesidir [Samar, 2012]. Yeşil cepheler, yüzeye uygulanan herhangi bir kaplama malzemesinde olduğu gibi güneşi kısmen gölgeleyerek ısı dirençte iyileştirme sağlar. Bu tür uygulamalar güneş radyasyonunu emerek, yaprak buhar soğurumu (yaprakların yakaladığı yağmur suyunun buharlaşması ve bitki kökleri tarafından alınan suyun terlemesi) ve soğutma etkisiyle kendi mikro iklimini yaratır [Fuller, 2015].

Büyük miktarlarda güneş ışını ve buhar soğurumu yoluyla, ısı artışını engelleyen latent ısıya (yoğuşmanın gizli, algılanmayan ısısı) dönüştürebilir. Buna ek olarak, tamamen yeşilliklerle kaplı bir cephe, yaz aylarında yoğun güneş radyasyonundan korunur, yeşillik miktarına ve türüne bağlı olarak alınan güneş ışınını % 40 ile % 80 arasında yansıtabilir veya emebilir. Cephe malzeme yüzeyi üzerinde yükselen sıcak hava, üstten gelen temiz hava ile yer değiştirir ve ısı adası etkisini azaltır. Bu nedenle, cephe yüzeyindeki sıcaklık, çevredeki alanlardan daha düşük olma eğilimindedir. Özetle, bitki örtüsü, radyasyonun içeriye değil dışa aktarımını engelleyen bir bariyer gibi potansiyel yalıtım aracı haline gelir [Samar, 2015]. Sıcak iklimlerde yaz aylarında bina yüzeyinde oldukça gerekli ve önemli görülen soğutmayı sağlayarak binanın iç mekan konforu ve iklimi üzerinde de etkili olabilir. Dolayısı ile, yeşil cephelerin daha az ısı çekmesi ve kaybetmesi aynı zamanda buharlaşmaya da neden olması, kentin ikliminin daha soğuk olmasına yardımcı olur ve kentsel ‘ısı adası’ etkisinin azaltılmasına katkıda bulunur [int. 5].

- **Yapı Kabuğunun Rüzgar Hızını Etkileme ve Termal Performansı Artırma**

Dikey yeşillendirme bir binayı güneşin sıcaklığına karşı yaz aylarında koruduğu ve daha serin tuttuğu gibi kışın da, binayı rüzgardan korumakta ve (cephe boyunca konveksiyon yoluyla bitki örtüsü ile bina arasındaki hava cebi sayesinde) ısı kaybını azaltabilmektedir. Perini ve arkadaşları yeşil cephede oluşan hava boşluğunun, yapı kabuğunun rüzgar hızını etkileyebileceğini ve termal performansı artıran bir tampon oluşturacağını belirtmişlerdir [Samar, 2012].

Bitki örtüsü ile bir bina arasında, 5 cm’lik sabit bir hava cebi ile 2.9 W / m²K’lık bir ısı transfer katsayısı elde edilebilir. Cephe ve bitki örtüsü arasındaki yukarı doğru hava akımı yaz aylarında gerçekten rahatlatıcı bir etkiye sahip olabilir. İstenilen etkiye bağlı olarak yaz ve kış mevsimine göre yeşil veya yaprak döken bitki örtüsü ile güneş ışınları ve rüzgar kontrol edilebilir [Krusche, 1982].

- **Hava Kalitesinin İyileştirilmesi**

Bina cepheleri, gün ışığı, asit yağmuru gibi kalıcı çevresel etkiler altındadır. Binaları yok edebilen bu olumsuz etkiler, yaşayan duvar sistemleri olan yeşil cepheler ile ortadan kaldırılabilir. Ayrıca, duman ve oksijen üretimini azaltarak yerel hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olabilir. Kentsel ısı adasındaki kirlleticiler, sıcak havayla birlikte gökyüzüne kadar yükselerek ve yayılarak ve daha sonra kent merkezine geri dönerek hava kirliliği ve su kirliliği yaratabilmektedirler.

Dolayısı ile, havada ısıtılmış gazı absorbe edebilen, iç ve dış sıcaklıkları düşürebilen ve daha sağlıklı bir iç hava kalitesi ve daha güzel bir alan sağlayabilen yeşil duvarlar, havayı canlandırmada da yardımcı olmaktadır. Çeşitli bitki türleri fotosentez için havadan CO₂ gibi değişen miktarlarda farklı kirlilik

türlerini absorbe eder ve oksijen üretirler. Böylece çevresel estetiği yanısıra bitkilerin havadaki kirliliği emme kapasitesi artırılabilir. Kentsel alanlardaki bitkilendirilmiş cepheler, azot dioksit, kükürt dioksit ve ozon dahil olmak üzere havadaki partiküllerin vejetasyon filtrelemesiyle kirlilik seviyelerini azaltabilir. Lancaster Environment Center tarafından hazırlanan bir makale, çeşitli partiküllerin % 40 ve % 60 oranında azaltılabileceğini öne sürerek hava kalitesinin iyileştirilebileceğini öne sürmektedir [Fuller, 2015] [int. 6].

Ayrıca, bitkilendirilmiş cephelerin sokak gürültüsünü 2,5 dB' den 3dB' e düşürdüğü ve sokağın her iki yanındaki cepheler arasındaki iç yankılaşmanın azalmasını sağladığı da ifade edilmektedir [Wong, 2010].

• Yaşam Döngüsü Yararları

Araştırmalarda, yeşillendirme sistemlerinin tüm iklim koşulları için uygun olduğu, yapı cephesiyle daha fazla entegrasyonun sürdürülebilirliği daha da geliştireceği önerilmektedir. Özellikle, sıcak iklim koşullarında yapıların yeşillendirmesi ile enerji tüketiminin sürdürülebilir bir çevreye katkı sağlayabileceği ortaya konmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalardan, bitkilendirilmiş cepheler için ölçülebilir faydalar bulunduğunu, ancak sürdürülebilir olma konusunda kullanılan materyallerin analizi ve seçiminin kritik bir önem taşıdığı ortaya çıkmaktadır [Fuller, 2015].

3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Kentsel alanlardaki küresel sıcaklığın yükselişi ile ısı artışını azaltmak için geliştirilen ve dikey bahçe olarak da adlandırılan bitkilendirilmiş cepheler, giderek daha önemli hale gelmektedir. Kentlerin en büyük yüzeylerini temsil edebilecek olan yeşil cepheler, ısı yalıtımı, enerji üretimi vb. açısından yüksek potansiyele sahiptirler. Bu olumlu etki, yalnızca ısı yalıtımı vb. konularda değil, aynı zamanda kentsel çevrenin peyzajı üzerinde de etkindir. Bu nedenle, bu tür uygulamalar mimarının sosyal sürdürülebilirliğini geliştirerek, fauna ve flora için yaşam ve etkinlik alanı sağlayarak binaların değerini arttırmaktadır.

Son yıllarda, planlama süreçlerinde, su tutma, ağırlık, ısı yalıtımı vb. özelliklerin geliştirilmesine odaklanan ve yeşil yüzeyleri teşvik eden bazı eğilimler gözlemlenebilir. Dünyada örneklerin hızla arttığı, ancak Türkiye'de çevresel sorunlara olan duyarlılığın ve ayrılan bütçenin azlığı nedeniyle, konu ile ilgili olarak yeterli miktarda çalışma yapılmadığı görülmektedir. Ayrıca, iklim değişikliklerine karşı alınabilecek yapısal önlemlerden biri olarak, dikey yeşil sistem kullanımının yaygınlaştırılması önemli görülmektedir.

