

Öz

Dünya genelinde artan enerji ihtiyacını karşılamak için alınan önlemler her sektörde olduğu gibi yapı sektörünü de etkilemiş, sürdürülebilir ve enerji etkin bina sistemlerine yönelmeyi gerekli kılmıştır. Bu süreçte bina cepheleri, iç mekân dış etkilerden koruyan bir kabuk olmanın yanı sıra bina performansına da katkıda bulunan, enerji verimliliğini gözetten bir yapı elemanı haline dönüşmüştür. Bu tür binaların cephelerinde kullanılan malzemeler, cephenin geometrik formu ek yangın tehlikeleri oluşturabilmekte bazı uygulamalar itfaiye müdahalesine engel olabilmektedir. Konu hakkında ulusal yangın yönetmeliğimiz gerek malzeme seçimi gerekse aktif ve pasif yangın önlemleri konusunda bazı hükümler getirmektedir. Bu çalışmada sürdürülebilir cephelerde oluşabilecek ek yangın yükleri birçok faktör üzerinden değerlendirilmiş, ulusal yangın yönetmeliği ve standartlarca alınması gereken önlemler belirtilmiştir.

Abstract

Measures taken to satisfy the increasing energy need world-wide have affected the building sector as in every sector, has made it necessary to move towards sustainable and energy efficient building systems. In this process, building facades turned into a building element that monitors energy efficiency in addition to being a shell that protects the interior from external influences, it also contributes to the building performance. The materials used in the facades of such buildings, the geometric form of the facade may create additional fire hazards and some applications can prevent firefighting intervention. Our national fire regulation provides some provisions on the choice of materials as well as active and passive fire precautions. In this study additional fire loads that may occur on sustainable fronts has been evaluated on many factors, and measures that must be taken by national fire regulation and standards are specified.

Anahtar Kelimeler: Yangından korunma, sürdürülebilir cephelerde yangın, cephelerde yangın yayılımı.

Keywords: Fire protection, fire on sustainable facade, fire spread on facades.

Sürdürülebilir Cephelerde Yangın Riski Değerlendirmesi

^{ID} Görkem Mustafa Yeniay
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği ve Malzeme Anabilim Dalı

^{ID} Ümit Arpacıoğlu
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği ve Malzeme Anabilim Dalı

Başvuru tarihi/Received: 01.09.2020, Kabul tarihi/Final Acceptance: 16.12.2020

1. Giriş

Sanayi devriminin beraberinde getirdiği endüstrileşme hareketi yenilenemeyen fosil yakıtların hızla tüketilmesine sebebiyet vermiştir. Günden güne artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıtların bir gün tükenerek olması uzmanları bu konuda çalışmaya yöneltmiş ve sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Gelişen teknoloji ve ortaya çıkan yeni malzemeler sürdürülebilirlik açısından binaları da etkilemiş, günümüzde ‘Enerji Etkin Bina’, ‘Sınıf Enerjili Bina’, ‘Yeşil Bina’ gibi çeşitli isimlerle anılan, kendi enerjisini üreten veya ekolojik özellikleriyle ön plana çıkan yapılar gelişmiştir. Yapılarda konfor şartlarının sağlanması, bu tarz bina tasarımlarının teşvik edilmesi amacıyla birçok yönetmelik ve sertifika sistemleri oluşturulmuştur (Özgünler, 2016, s.2). Enerji verimliliğini gözetten sertifika sistemleri cephe mimarisinde yenilikler getirmiş, yapı kabuğunda yeni malzeme ve sistemlerin tercih edilmesini sağlamıştır. Dış kabuğuna eklenen yenilikler yapının yangın yönünden davranışını değiştirebilmektedir.

Sürdürülebilir cephelerde güneş enerjisinden faydalanmak, ısı ve ses yalıtımı sağlamak, doğaya uyumlu bir dış kabuk yaratmak için bazı malzeme ve sistemler kullanılmaktadır. Yüksek performans sağlayan cephe kaplama sistemleri yangın

açısından bir takım ek yükler oluşturabilmektedir. Geçmiş yangın örneklerine baktığımız zaman cephe yangınlarında yayılım hızını etkileyen birçok faktör karşımıza çıkmaktadır. Alınan bazı aktif veya pasif önlemler cephelerde yangın oluşumunu yada herhangi bir sebeple oluşan bir yangının yayılım hızını engelleyebilmektedir.

Dünyada birçok ülke yapılarda yangın olaylarını önlemek için yasal düzenlemeler yapmaktadır. Bu doğrultuda Ülkemizde 2002 yılında yürürlüğe giren yangın yönetmeliği; binalarda malzeme kullanımı, yangın bariyerleri, cephe açıklıkları, binalar arası mesafeler, söndürme sistemleri ile ilgili birtakım düzenlemeler getirmiştir. Düzenlemeler bina yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Cephe sistemlerinin yangın açısından güvenli hale gelebilmesi için konu hakkındaki mevzuatın iyi irdelenmesi, geçmiş yangın vakalarına da bakarak cephedeki yangın yayılım senaryolarının iyi tanımlanması ve riskler analiz edilerek alınacak önlemlerin kapsamlı bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir.

2. Sürdürülebilir Cephe Sistemleri ve Yangın

Yangın; yanıcı maddenin belirli bir ısı altında oksijen ile birleşmesi sonucunda oluşan kimyasal bir olaydır. Yangının meydana gelebilmesi için oksijen, alev ve yanıcı madde üçlüsü belirli ölçüde bir ara-



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ya gelmek zorundadır. Bu üçlünden birinin olmaması durumunda yanma olayı gerçekleşmemektedir. Yanma olayı bina içerisinde gerçekleşebileceği gibi dış kaynaklı olarak da yapıya sirayet edebilmektedir.