Bu bilgiler ışığında geliştirilen öneriler aşağıdaki gibidir.

- Yeşil duvarlar ve çatılar inşa etmek, yeryüzünde bitki örtüsü yetiştirecek kadar geniş olmayan aşırı nüfusa sahip kentler için en iyi bir yoldur. Dolayısıyla, yeşil cepheler oluşturma uygulaması, kent sakinlerinin sağlıklarını (hem fiziksel, hem de zihinsel yollarla) ve yaşam kalitesini iyileştirmek için kentsel alanlarda yaygınlaştırılmalıdır.
- Özellikle sıcak iklimli bölgelerde, kentsel alanların daha düşük sıcaklığa yardımcı olabilecek yeşil duvarlar ve yeşil çatılar oluşturma konusu önemsenmelidir.
- Paydaşlar ve kamu yetkililerinin, bitkilendirilmiş cephelerin yüksek potansiyelini ve kentlere olan yararlarını fark etmesi ve yakın gelecekte her türlü inşaat projeleri için mimarlar ve inşaat müteahhitlerinin çok çeşitli güvenilir sistemler arasından seçim yapabilmesi için standartlar oluşturulmalıdır.
- Kentsel planlama süreçlerine entegrasyonunun öncülüğünde, cephe yeşillendirme teknolojileri ve sistemlerin özellikleri bilimsel olarak güvenli ve sağlıklı olarak belirlenmelidir.

Sonuç olarak, bir cephenin fiziksel performansı, uygulanan cephe yeşillendirilmesi ve onun işlevselliğinin optimize edilmesi de dahil olmak üzere, bir bütün olarak alınmalıdır. "Bu tür duvarların başarısı, çok yönlü bir araştırma, tasarım, eğitim, kurulum ve bakım programının sonucudur. Doğru

sistem için doğru ortamdaki doğru bitkilerin kullanılması ve teknolojinin arkasındaki bilim anlayışı, yeşil duvarların ömrünün anahtarıdır" [Fuller, 2015].

KAYNAKLAR

- [1]. Abdullahi, M. S., Alibaba, H. Z., (2016) "Facade Greening: A Way to Attain Sustainable Built Environment" International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, Volume 4, Issue 1, February, pp. 12-20.
- [2]. Besir, A. B., Cuce, E., (2018) "Green Roofs And Facades: A Comprehensive Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews 82(1):915-939, DOI: 10.1016/j.rser.2017.09.106, Elsevier, pp. 915-939.
- [3]. Elgizawy, E. M., (2016) "The Effect of Green Facades in Landscape Ecology" Procedia Environmental Sciences 34, Published by Elsevier Ltd, pp. 119 – 130
- [4]. Farid, F. H. M., et. al. (2016), "Green "Breathing Facades for Occupants' Improved Quality of Life", Procedia - Social and Behavioral Sciences 234, Published by Elsevier Ltd, pp. 173 – 184
- [5]. Fuller, D., (2015) "The NBS Guide To Façade Greening" (Part Three) NBS/RIBA Enterprises 12 November
- [6]. Feng H., Hewage K.N. (2014), Lifecycle Assessment Of Living Walls: Air Purification And Energy Performance, Journal of Cleaner Production, Elsevier, 69, 91-99, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.041.
- [7]. Köhler, M., (2008) "Urban Ecosystems, Green Facades - A View Back And Somevisions, Urban Ecosyst", DOI 10.1007/s11252-008-0063-x, Vol.11, pp. 423-436.
- [8]. Krusche, P., et. al (1982) "Ökologisches Bauen - Herausgegeben Vom Umweltbundesamt", Bauverlag GmbH, Wiesbaden & Berlin,
- [9]. Mir, M. A., (2011) "Green Façades and Building Structures", CIE5060, Delft Univ. of Technology, Delft.
- [10]. Othman, A. R., Sahidin N., (2016), "Vertical Greening Façade as Passive Approach in Sustainable Design" Procedia Environmental Sciences 222, Published by Elsevier Ltd., pp. 845 - 854.
- [11]. Scharf, B., (2015) "Green Walls For The City" <http://www.biotope-city.net/article/green-walls-city>
- [12]. Sheweka, S. M., Mohamed N. M., (2012) "Green Facades As a New Sustainable Approach Towards Climate Change" Cairo, Egypt. Energy Procedia 18, pp. 507 - 520
- [13]. Wong, N. H., et. al. (2010) "Acoustics Evaluation Of Vertical Greenery Systems For Building Walls; Building and Environment, 45: pp. 411-420
- [int.1]. <http://architek.com/products/green-facades> (02.02.2018)
- [int.2]. <http://www.nexitarchitecten.nl/project/standing-garden-arnhem> (05.02.2018)
- [int.3]. <https://www.researchgate.net/figure/Traditional-balcony-greenery> (05.02.2018)
- [int.4]. http://www.ssbx.org/images/projects/heat_island_big.gif (12.02.2018)
- [int.5]. <http://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/> (02.02.2018)
- [int.6]. http://www.ssbx.org/images/projects/heat_island_big.gif (12.02.2018)

Poliüretan ve Taşyünü Dolgulu Kompozit Panellerin Çevresel Performanslarının İrdelenmesi

Öğr. Gör. Emrah Yılmaz¹
Doç.Dr. Hakan ARSLAN²

Konu Başlık No: 1

TÜRKÇE ÖZET

Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak Kompozit inşaat malzemelerinin üretimi her geçen gün artmaktadır. Küresel aktivitenin önemli bir bölümünü oluşturan inşaat sektörü enerji ve malzeme tüketiminde öncü rol oynamaktadır. Bu durum kompozit inşaat malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesini önemli hale getirmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi bir ürünün ham maddelerinin elde edilmesinden başlayıp, üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafını da içeren sürecin çevre üzerindeki etkilerini belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan bilimsel bir yöntemdir. Bu çalışmada, inşaat sektöründe endüstriyel tesisler, alışveriş merkezleri, ticaret merkezleri gibi mekanlarda çatı ve duvar yapılarında kaplama elemanı olarak kullanılan kompozit panellerin üretiminde kullanılan malzemeler, üretim süreçleri ve çevresel performanları irdelenmektedir. Kompozit panellerden 100 mm kalınlığındaki poliüretan ve taşyünü dolgulu kompozit panellerin hammadde temini, üretim, bertaraf ve geri dönüşüm aşamaları Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yöntemiyle detaylı bir şekilde incelenerek karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda kompozit panellerin üretim aşamasının çevre üzerindeki etkilerinin ne kadar önemli olduğunu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER

Yalıtımlı kompozit panel, Yaşam döngüsü değerlendirmesi, Çevresel etki.