İç veya dış kaynaklı alevin çeşitli yollarla cepheye ulaşması sonucu cephe yangınları meydana gelebilmektedir. Cephelerde yangın yayılım yolları incelendiğinde aşağıdaki olasılıklar görülmektedir;

- a) Belirli bir uzaklıkta bulunan bir yangında meydana gelen ısının radyasyon yoluyla cepheye ulaşması nedeniyle dış cephe elemanlarının tutuşması sonucunda harici duvar sisteminde oluşan dış yangın,
- b) Yakında veya bitişikte meydana gelen ısının ve yanan küçük partiküllerin taşınım yoluyla cepheye ulaşması ve dış cephe elemanlarının tutuşması sonucunda harici duvar sisteminde oluşan dış yangın,
- c) Pencere gibi açıklıklar yoluyla veya yapı kabuğundaki döşeme ve duvar arasında olabilecek boşluklardan dış cepheye geçen, bina dış yüzeyini yalayarak yükselen ve harici duvar sisteminde yayılan iç yangın olarak özetlenebilmektedir (Arpacioğlu, 2002, s.1-2). Yangın yayılımına neden olan bu üç olasılık Resim 1’de gösterilmiştir.

Yapılarda en büyük alanı oluşturan cepheler, geçmişte sadece dış duvar niteliğinde ayrı görev üstlenen yapı elemanları iken günümüzde istenen performansa bağlı olarak farklı tiplerde ortaya çıkmaktadır.

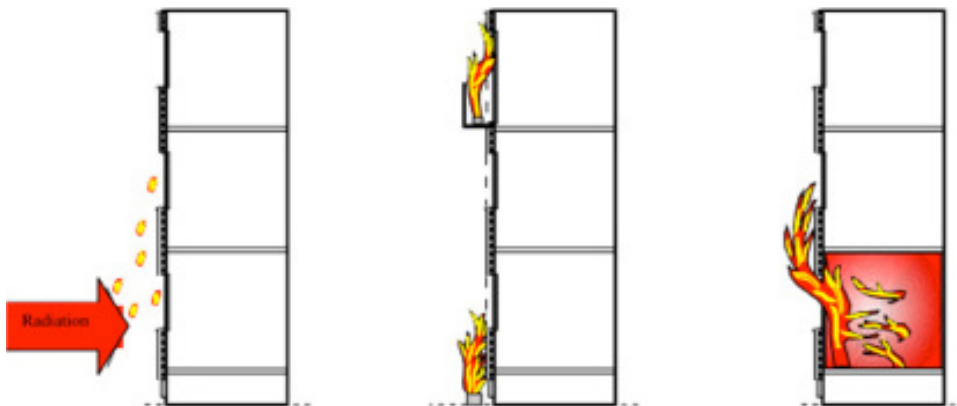
Cephe yapım türlerine bakıldığında kabuk yapısı ön plana çıkmakta olup kabuk tasarımında başlıca unsurlar enerji korunumu, güneş enerjisinden faydalanma gibi sürdürülebilir özellikler olmaktadır. Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile beraber malzeme alternatiflerinin de çoğalması cephe kabuk tasarımının gelişmesine ve dolayısıyla sürdürülebilir cephe sistemlerinin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır (Yaman, 2018a, s.1).

Bir cepheyi sürdürülebilir yapan birçok parametre mevcuttur. Bu özellikler arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, ısı kazanç ve kayıplarının dengelenmesi, doğal aydınlatma, havalandırma, mekânsal konfor, çevresel uyum, geri dönüşümlü malzeme kullanımı vb. sıralanabilmektedir. Değişen fiziksel şartlara optimal çözümler üreten enerji etkin cepheler; ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda sürdürülebilir fırsatlar yaratabilmektedir.

Literatürde bakıldığı zaman, sürdürülebilir cephe sistemleri (*akıllı bina cepheleri*) kabuk yapısına bağlı olarak tek katmanlı ve çift katmanlı cepheler olarak sınıflandırılmaktadır. Performans açısından faydalı olan bu cephe sistemlerinin yangın güvenliği ve duman kontrolü yönünden değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.1 Tek Katmanlı Cephe Sistemleri

Tek tabakalı cepheler taşıyıcı sisteme her katta bağlanan, yalnız kendi yükünü taşıyan, bina taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak cepheyi kaplayan dış örtü sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu tip sistemler



Resim: 1
a) dış yangın (radyasyon) b) dış yangın (taşınım) c) iç yangın (Kotthoff ve Riemesch-Speer, 2013, s.3).

yapı cephesinden kaynaklanan ısı kayıplarını önlemek için doğal aydınlatma ve havalandırmayı en iyi derecede kullanan sistemlerdir (Sönmez ve Kıasf, 2018, s.73).

Tek katmanlı cepheler, sürdürülebilirlik açısından mantolama ve giydirme cepheler sistemleri olmak üzere iki başlıkta ele alınabilmektedir.

2.1.1 Mantolama

Mantolama işleminin uluslararası literatürde adı ETICS'tir. ETICS, "External Thermal Insulation Composite Systems" ifadesinin baş harflerinin kısaltması olup "Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri" anlamına gelmektedir. Mantolama işlemi, duvar katmanına yapıştırılmış ısı yalıtım malzemesi üzerine yer alan en az bir katmanı donatı filesinden oluşan yalıtım sıvası ve en dışta yer alan dekoratif katmandan oluşan üç aşamalı kompozit bir yapıyı teşkil etmektedir (Uygunoğlu, Güneş, Çalış ve Özgüven, 2015, s.22). Uygulamayı sürdürülebilirlik açısından öne çıkartan özelliği ise yüksek ısı yalıtımı sağlamasıdır. Mantolamada ısı geçirim oranı, kullanılan yalıtım malzemesinin U (ısı yalıtım katsayısı) değerine göre değişmektedir. Yapıyı aynı zamanda ses yalıtımı, rutubet ve dış ortam koşullarına karşı da koruyarak hizmet ömrünü uzatmaktadır.

Mantolama sisteminde kullanılan petrol esaslı izolasyon malzemeleri yangın yönünden tehlike oluşturabilmektedir. Yanıcılık özelliği yüksek yalıtım malzemeleri, yangının yayılımında ana etkenlerden biri olabilmektedir. Bu bağlamda kullanılan malzemelerin zehirli gaz açığa çıkarma ve yanıcılık özelliklerine dikkat edilmesi gerekmektedir.

2.1.2 Giydirme Cepheler

Giydirmeye cepheler; binanın taşıyıcı sisteminde görevi olamayan, kendi yükünü özel bağlantı elemanlarıyla taşıyıcı sisteme aktaran, yüksek oranda enerji verimliliği sağlayan düşey dış kabuk olarak ifade edilmektedir. Temel olarak üç kısımdan meydana gelmektedir; kolon ve kirişlere sabitlenen ankraj elemanları, bu elemanların alt konstrüksiyonları ve cephe kaplama malzemesidir. Giydirmeye cephelerde, bina

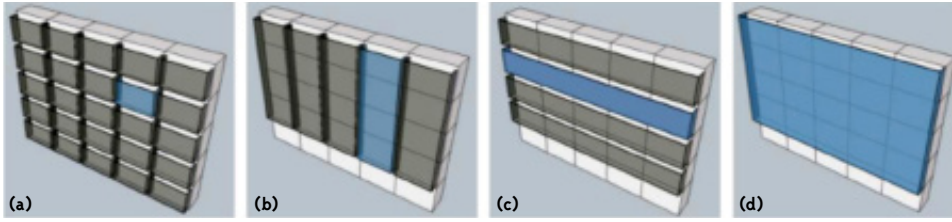
ve cephe arasında bırakılan boşluk çeşitli yalıtım malzemeleri ile doldurulmaktadır. Cephe kaplamaları olarak cam, metal, kompozit, terracotta gibi birçok malzeme tercih edilmektedir (Sönmez ve Kıasf, 2018, s.74). Kısacası giydirmeye cepheyi mantolamadan ayıran özellik bina ile arasında yaklaşık 25 mm hava boşluğu bırakılması ve estetik amaçlı kaplama malzemelerinin kullanılmasıdır. Ayrıca giydirmeye cephelerde kullanılan saydam özellikteki malzemeler sayesinde gün ışığından da faydalanılabilmektedir.

Yangın güvenli açısından bakıldığında, bırakılan bu hava boşluğu baca etkisi görevi görebilmektedir ve kullanılan bazı kaplama malzemelerinin yanıcı etkisinden dolayı yangının cephe boyunca ilerlemesine kolaylık sağlayabilmektedir. Binada çıkan yangın bu boşluklardan kolay bir şekilde üst katlara ulaşacağı için bu tip cephelerin döşeme ile duvar birleşim yerlerinde alev ve dumanın üst katlara geçişlerinin engellenmesi gerekmektedir.

2.2 Çift Katmanlı Cephe Sistemleri

Çok katmanlı (çift kabuk) cepheler, yapının ana cephesine ek olarak havalandırma koridoru ile ayrılmış ikinci bir cephenin entegre edilmesinden meydana gelmektedir. Dış kabuk genelde tek camdan oluşmakta iken iç kabuk giydirmeye cephenin bir unsuru olarak ısı kontrolünü sağlamak üzere tasarlanmış güneş kontrollü veya low-e teknolojili camlardan oluşmaktadır. İki cephe arası boşluk 20-150 cm arasında değişmektedir. Boşluklu düşey koridor özellikle yüksek seviyelerde gürültü yalıtımı için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Hava tabakası rüzgar ve ısınmalara karşı tampon görevi görmektedir (Kanan ve Beyhan, 2013, s.1516). Çift katmanlı cepheler hava boşluğunun tipine göre dört sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar; şaft tipi, kutu tipi, koridor tipi ve çok katlı tip çift kabuklu cephelerdir.

Çift kabuklu cephelerde en önemli yangın sorunlarından biri alev ve dumanın hava boşluğu içinde seri bir şekilde yayılmasıdır. Baca etkisinin yatay ve düşeyde oluşturulacak bariyerlerle engellenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda kutu tipi çift katmanlı cepheler hem her kat hizasında



Resim: 2

a) Çift cidarlı cephelerin sınıflandırması. a. Kutu tipi b. Şaft tipi c. Koridor tipi ve d. Çok katlı tip çift cidarlı cephe (Barbosa ve Ip, 2014, s.1022).

yatay olarak hem de pencereler arasında düşey doğrultuda bölmeler sağlayarak baca etkisinin önüne geçmektedir. Şaft tipi çift kabuk cephede ise dış kabuk açıklıklarından giren hava şaftlar vasıtasıyla boşluk içerisinde kesintisiz devam ettiği için alevin üst katlara geçmesi söz konusu olabilmektedir. Yatay mesafe arttıkça şaft üzerinden baca etkisi artacağı için yüksek katlı binalarda kullanılması tavsiye edilmemektedir (Kıyaslı, 2016, s.2-4). Resim 2’de çift katmalı cephe tipine göre hava akışının doğrultusu tarif edilmiştir.