ABSTRACT

The production of composite construction materials is increasing day by day depending on the world's growing population. The construction sector plays a pivotal role in the consumption of energy and materials, which constitutes a significant part of global activity. This makes the assessment of the environmental impact of composite construction materials important. The life cycle assessment methodology is a scientific method that is used to identify, report and manage the environmental impacts of a product, starting with the acquisition of raw materials, including production, shipment, consumer use, and disposal as waste after use. In this study, materials, production processes and multimedia performances used in the production of composite panels used as covering elements in roof and wall structures in the construction sector such as industrial facilities, shopping centers, trade centers are examined. The production, disposal and recycling stages of composite panels with 100 mm thick polyurethane and stone filled composite panels were examined and compared in detail by the Life Cycle Assessment (LCA) method. As a result of comparison, it is seen how important the environmental effects of the production steps of composite panels are.

KEYWORDS

Insulated composite panel, life cycle assessment, environmental impact

¹ Emrah Yılmaz, Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 0380 542 1500, 0380 542 1501, emrahylimaz@duzce.edu.tr

² Hakan ARSLAN, Düzce Üniversitesi Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, 0380 542 1100, hakanarslan@duzce.edu.tr

1. Giriş

Kompozit malzemeler; iki veya daha fazla malzemenin belirli oranlarda ve tasarım düzeninde bir araya getirilerek daha iyi ve farklı özelliklere sahip yeni malzeme elde edilmektedir [1]. Bu yeni bileşen, münferit malzemelerden gelen yeni özellikleri içermekte ve geleneksel malzemelerle karşılaştırıldığında genellikle daha güçlü, daha hafif ve/veya daha ucuz olduğu için birçok nedenden dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca kompozit malzemeler, havacılık, uzay, otomotiv, inşaat vb. yüksek teknolojilerin zorluklarını karşılayabilmektedir [2].

Günümüzde kompozit inşaat malzemesi sektörü, hem hammadde açısından hem de tüketilen enerji açısından çevre üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Bu etkilerin hesaplanması ve azaltılmasına yönelik her geçen gün çalışmalar artmaktadır. İnşaat malzemesi sektöründe uygulanan yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi, malzeme sürecinin tüm aşamalarındaki etkisini değerlendiren bir tekniktir [3], [4].

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin inşaat sektöründe, kaynak tüketimi sorununun üstesinden gelmek, daha çevre dostu ve sürdürülebilir malzemelerin üretilmesini sağlamak, inşaat malzemelerini karşılaştırmak ve çevresel kaygılara hitap etmek için, yapıların çevresel performansını değerlendiren bir yöntem olan YDD (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi) kullanılmaktadır [5], [6].

YDD, kompozit bir inşaat malzemesinin tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel etkilerini kapsadığından, değerlendirilen bu çevresel etkileri tüm boyutlarıyla ve kapsamlı olarak yansıtır. YDD ile gerçekleştirilebilen kapsamlı ve bütünsel değerlendirme, söz konusu yapı ürününe ilişkin yapılacak olası modifikasyonların yol açacağı çevresel etkilerin farklı senaryolar için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini ve ilgili karar alma süreçlerine yansıtılabilmesini de sağlar. Endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşamları boyunca değerlendirilmesine yönelik olarak ortaya çıkan YDD yöntemi, zamanla inşaat sektörü tarafından da benimsenmiştir[7].

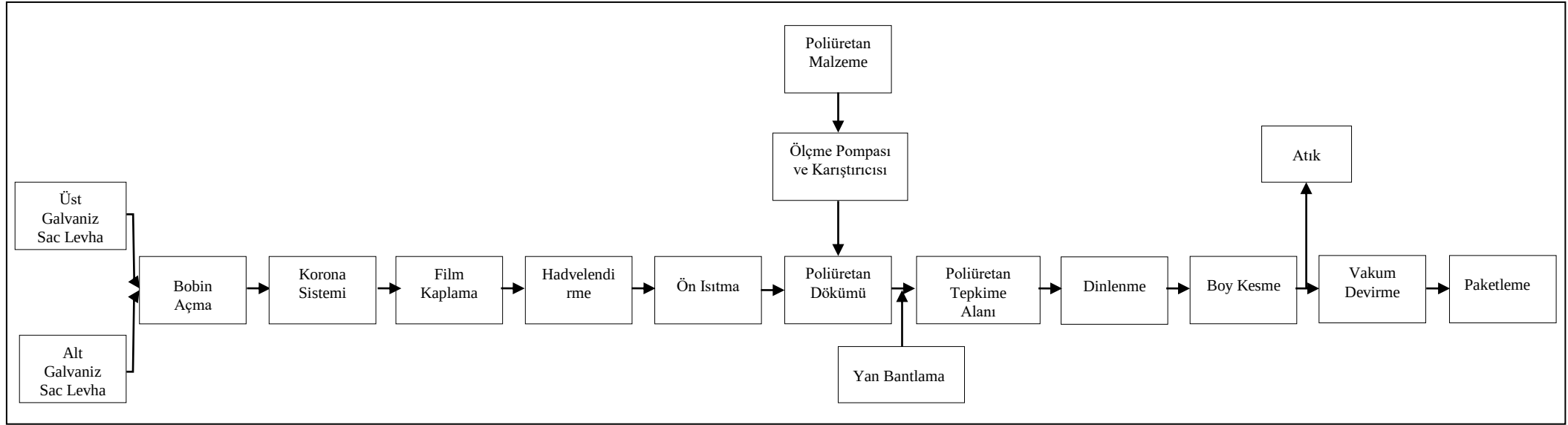
Dünyada inşaat üretimine paralel olarak inşaat malzemesi tüketiminin de her geçen gün arttığı gözlenmektedir. Montaj kolaylığı, işçilik ve zamandan tasarruf sağlaması, hafif olması, gerektiğinde sökülüp yeniden kullanılabilmesi gibi pek çok özelliğinden dolayı fabrikasyon ürünlerin tercih edildiği inşaat sektöründe, üretim bantlarında standart üretim yaklaşımı ile üretilen inşaat ürünlerinin çevresel etkilerinin incelenmesi önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel performansları irdelenecektir. Kompozit panellere ait çevresel etki sonuçları Avrupa Paneller ve Profiller Birliği tarafından yayınlanan poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellere ait Çevresel Ürün Beyanlarından (EPD) temin edilmiştir. Ayrıca YDD'si irdelenecek poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin üretim süreçleri hakkındaki bilgilere de Türkiye'de panel üretiminde önde gelen üretim tesisi ziyaret edilerek ulaşılmıştır.

2. Kompozit Panellerin Üretim Süreci

Kompozit paneller, 2 metal levha arasında çeşitli kalınlık ve yoğunlukta ısı yalıtım malzemesi doldurularak elde edilmektedir. Bu metal levhaların yapımında kalınlığı 0,5 – 0,7 mm arasında değişen alüminyum veya galvanize sac levhalar kullanılmaktadır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesini ise çoğunlukla poliüretan ve taşıyıcı oluşturmaktadır. Üretim aşamasında; bir uçtan üretim hattına giren metal levhalar şekillendirilerek, panelin alt ve üst yüzeyini oluşturan forma sokulmaktadır. Sonrasında metal levhalar arasına yalıtım malzemesi doldurulmakta böylece yalıtım malzemesi ve metal levhalar kompozit bir panel oluşturmaktadırlar. Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmektedirler. Kompozit paneller özel fırın boyaları ile istenilen her renge boyanabilmektedir. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanabilmektedir.