3. Cephelerde Yangının Ortaya Çıkma ve Yayılımında Etkili Faktörler

3.1 Cephe Yalıtım Malzemesi

Bina dış kabuğunda ısı kaybını azaltmak için düşük ısı iletim katsayısına sahip yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir. Ancak bu malzemelerin seçiminde yalıtım performansına önem verilirken yangın anındaki davranışları göz ardı edilebilmektedir. Bu doğrultuda cephede kullanımıyla ilgili Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliği’nde bir takım sınırlamalar getirilmiştir.

Yangın yönetmeliğin 27. Maddesi cepheler için ayrılmış olup bina yüksekliği 28.50 metreden yüksek olan yapılarda zor yanıcı malzeme (A2-s1,d0), düşük olan yapılarda ise en az zor alevlenici malzeme (en az C-s3,d2) kullanılması gerekmektedir. Ayrıca derzleri açık veya havalandırmalı giydirmce cephe sistemlerde bina yüksekliğine bakılmaksızın en az zor yanıcı malzeme kullanım zorunluluğu bulunmaktadır (BYKHY, 2015). Tablo 1’de yapıda kullanılan malzemelerin duman oluşumu ve damlama özelliklerine göre yangın sınıfları gösterilmiştir.

Genel olarak cephe yalıtım malzemeleri mineral kökenli ve polimer levhalardan oluşmaktadır. En bilinen petrol esaslı plas-

tik polimer levhalar; sıkıştırılmış polistren (XPS), genişletilmiş polistren (EPS), poliüretan, fenol köpüğü (PF), poliizosiyanat gibi malzemelerdir. Bu malzemeler düşük ısı iletkenlik değerine sahip olmasına karşın yanıcı özelliktedir. Taş yünü ve cam yünü olarak bilinen mineral levhalar, hem ısı iletkenliği açısından yüksek performanslı hem de yangına karşı yüksek dayanıma sahip malzemelerdir (Güleşen ve Yılmaz, 2018, s.5).

XPS ve EPS gibi polimer levhaların yangın dayanımı düşük olup 70-80 °C’den sonra deforme olmaktadır. EPS, standart kalite ve yangın geciktiricili düzenlemeli kalite olmak üzere iki türde üretilmektedir. Standart kalite EPS yangın sınıfına girememekte olup yangın geciktirici EPS deneye tabi tutulunca B1 sınıfı özellik gösterebilmektedir. Yangın geciktirici kullanılarak malzemenin daha zor tutuşmasını sağlanmakta ve alevin yayılım oranını düşmektedir. XPS malzeme de çıplak halde yangın sınıfına girememektedir. Yangın geciktirici kullanılarak test edildiğinde Avrupa yangın sınıflandırmasında E sınıfındadır. Bu tür malzemelerin bir yüzey kaplamasıyla ile tam kapsamaya alınarak kullanılması tavsiye edilmektedir (Han, Zhu ve Zhang, 2013; Uygunoğlu vd., 2015, s.22-23).

3.2 Cephe Kaplama Malzemesi

Cephe kaplamaları yapının en dış katmanında bulunan ve dolayısıyla çevresel koşullarla etkileşim halinde olan kısımdır. Yıpratıcı koşullara karşı dayanıklı olan alüminyum kompozit paneller, özellikle yüksek binalar başta olmak üzere diğer yapılarda da sıklıkla tercih edilmektedir. Yapıyı hizmet ömrü boyunca etkileyen çevresel koşullardan pozitif kazançlar elde edebilecek bir takım sistemler de mevcuttur. Bunlardan biri güneş enerjisini elektrik akımına çeviren sistem olan fotovoltaik panellerdir. Bir diğeri ise güneşten yarar-

Malzemenin Yanıcılık Özelliği	Duman Oluşumu Yok	Yanma Damlamaları/ Tanecikleri Yok	Avrupa Sınıfı (TS EN 13501-1'e göre)	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (DIN 4102 göre denklik)
Hiç Yanmaz	X	X	A1	A1
Zor Yanıcı	X	X	A2 - s1, d0	A2
Zor Alevlenici	X	X	B,C - s1, d0	B1
		X	A2 - s2, d0	
			A2, B, C - s3, d0	
	X		A2, B,C - s1, d1	
			A2, B,C - s1, d2	
(minimum)			A2, B, C - s3, d2	
Normal Alevlenici		X	D - s1, d0	B2
			D - s2, d0	
			D - s3, d0	
			D - s1, d2	
			D - s2, d2	
(minimum)			D - s3, d2	
Kolay Alevlenici			F	B3
“Duman Oluşumu İçin İlave Sınıflandırmalar s3: Duman üretimi açısından herhangi sınırlama olmayan s2: Duman üretiminin artış hızı yanında toplam duman üretimi de sınırlandırılmış olan s1: s2'den daha ağır kriterleri sağlayan Yanma Damlamaları/Tanecikleri İçin İlave Sınıflandırmalar d2: Sınırlama yok d1: Belirlenen bir süreden daha uzun sürede yanma damlamaları/tanecikleri olmamalı d0: Yanma damlamaları/tanecikleri oluşmamalı” (BYKHY, 2015)				

Tablo: 1
Döşemeler Dışındaki Yapı Malzemeleri İçin
Yangına Tepki Performansı Sınıfları (Güleşen
ve Yılmaz, 201, s.4).

lanma konusunda cephede oluşturduğu geniş açıklıkları kullanarak gün ışığından maksimum düzeyde faydalanılmayı sağlayan cam yüzeylerdir. Ayrıca ısı ada etkisini azaltan yeşil cephe sistemleri, yapıların hem cephesinde hem de çatısında tercih edilebilmektedir.

Cephe kaplama malzemeleri sürdürülebilirlik yönünden yüksek performanslı olsa da yapıda bazı ek yangın yükleri oluşturabilmektedir. Her birinin kendine has potansiyel yangın riskleri bulunmaktadır. Bu riskleri değerlendirip yapıyı daha güvenli hale getirmek mümkün olabilmektedir.

3.2.1 Alüminyum Kompozit Paneller

Alüminyum kompozit paneller kolay kurulumu, hafifliği, düşük bakım maliyetleri gibi birçok avantajı sebebiyle cephelerde yoğun şekilde kullanılmaktadır. Paneller tümüyle geri dönüştürülebilir hammadde-lerden üretilmektedir. Alt ve üst yüz-

zeylerdeki alüminyum plaklar ile dolguda kullanılan çekirdek malzemenin geri dönüşümü sağlanıp başka ürünlerde ana hammadde olarak kullanımı sağlanabilmektedir (URL-1). Paneller, pozitif yanlarının dışında yangın açısından bir takım riskler içerebilmektedir. Alüminyum yanıcı metal sınıfına girmektedir ve yandığında D sınıfı yangın oluşturmaktadır. D sınıfı yangınlar; su, kuru kimyevi tozlu, karbondioksitli söndürücülerle zararlı tepkimeler verdiği için bir noktada müdahaleyi çözümsüz bırakmaktadır. Alüminyumun yanıcı bir metal olduğu dikkate alınarak bu malzeme kullanımının yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir (Soğukoğlu ve İnce, 2009, s.12).

Kompozit paneller çekirdek malzemeye bağlı olarak farklı yangın sınıflarında üretilmektedir. A2 sınıfına kadar çıkabilen mineral yün dolgulu yada petek şeklinde boşluklu alüminyum dolgulu kullanılan tipleri bulunmaktadır (Güleşen ve Yılmaz,

2018, s.4). Polietilen dolgulu alüminyum kompozit panel B1 sınıfı zor alevlenen bir malzemedir. Bu panellerin iç ve dış cephesi yarımşar mm alüminyum katman ve ortasında ise 3 mm polietilen dolgu maddesi katmanı bulunmaktadır. Düşük maliyeti, kolay işlenebilir olması, estetik özelliklerinden dolayı uygulamada sıkça kullanılan polietilen dolgulu alüminyum kompozit panellerin 2002'den beri Türkiye genelinde kullanımı yasak olup 2007 yılında yangın yönetmeliğinde yapılan değişiklikle yüksek olmayan binalarda kullanımına izin çıkmıştır (Soğukoğlu ve İnce, 2009, s.12-13).

3.2.2 Yangın Dayanıklı Camlar

Giydirme cephelerin yapılarda kullanılmasıyla beraber özellikle cam malzemede gelişmeler gözlemlenmiştir ve gelişen teknolojik imkanlar farklı tür camların ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Sürdürülebilirlik açısından güneş kontrollü Low-e camlar, yansıtıcı camlar, ısı emici enerji üreten camlar gibi birçok alternatif kullanılmakta olup sağlamlık açısından temperli veya lamine camlar ön plana çıkmaktadır. Yangın yönetmeliğinde 'ısı ile güçlendirilmiş, kimyasal olarak katılaştırılmış, lamine ve telli cam' malzemenin test edilmeye gerek olmadan A1 sınıfı olduğu belirtilmektedir. Dış cephe kaplamaları için yangın güvenliği açısından A1 sınıfı hiç yanmaz bir malzeme olan cam kullanımı idealdir (Soğukoğlu ve İnce, 2009, s.12).

Yangın anında en büyük tehlike oluşan sıcaklığın etkisiyle camın patlaması olayıdır. Patlayan cam parçaları hem dışarıdaki insanlara hem de bina içerisindeki kullanıcılara tehlike oluşturabilmektedir. Bu yüzden cam yüzeyler; alev, ısı ve dumandan kaynaklanacak tehlikeleri en aza indirecek şekilde tasarlanmalıdır. Yangın dayanımı açısından özel olarak tasarlanmış, dayanım süreleri testlerle belirlenmiş yangın camları yapılarda kullanılmalıdır.

Yangına dayanıklı camların dayanım ve performans süreleri, akredite edilmiş laboratuvarlarca test edilerek sertifikalandırılmış olmalıdır. Yangın Dayanıklı Cam Kaplamalar, EN 1364-1 standardına göre yangın dayanım yönünden test edilmekte ve elde edilen veriler kullanılarak TS EN

13501-2 standardına göre sınıflandırılması yapılmaktadır. TS EN 13501-2 standardına göre E (bütünlük), EI (bütünlük ve ısı yalıtım) ve EW (bütünlük ve ısıma) sınıflandırmaları yapılmaktadır (TS-EN 13501-2, 2009).