2.1. Poliüretan Dolgulu Kompozit Paneller

Bir uçtan üretim hattına giren, istenilen renkte ve kalınlıkta iki alüminyum veya galvanize sac şekillendirilerek kompozit panelin alt ve üst yüzeyini oluşturmakta, sonrasında levhalar arasına yalıtım malzemesi olarak farklı yoğunluk ve kalınlıkta poliüretan dökülerek poliüretan dolgulu kompozit panel oluşturulmaktadır. Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmektedirler. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanmaktadır. Poliüretan dolgulu kompozit panelin üretim akış şeması Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Poliüretan dolgulu kompozit panel üretim akış şeması

Bobin açma; Panelin alt ve üst katmanını oluşturan alüminyum veya galvanize sacların bobine takılması ile üretim süreci başlamakta olup üretim hattının başlangıç aşamasında yer alan üst bobin panelin üst cidarını, alt kısmına takılan bobinde panelin alt cidarını oluşturmaktadır.

Korona sistemi; Üretim bandındaki ilk adım, "korona" sistemi ile sac yüzeylerinin temizlenmesidir. Bu sistemde sac yüzeylerinin üstüne mikro delikler açılarak sacın ön temizlemesi sağlanmaktadır. Böylece poliüretanın saca daha iyi tutunması amaçlanmaktadır.

Hadvelendirme; Korona sisteminde temizlenen saclar hadvelendirme aşamasına geçmekte ve bu aşamada al ve üst sacın istenilen boyutlarda hadvelendirilmesi sağlanarak saca şekil verilmektedir. Bu aşamada sacın yüzeyine taşıyıcılığı sağlayan büyük hadveler ile mikro hadveler verilirken aynı zamanda kenar bitişleride şekillendirilmektedir.

Ön ısıtma; İstenilen şekle uygun hale getirilen saclar, ön ısıtmaya girerek poliüretan dökümüne hazır hale getirilmektedir.

Poliüretan Dökümü; Belirli oranlarda poliüretan takında hazırlanan karışım pompa yardımı ile ön ısıtma işleminden çıkan sacın üstüne dökümü gerçekleştirilir.

Yan Bantlama; Poliüretan döküm işlemi gerçekleştirilirken alt sacın her iki yanından poliüretanın akmaması için bantlama işlemi yapılır. Firmanın reklamının yapılması amacıyla bantların üzerinde şirket bilgileri yer almaktadır.

Poliüretan Tepkime Alanı; Poliüretan döküm işleminden sonra altta ve üstte ilerleyen saclar birbirine yaklaşarak alt sacın üstüne dökülen poliüretan bu aşamada köpürmekte ve panelin üst yüzeyine yapışmaktadır.

Dinlenme; Poliüretanın alt ve üst sac ile birleşerek tek parça haline geldiği aşamadır.

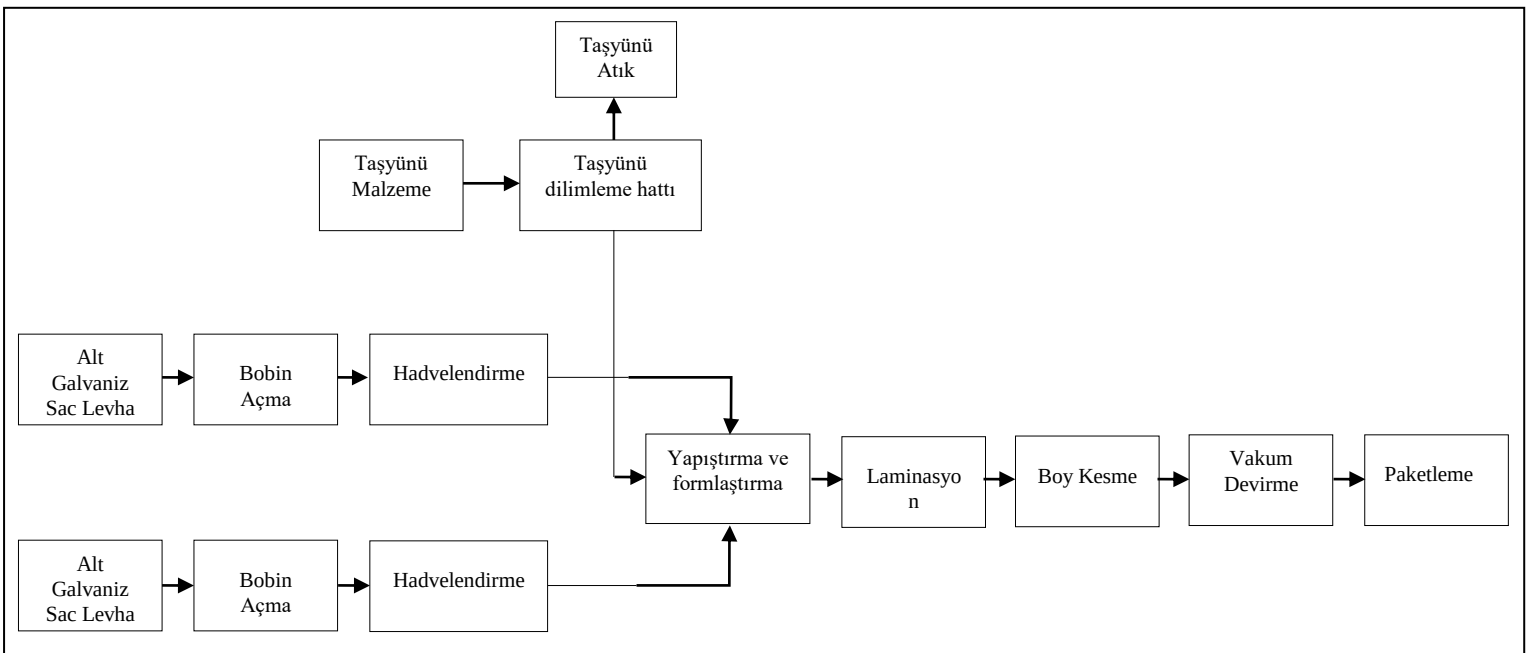
Boy Kesme; Bu aşamada paneller istenilen boyda boy kesme aleti ile kesilmektedir.

Vakum Devirme; İstenilen boyda kesilen paneller vakum devirme aleti ile üst üste konularak paketlemeye hazır hale getirilir.

Paketleme; Üst üste konularak istiflenen paneller dış yüzeyinin korunması amacıyla paketlenmektedir.

2.2. Taşyünü Dolgulu Kompozit Paneller

Bir uçtan üretim hattına giren, istenilen renkte ve kalınlıkta iki alüminyum veya galvanize sac şekillendirilerek kompozit panelin alt ve üst yüzeyini oluşturmakta, bu esnada taş yünü istenilen boyutta kesilerek sacın içine doğru götürülmektedir. Şekillendirilmiş sacın çekirdek malzeme (taşyünü) gelecek yüzeyine yapıştırıcı sürülerek malzemenin saca yapışması sağlanmaktadır. İstenilen renkte ve kalınlıkta iki alüminyum veya galvanize sac bobinlerin rulo açıcıya takılarak hadvelendirildikten, bu esnada taşyünü istenilen boyutta kesilerek, şekillenmiş sacın içine doğru götürülmekte ve taşyününün yapışması için üst saca yapıştırıcı sürülmektedir. Laminasyon bölümünde alt sac, iç dolgu ve üst yüzeyin birleşmesi sağlandıktan sonra taşyünü dolgulu kompozit panel oluşturulmaktadır. Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilir. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanır. Taşyünü dolgulu kompozit panel üretim akış şeması Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Taşyünü dolgulu kompozit panel üretim akış şeması

Taşyünü dolgulu kompozit panellerde bobin açma, hadvelendirme, boy kesme, vakum devirme ve paketleme sistemi poliüretan dolgulu kompozit panel üretimi için aynı olup üretim akış şemasında olan farklı olan sistemler aşağıda açıklanmıştır.