3.2.3 Fotovoltaik Paneller (PV)

Fotovoltaik modüller, güneş ışınlarını direkt olarak doğru akım elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bu özelliğin getirdiği güneşten faydalanma çabası, PV panellerin birçok kullanıcı tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır. PV paneller doğrudan dış duvar sistemi olarak kullanılabilirdiği gibi kaplama elemanı, gölgeleme elemanı olarak da kullanılabilir. Ayrıca kullanım türüne bağlı olarak yapılarda; gürültü önleme, ısı yalıtımı, ışık kontrolü, estetik özellik oluşturma, elektromanyetik koruma gibi özellikler de sağlayabilmektedir (Yaman, 2018b, s.27).

Fotovoltaik panellerde iki türlü yangın olasılığı mevcuttur. Birincisi kısa devre, yüksek voltaj, güçlü akım gibi panelden kaynaklanan yangın riskleri olurken ikincisi ise dış ortamdan gelen tutuşturucu kaynağın cepheye ulaşarak panelin yanıcı kısımları ile bir araya gelmesidir (Mazziotti, Cancelliere, Paduano, Setti ve Sassi, 2016, s.2-3). Panelde elektrik olması yangın açısından büyük tehlike oluşturmaktadır. Panele gelen akım kesilse bile sistem içerisinde elektrik akışı tam anlamıyla kesmek kolay değildir. Kablo bağlantı elemanlarında ve panel arkasında oluşan aşırı ısınmalar yangın açısından tehlike oluşturduğundan periyodik olarak bakım ve kontrolleri yetkili kişilerce yapılması gerekmektedir. PV modüllerde oluşabilecek en ufak bir kıvılcım, taşıyıcı sistemin (ahşap vb.) yanıcı özellikte olması durumunda yangın riski oluşturabilmektedir.

PV panellerin yangın anındaki davranışı iyi bilinmesi gerekmektedir. Panel elemanlarının zehirli gaz açığa çıkarma, damlama özellikleri araştırılmalı, test sonuçları kanıtlanmış standart ürünler kullanılmalıdır. Panel elemanların yangın anında tutuşması ve duman çıkarması iç mekanda risk oluşturmaktadır (Mazziotti vd, 2016, s.2-3). Bir başka riskte yangın anına yüksek ısıya maruz kalan cephe bağlantı

elemanlarının dayanımını kaybetmesi yada erimesi sonucunda panelin düşmesidir. Dış duvar sistemi olarak kullanılan fotovoltaiik panellerin, yangın yönetmeliğindeki bina yükseklik mesafelerine göre belirlenen yangın sınıflarına uygun olması, kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıfları için TS EN 13501-1 test standardı esas alınarak sınıflandırma yapılması gerekmektedir (Yaman, 2018b, s.28).

3.2.4 Dikey Yeşil Cepheler

Dikey yeşil sistemler; dış duvarın bitki örtüsüyle kaplanmasından oluşan, nefes alan ve sürekli kendini yenileyen sistemlerdir. Cephe kabuğundaki bitkiler, zemindeki toprağa bağlı olarak gelişebildiği gibi cepheye yerleştirilen kalıplar içinde zeminden ayrı da yaşayabilmektedir. Bu sistemin tercih edilmesindeki unsunlar; yerleştirilen toprak ve bitki köklerinin ısı yalıtımı sağlaması, ekolojik malzeme olması, hava kalitesini artırması, kentsel ısı ada etkisini azaltması, gölgeleme sağlaması, görsel açıdan estetik olması, insan psikolojisini olumlu etkilemesi olarak sıralanabilmektedir (Ottele, 2011; Yaman, 2018b, s.23). Bu olumlu özelliklerinin dışında yeşil cephelere yangın güvenliği açısından bakıldığında, cephede yangın yayılımını etkileyen, mevzuatın öngörmediği bazı ek yangın yükleri ortaya çıkabilmektedir. Leed, Breeam, gibi uluslararası geçerliliğe sahip yeşil sertifikalı sistemleri değerlendirme ölçütlerinde yangın güvenliğine çok fazla değinmeyip yangına karşı alınan önlemlerin sürdürülebilir olmasını istemekte olup bitirme ve dolgu malzemelerinin, yangın önleyici veya söndürücü malzemelerin VOC (uçucu

organik bileşik) değerlerinin düşük olmasına dikkat etmektedir (Özgünler, 2016, s.4)

Dikey yeşil cephelerde kullanılan bitki türlerinin kuruması durumunda cephede ek yangın yükü oluşabilmektedir. Özellikle iğne yapraklı ve kozalaklı bitkilerin kurumaya başladığında tutuşma olasılığı daha yüksektir. Resim 3'teki gibi dış kabuğu komple kaplayan kuruyan bitkilerin herhangi bir tutuşturucu kaynakla bulunduğu zaman cephe boyunca yanması söz konusu olabilmektedir. Yangın riskini önlemek için yeşil örtünün sürekli nemli kalması gerekmektedir. Kurumuş bitkilerin cepheden arındırarak düzenli takibini yapılmalıdır. Bu tip sistemlerde bitkiler genellikle cepheye yerleştirilen ahşap, plastik, kauçuk gibi ön üretilmiş panellerin içerisine konulmaktadır. Bitki dışında sistem içerisinde kullanılan bağlantı amaçlı parçalar da ek yangın yükü oluşturabilmektedir (Özgünler, 2016, s.7).

3.3 Cephe Geometrik Formu

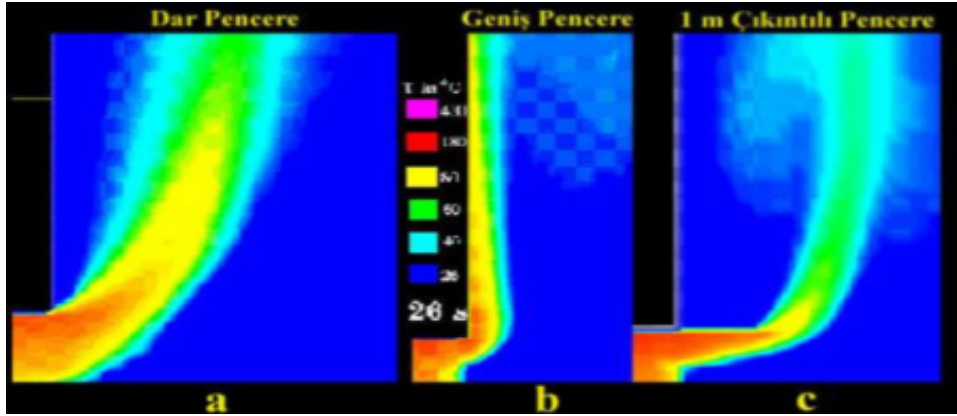
Bina cephelerinde yangının yayılmasını etkileyen bir diğer faktörde kesintisiz görünüm sergileyen cephe formlarıdır. Cephelerdeki balkonlar, pencere çevresindeki derin bölmeler ve çıkıntılar alevlerin üst kotlara ulaşmasında kesici görev görebilmekte ve büyük yangın çıkışına engel olabilmektedir (Arpacioğlu, 2002, s.4).

İngiltere bulunan Greenwich Üniversitesi'nde yangının yatay saptırıcılar ile cepheden uzaklaştırılmasına yönelik FLOW3D programında çalışma yürütülmüştür. Yapılan çalışmada pencere boyutlarının yangın davranışını etkilediği (Resim 4.a ve b), 1 metrelik yatay çıkıntı kullanılan pencere-

Resim: 3

Yangın Riski Yüksek Yeşil Cephe Örneği
(Shipp, 21st – 22nd July 2010, s.74).



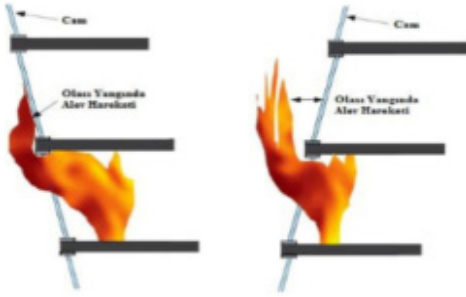


Resim: 4

Alevin cephede yayılım hareketi a) dar pencere b) geniş pencere c) üzeri 1 m yatay çıkıntılı olan pencere (URL-2).

Resim: 5

Cephe formunun yangın dinamiğine etkisi (O'Connor, 2008, s.37).



nin (Resim 4.c) yangını cepheden uzaklaştırdığı gözlemlenmiştir (URL-2).

Yapı tasarım aşamasındayken cephede alınacak birtakım önlemler alev yayılımını engelleyici etki gösterebilmektedir. Bina yükseldikçe cephelerin geri çekilmesi, terasların ve balkon benzeri çıkıntıların oluşması yangın güvenliği yönünden uygun tasarımlardır. Resim 5'deki gibi cephe geometrik formundaki geri çekilmeler yangın anında duman ve alevin cepheden uzaklaşmasına imkan sağlayabilmektedir.

3.4 Yangın Bariyeri

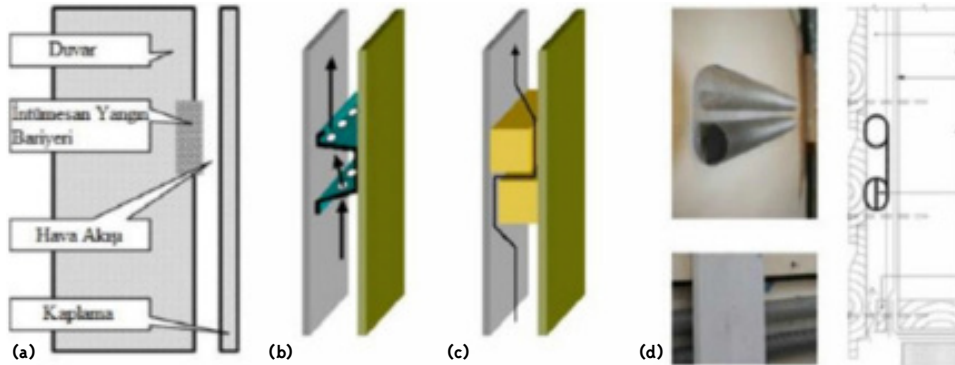
Havalandırılmalı cephe sistemlerinde en önemli yangın sorunlardan biri baca

etkisidir. Cephe üzerindeki kesintisiz hava boşluğu alev ve dumanın üst katları hızlı bir şekilde taşınmasına neden olabilmektedir. Bu doğrultuda yangının ilerlemesini önlemek için bazı özel sistemler kullanılmaktadır. Resim 6'da gösterildiği gibi dikey cephe boşluğu boyunca belirli kotlarda şaşırtmalı hava geçiş elemanları yerleştirilerek veya yangın anında genişleyen malzemeler (intümesan mastik) kullanılarak alev ve dumanın akışı yavaşlatılabilmektedir (Yaman ve Kurtar, 2019, s.9).