Taşyünü dilimleme hattı; Hadvelendirme işlemiyle eş zamanlı olarak taşyünü istenilen boyutta kesilir ve alt sacın içine doğru ilerlemesi sağlanır.

Yapıştırma; Üst sacın taşyünü ile temas edeceği yüzeye yapıştırıcı sürülmektedir.

Laminasyon; Yapıştırma işleminden sonra, arasında taşyünü bulunan saclar preslenmek ve yapıştırıcı ile yalıtım tabakasının kimyasal reaksiyonunun tamamlanması için laminasyon aşamasına geçilir. Bu arada alt sac, taşyünü ve üst sacın birleşimi sağlanır.

2.3. Kompozit Panel Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Poliüretan ve taşyünü dolgulu kompozit paneller, iç ve dış metal levha ve yalıtım çekirdeğinden oluşmaktadır. Yapıların dış kabuğunu ısı, su ve ses yalıtımı olarak estetik bir şekilde çözen bu paneller; fabrikalar, sanayi yapıları, askeri yapılar, sosyal yapılar, zirai yapılar, spor tesisleri, şantiye binaları, silolar, hipermarketler, alışveriş merkezleri, soğuk hava depoları, hal binaları gibi taşıyıcı sistemi çelik veya prefabrike olan büyük boyutlu binaların çatı ve duvarlarında kullanılmaktadır.

Galvaniz Sac

Sıcak daldırma galvanizleme, metallerin korozyondan korunması için dünya çapında çok yaygın kullanılan, ekonomik ve dayanıklı bir tekniktir. Temel olarak, metallerin erimiş halde bulunan çinko havuzuna daldırılmasıyla malzeme yüzeylerini çinko ile kaplama sürecidir. Metallerin çinko ile kaplanması uzun süre koroziyon ortamlara karşı güçlü bir koruma sağlamaktadır. Galvanizleme süreci yüzey hazırlama, galvanizleme süreci ve yüzey temizleme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır [8], [9]. Çinko doğal bir element olduğundan dolayı hem çevresel açıdan rahatsız edici bir etki oluşturmaz hem de ahşap, taş veya cam gibi diğer doğal malzemeler ile uygun bir kombinasyonuyla estetik bir etki elde edilebilir. Günümüzde modern sıcak daldırma galvanizleme tesisleri çevrenin korunması için katı kanun gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmaktadır [10]. Yasal zorunluluk çerçevesinde yapılan tasarımlar ile metal sacların galvanizlenmesi işleminde çevresel etkiler gün geçtikçe azaldığı söylenilir.

Poliüretan

Poliüretan, polyol ve izosiyanat adlı iki ana bileşenin, özel üretim şartlarında, katalizör malzemelerle, yüksek basınç altında karışımıyla oluşan rijit poliüretan sert köpüktür. Çok etkili izolasyon malzemesi olup sıkı hücre yapısından dolayı su da yüzelebilmektedir [11]. Poliüretan, termoset malzeme olup 250 °C kadar ısı yalıtımı sağlama özelliğine sahiptir. İlk üretildiğinde ısı iletkenliği 0,020 – 0,024 W/m°C olup zamanla kullanım sonucu aralarda oluşan gazlardan dolayı 0,024 – 0,030 W/m°C kadar yükselebilmektedir. Ayrıca kimyasal yapısı sayesinde bir kere şekil verildiğinde, şekli bir daha değiştirilemez. Montreal Protokolü'ne göre dolgu reaksiyonunu başlatan florotiklometan ozon tabakasına zarar verdiği için yasaklanmıştır [12].

Poliüretan, kompozit panellerin iç dolgu malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir çok dış cidar malzemesi ile birlikte kullanılabilen poliüretan iç dolgulu kompozit paneller, yapılarda, dış cephe paneli, çatı paneli, soğuk hava deposu paneli ve iç mekan bölme paneli olarak kullanılmaktadır [13].

Boya

Bobin boyama tekniğinde galvaniz veya alüminyum rulo kesintisiz boyama hattında açılır ve ilk olarak yüzey temizleme işlemi uygulanarak boyanacak yüzey, yağ ve istenmeyen maddelerden

arındırılır. Arındırma işleminden sonra sac yüzeyine kromatlama işlemi uygulanarak yüzeyler boyamaya uygun hale getirilir. İlk olarak metalin her iki yüzeyine astar uygulanır ve fırınlanır. Son kat olarak istenen RAL rengine ve cinsten boyama yapılır, tekrar fırınlanır, istenilen boyutta kesilerek rulo boyalı olarak sarılır. Bobin boyama tekniği sayesinde panel yüzeylerinin her noktası homojen kalınlıkta boyanmaktadır. Panelin kullanılacağı yerin coğrafi ve çevresel durumuna göre epoksi astar üzerine Polyester, pvdf, plastisol veya poliüretan boya kullanılmaktadır. Özel durum haricinde Türkiye şartlarında epoksi astar üzerine polyester, pvdf, plastisol veya poliüretan boya kullanılması yeterli olmakla beraber boya metalin uzun ömürlü olmasını sağlayan en önemli unsurdur. Bobin boyama tekniğiyle boyanan panel yüzeyleri kolaylıkla işlenebildiğinden doyalı formlandırma işlemi sırasında boyalı yüzey etkilenmemektedir [14].

Folyo

Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmekte ve paneller nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanmaktadır.

Yan bant

Poliüretan döküm işlemi gerçekleştirilirken alt sacın her iki yanından poliüretanın akmaması için bantlama işlemi yapılır. Firmanın reklamının yapılması amacıyla bantların üzerinde genellikle şirket bilgileri yer almaktadır.

3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü düşüncesi kavramına dayanan yaşam döngüsü değerlendirme (YDD), ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin tüm yaşam döngüleri boyunca olası çevresel etkilerini değerlendirmek için sistematik bir yöntemdir. YDD yöntemi, dört adımdan oluşur: (i) amaç ve kapsam tanımlama, (ii) envanter analizi, (iii) etki değerlendirmesi ve (iv) yorumlama [15]. Ürünlerin çevresel etkilerinin karşılaştırılması için bir yaklaşım olarak başlayan YDD aynı zamanda endüstri ve hükümetin çevresel sürdürülebilirliği için sağlam bir bilimsel temel sağlamak adına standartlaştırılmış bir yöntemdir [16].

Bu yöntem ile bir ürünün ham maddelerin elde edilmesinden başlayarak, ilgili tüm üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafını da kapsayan yaşam döngüsünün "beşikten mezara" her aşamalarındaki çevresel etkileri detaylı analiz edilmektedir [17], [18].

Bu çalışmada, kompozit panellerin çevresel etkilerine ait veriler Avrupa Panel ve Profiller Birliği tarafından yayınlanan çevresel ürün beyanlarından temin edilmiştir. Kompozit panellere ait beyannamelerde yayınlanan çevresel etki sonuçları, taşıyıcı dolgu panel için Avrupa Panel ve Profiller Birliği'nin 8 üye poliüretan dolgu panel için 12 firmasının 2011 yılı yıllık üretim miktarları dikkate alınarak hesaplanmış ve bu şirketler, sandviç panel üreten üyelerin %50 ila %70'ini temsil etmektedir. Bu şirketlerin üretim hacmi Avrupa pazarına yaklaşık % 50'dir [19].

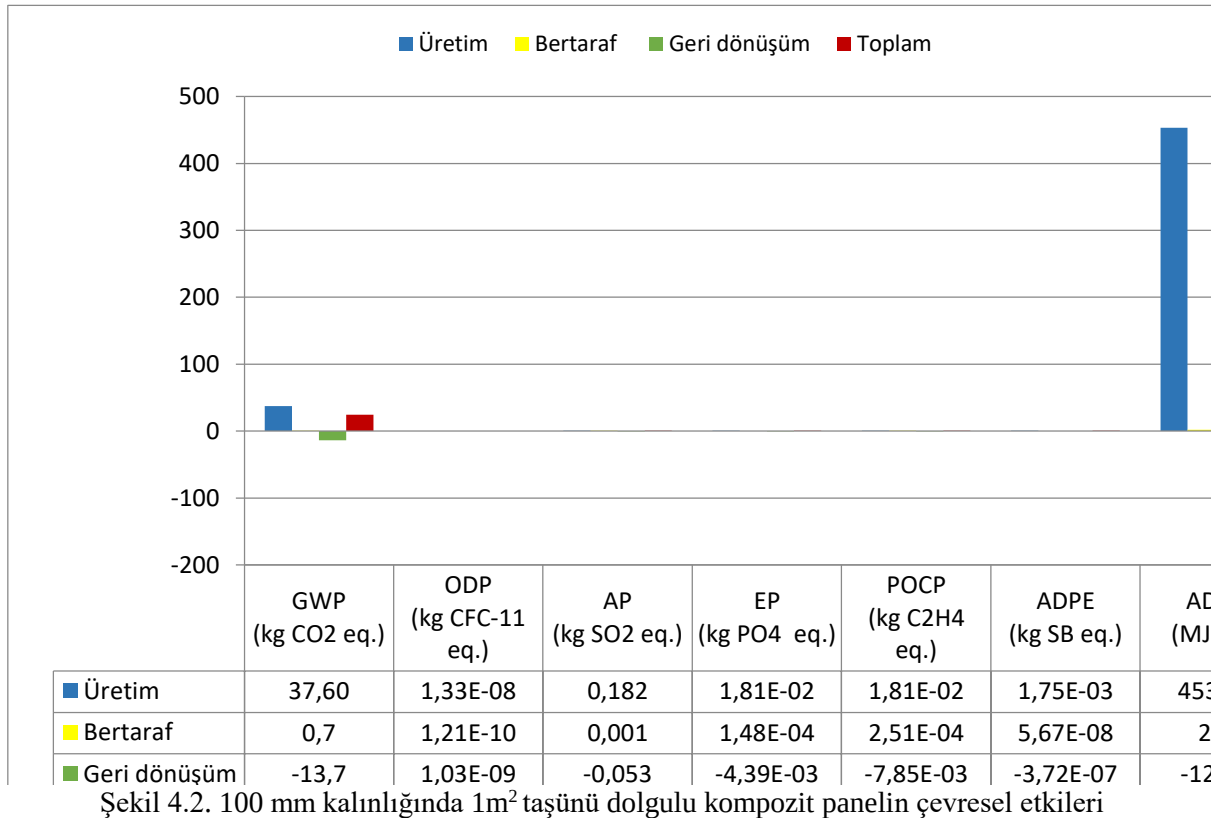
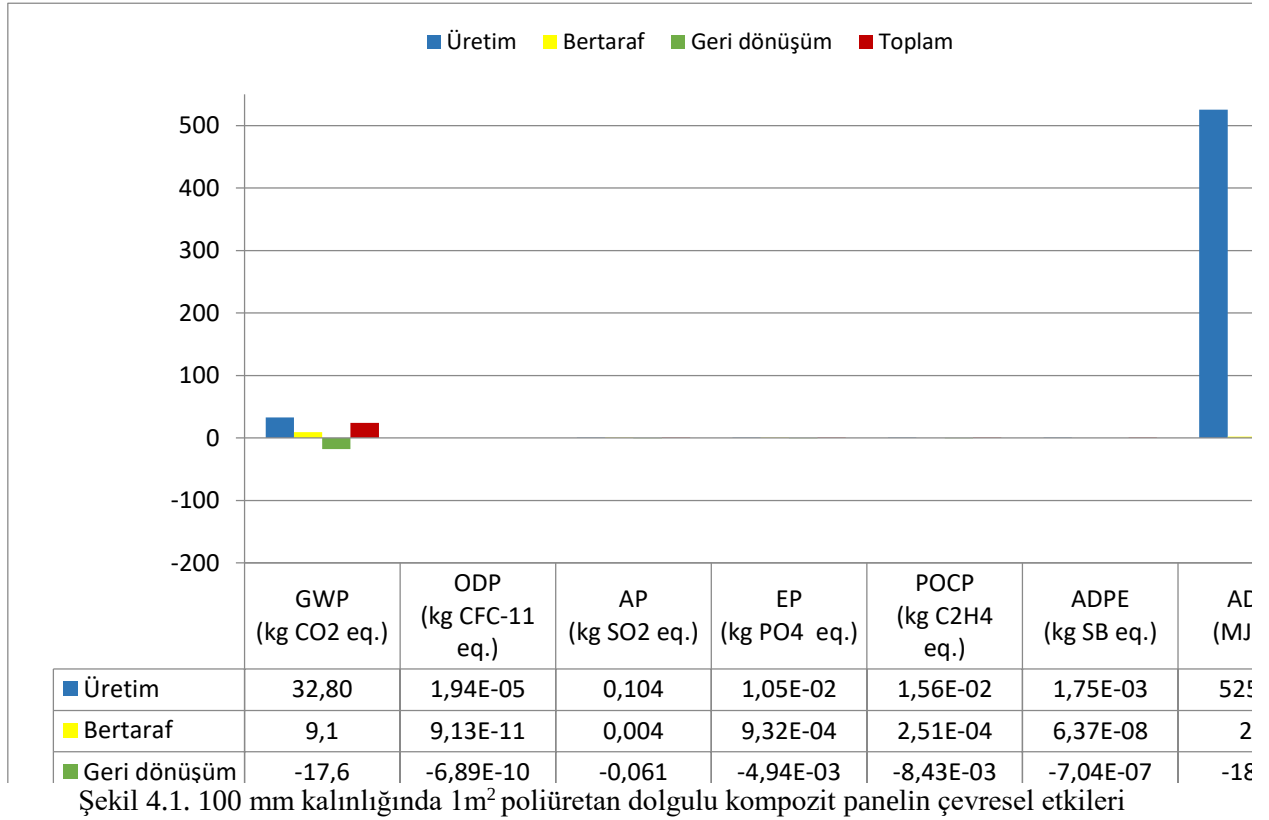
Çalışma kapsamında, kompozit inşaat malzemelerinden 100 mm kalınlığındaki poliüretan dolgu kompozit panel ile 100 mm kalınlığındaki taşıyıcı dolgu kompozit panelin çevresel performansları incelenerek çevresel etkileri karşılaştırılacaktır.

4. Poliüretan ve Taşıyıcı Dolgu Kompozit Panellerin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Bu çalışmada poliüretan ve Taşıyıcı dolgu kompozit panellerin fonksiyonel birim, "1 m² yalıtımlı kompozit panel" olarak tanımlanmaktadır. Veriler Avrupa Panel ve Profiller Birliği'nin üye olduğu firmalardan temin edilerek hesaplama yapılmıştır. Sistem sınırları üretim aşaması (hammadde temini, nakliye ve üretim), yaşam sonu (bertaraf) ve geri dönüşüm aşamalarından oluşmaktadır.

Poliüretan ve Taşıyıcı dolgu kompozit panellerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) için yaşam döngüsü etki değerlendirmesi sonucunda 100 mm kalınlığındaki poliüretan dolgu kompozit

panelin çevresel performansı Şekil 4.1’de taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkileri ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Ayrıca 100 mm kalınlığındaki poliüretan ve Taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkilerinin karşılaştırılması Şekil 4.3’de elde edilmiştir.



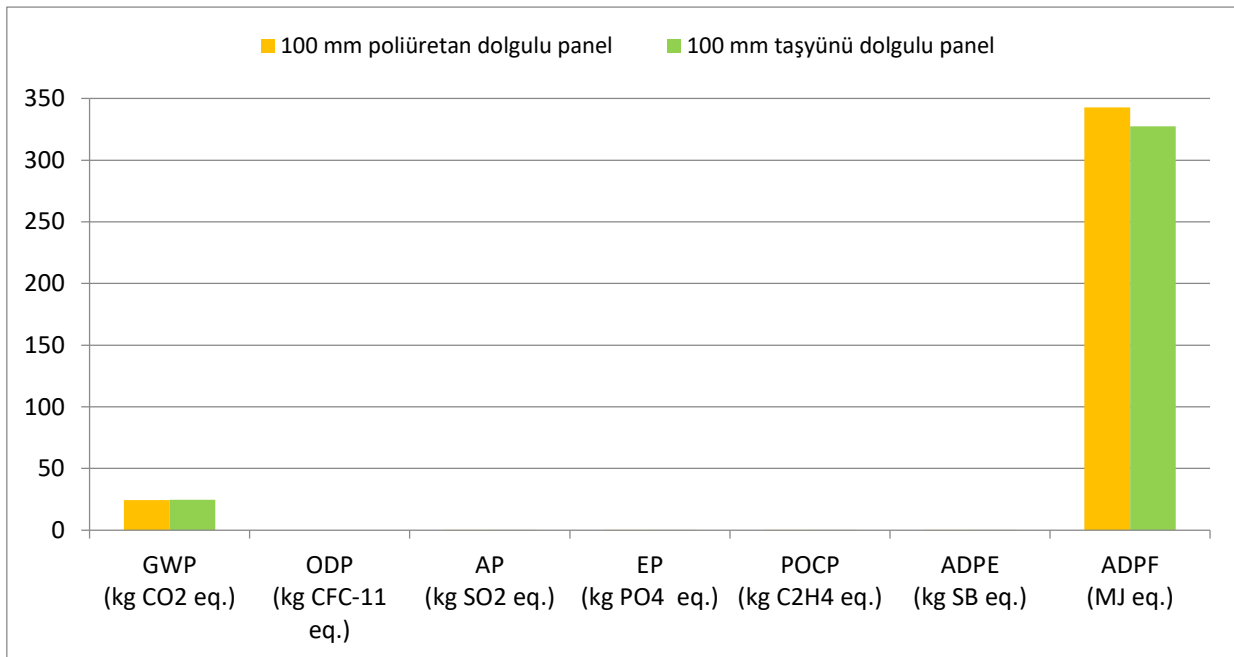
[Etki kategorileri: GWP: Küresel ısınma potansiyeli; ODP: Ozon incelme potansiyeli; AP: Asidifikasyon potansiyeli; EP: Ötrofikasyon potansiyeli; POCP: Fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli; ADPE: Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan); ADPF: Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan)]

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi çevresel olarak en etkili olan kategoriler kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan) ve küresel ısınma potansiyelidir. Şekil 4.1 ve şekil 4.2’ye göre, 100 mm kalınlığındaki poliüretan ve taşıyıcı dolgulu kompozit panellerin üretim aşamasındaki etki kategorileri bertaraf ve geri dönüşüm aşamasındaki etki kategorilerinin tümünden daha fazla çevresel etkiye sahip olduğu görülmektedir. Şekilde gösterilen negatif değerler çevre üzerinde olumlu etki olduğunu pozitif değerler ise çevre üzerindeki zarar etki yüzdesini göstermektedir. Buna göre geri dönüşüm aşamasının küresel ısınma potansiyeli ve kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan) üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır.

Poliüretan dolgulu kompozit panelin üretim aşaması küresel ısınmaya 32,80 kg CO₂ eşdeğeri, bertaraf aşaması 9,1 kg CO₂ eşdeğeri etkisi olduğu görülürken geri dönüşüm aşamasının -13,7 kg CO₂ eşdeğeri negatif değere yani çevre üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli açısından irdelendiğinde ise üretim aşaması 525,40 MJ eşdeğeri, bertaraf aşaması 2,3 MJ eşdeğeri olumsuz etki sağlarken geri dönüşüm aşaması -185 MJ eşdeğeri çevreye olumlu etki katkı sağlamaktadır.

Taşıyıcı dolgulu kompozit panelin üretim aşaması küresel ısınmaya 37,60 kg CO₂ eşdeğeri, bertaraf aşaması 0,7 kg CO₂ eşdeğeri etkisi olduğu görülürken geri dönüşüm aşamasının -17,6 kg CO₂ eşdeğeri negatif değere yani çevre üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli açısından irdelendiğinde ise üretim aşaması 453,20 MJ eşdeğeri, bertaraf aşaması 2,1 MJ eşdeğeri olumsuz etki sağlarken geri dönüşüm aşaması -128 MJ eşdeğeri çevreye olumlu etki katkı sağlamaktadır.

Şekil 4.3’te poliüretan ve taşıyıcı dolgulu kompozit panellerin çevresel etkileri hammadde temini, hammaddelerin tesise nakliyesi, kompozit malzemenin üretimi, paketlenmesi, kullanım sonrasındaki bertarafı geri dönüşüm aşamalarını kapsayan yaşam döngüsü süreci kapsamında karşılaştırılmaktadır.



Şekil 4.3. 100 mm kalınlığında 1m² poliüretan ve taşıyıcı dolgulu kompozit panelin çevresel etkilerinin karşılaştırılması

[Etki kategorileri: GWP: Küresel ısınma potansiyeli; ODP: Ozon incelme potansiyeli; AP: Asidifikasyon potansiyeli; EP: Ötrofikasyon potansiyeli; POCP: Fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli; ADPE: Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan); ADPF: Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan)]

Şekil 4.3 poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkilerini karşılaştırmalı bir şekilde göstermektedir. Buna göre, taşıyıcı ve poliüretan dolgu kompozit panellerin çevre üzerinde olumlu etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Taşıyıcı dolgu kompozit paneli küresel ısınma potansiyeli, ozon incelme potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli, fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli, kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan) bakımından poliüretan dolgu kompozit panele göre daha fazla çevresel etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ozon incelme potansiyeli ve kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan) bakımından ise daha az çevresel etkisi vardır.

5. Sonuçlar

Taşıyıcı dolgu kompozit panelin küresel ısınma üzerinde olumsuz etkisi bulunmaktadır ve bu etkinin poliüretan dolgu kompozit panele göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Hidrokloroflorokarbonların salımının bir etkisi olarak oluşan ozon tabakasının zarar görmesi ise taşıyıcı dolgu kompozit panelin kullanımı tercih edilmesi durumunda poliüretan dolgu kompozit panel kullanımına göre büyük ölçüde azaltılmaktadır.

Taşıyıcı dolgu kompozit panel yerine poliüretan dolgu kompozit panelin tercih edilmesi durumunda NH₃, SO_x ve NO_x emisyonlarına bağlı olarak oluşan asidifikasyon ve ötrofikasyon etkisi azalacağından dolayı ekosistem kalitesine olumlu katkıları artacaktır.

Taşıyıcı dolgu kompozit panelinin fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeline poliüretan dolgu kompozit panele göre daha fazla katkı sağlamaktadır. Bu etkiye taşıyıcı dolgu kompozit panel üretmek için daha fazla elektrik tüketilmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Kaynak kullanımı değerlendirildiğinde ise fosil yakıtların kullanımı açısından taşıyıcı dolgu kompozit panel avantajlı konumda iken minerallerin kullanılması açısından poliüretan dolgu kompozit paneli kullanımının daha avantajlı olduğu görülmektedir.

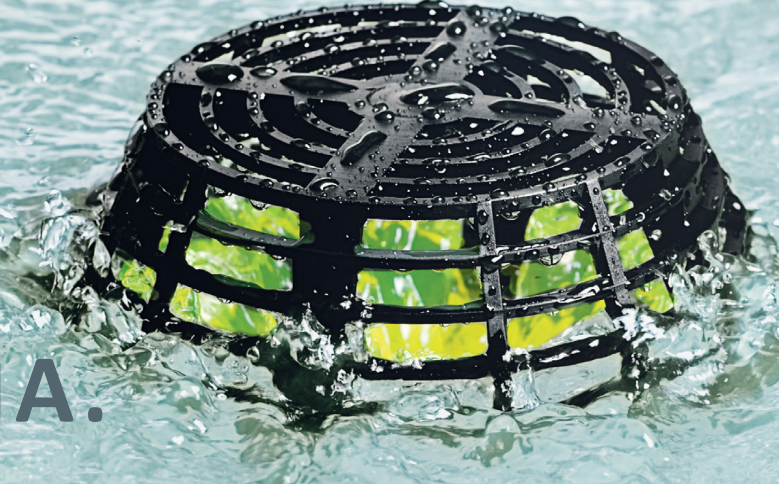
Poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkileri genel olarak incelendiğinde üretim aşamasının çevre üzerindeki etkilerinin ne kadar önemli olduğunu görülmektedir. Bu etkilerin azaltılması için yalıtım malzemesi olarak kullanılan taşıyıcı ve poliüretan miktarlarının azaltılmasına yönelik çalışmaların önemle ele alınması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kompozit panel üretiminde kullanılan hammaddelein azaltılması sayesinde kompozit inşaat malzemelerinin çevreye olan etkileri iyileştirilmiş olacaktır.

6. Kaynaklar

- [1] F. C. Campbell, *Structural Composite Materials*. Materials Park, US: ASM International, 2010.
- [2] E. Bayraktar, “Composite Materials”, içinde *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, Elsevier, 2017.
- [3] G. K. C. Ding, “Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview”, içinde *Eco-efficient Construction and Building Materials*, Elsevier, 2014, ss. 38–62.
- [4] G. Pérez ve L. F. Cabeza, “Buildings Life Cycle Assessment”, içinde *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, Elsevier, 2017, ss. 275–290.
- [5] H. Babaizadeh, N. Haghighi, S. Asadi, R. Broun, ve D. Riley, “Life cycle assessment of exterior window shadings in residential buildings in different climate zones”, *Build.*

- Environ.*, c. 90, ss. 168–177, Ağu. 2015.
- [6] O. Ortiz, C. Bonnet, J. C. Bruno, ve F. Castells, “Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain”, *Build. Environ.*, c. 44, sayı 3, ss. 584–594, Mar. 2009.
- [7] J. S. Cooper, “The Computational Structure of Life Cycle Assessment, by Reinout Heijungs and Sangwon Suh. Dordrecht”, *J. Ind. Ecol.*, 2003.
- [8] V. Kuklík ve J. Kudláček, *Hot-Dip Galvanizing of Steel Structures*. 2016.
- [9] F. Ozturk, Z. Evis, ve S. Kilic, “3.12 Hot-Dip Galvanizing Process”, içinde *Comprehensive Materials Finishing*, 2017, ss. 178–190.
- [10] V. Kuklík, J. Kudláček, V. Kuklík, ve J. Kudláček, “13 – Hot-dip galvanizing and the environment”, içinde *Hot-Dip Galvanizing of Steel Structures*, 2016, ss. 199–202.
- [11] H. AYDIN ve İ. EKMEKÇİ, “Isı yalıtım malzemesi olarak poliüretan köpüğün fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretimi ve incelenmesi”, *Sak. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, c. 6, sayı 1, ss. 45–50, 2002.
- [12] J. M. Davies, *Lightweight sandwich construction*. John Wiley & Sons, 2008.
- [13] N. Serter, “Cephelerde Kullanılan Sandviç Panellerin Üretim Ve Montaj Aşamaları”. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [14] “Anonim”. [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.teknopanel.com.tr/Sayfalar/410/Hammadde-Bilgileri/Boya.aspx>. [Erişim: 02-Oca-2018].
- [15] ISO 14044, “ISO 14044 - Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines”, *Int. Stand.*, 2006.
- [16] M. A. Curran, “Life Cycle Assessment: A review of the methodology and its application to sustainability”, *Current Opinion in Chemical Engineering*, c. 2, sayı 3, ss. 273–277, 2013.
- [17] G. Rebitzer vd., “Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications”, *Environ. Int.*, c. 30, sayı 5, ss. 701–720, 2004.
- [18] P. Van Den Heede ve N. De Belie, “Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and ‘green’ concretes: Literature review and theoretical calculations”, *Cem. Concr. Compos.*, c. 34, sayı 4, ss. 431–442, 2012.
- [19] “Anonim”. [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.epaq.eu/Umweltaspekte.html> [Erişim: 10-Oca-2018].

SİSTEMLE DRENAJ VE HAVALANDIRMA.



Her düz çatı tipine en doğru çözüm – Sita' nın sistemleriyle

Sita düz çatıların drenajı için yetkinlik ve yenilikçiliğin simgesidir. Yaklaşık kırk yıllık tecrübesiyle Sita size standartlara uygun her ihtiyaca göre ürün ve sistem çözümü sunmakta. Tabiki onaylanmış kalitede.



Konvansiyonel Drenaj



Sifonik Sistem Drenajı



Acil Durum Drenajı



Balkon & Teras Drenajı



Izgaralı Drenaj



Onarım



Havalandırma



Yangın Koruma

leicht entwässern.