Kapalı mekan yangınlarında çıkan alevin cephe üzerinden üst katlara yayılımını yavaşlatmak ya da engellemek için katlar arasında malzemenin tutuşmasına sebep olacak miktarda ısı oluşumuna engel olunması gerekmektedir. Bu doğrultuda iki katın pencereleri arasında yangına dayanıklı bir bölüm oluşturularak alevin ilerlemesini durdurabilmektedir. Yangın yönetmeliği, spandrel denilen yangına dayanıklı bu bölümün yüksekliği hakkında en az 100 cm şartı koşmaktadır. Yangın bariyeri olarak spandrel tarzı uygulamalar farklı tipteki cephe tasarımlarını kısıtladığı

Resim: 6

Yatay yangın bariyeri tasarım örnekleri a) Havalandırılmalı cephe tasarımı b) şaşırtmalı hava geçiş elemanı c) Intümesan mastik d) Yangın bariyeri kesit profil (Östman vd., 2010).



için yönetmelik bu doğrultuda tasarımcılara esneklik getirmekte olup spandrel koşullunun sağlanmadığı durumlarda cepheden en fazla 1.5 m mesafede ve en çok 2 m aralıklarla otomatik yağmurlama sisteminin yapılmasını istemektedir (Altınbaş, 2014, s.5; BYKHY, 2015).

3.5 Yangına Müdahale

Yangın yönetmeliğine göre, bina yüksekliği 21.50 m'den, yapı yüksekliği 30.50 m'den fazla olan binalar yüksek bina olarak tarif edilmiştir. Yüksek binalardaki cephe yangınları bir noktada yangına müdahaleyi çözümsüz bırakabilmektedir. Çünkü itfaiye merdiven araçları belirli bir kata kadar kurtarma çalışması yapabilmekte veya yangın söndürme faaliyeti gerçekleştirebilmektedir. Dünyanın en uzun itfaiye merdiveni tam dik konumdayken yaklaşık 70 m yüksekliğinde olmasına karşın, gerek rüzgar koşulları gerekse düzgün zemin şartlarının sağlanamamasından dolayı optimum müdahale yüksekliği en fazla 30 metre olarak kabul edilmektedir. Bu noktada cephede yanmaz malzeme kullanımının önemi tekrar ortaya çıkmaktadır (Kılıç, 2017, s.25; Soğukoğlu ve İnce, 2009, s.3). Resim 7'de söndürme ve kurtarma çalışmalarında ulaşılabilecek azami kat yükseklikleri gösterilmiştir.

Yangın yönetmeliğine göre itfaiye araçlarının bina cephesinin en uç noktasına olan uzaklığı en fazla 45 metredir. Bu doğrultuda itfaiye ekiplerinin binaya uygun biçimde yaklaşması, can güvenliklerini koruması gerekmektedir. Dikey yeşil cep-

heler, yangına müdahale açısından kendi içerisinde ek riskler oluşturabilmektedir. Yanan bitki gövde ve parçaları cepheden kopup çevreye yayılarak hem bireyler hem de itfaiyeciler için risk oluşturabilmekte, müdahaleyi zorlaştırabilmektedir. Ayrıca dikey yeşil sistemlerde toprağın cephede bulunduğu kısımlar suyu emeceği için yangına müdahale sırasında söndürme suyunun artırılması gerekmektedir. Yeşil cephelerin tasarım aşamasında itfaiye müdahalesine yönelik gerekli yangın güvenlik önlemlerinin alınmasına dikkat edilmelidir (Özgünler, 2016, s.7-8).

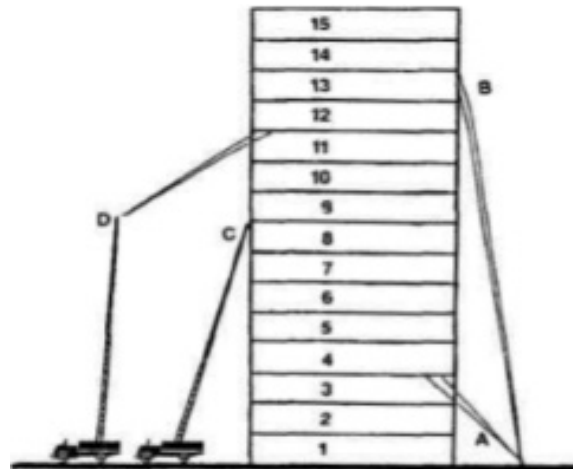
3.6 Dış Faktörler

Sürdürülebilir sistemlerde cepheye sonradan eklenen cihazlar, sistemde elektrik bulunmasından dolayı yangın riski oluşturmaktadır. Örnek olarak; rüzgar türbinleri, güneş enerjisini toplayan ve depolayan sistemler, klima motorları gibi cihazlar aşırı ısınma yada elektrik kaynaklı sebeplerle yangın çıkarma potansiyeline sahiptir. Bu tür cihazların periyodik olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir (Yaman, 2018a, s.52-54).

Cephede yangın yayılımını etkileyen durumlar bina dışı faktörler de olabilir. Cephe yakınında biriken çöpler, kurumuş ot ve bitkiler, ağaçlar yangın çıkarma açısından güvenlik problemleri oluşturmaktadır (Yaman, 2018a, s.52-54). Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi yangını, yakından geçenler tarafından atıldığı düşünülen bir ateş kaynağının atık cam şişe kumbarasında biriken

Resim: 7

A) Zeminden söndürme için B) Zeminden sırayeti önlemek için. C) Kurtarma için merdiven aracı. D) Söndürme için merdiven aracı yada şnorkel (Soğukoğlu ve İnce, 2009, s.11).



çöpleri tutuşturmasıyla başlamış ve kısa sürede dış cephe kaplama malzemesinin altındaki yalıtım levhasına sirayet etmiştir (Beyhan, 2018, s.11).

Cephelerde yangın yayılımını etkileyen faktörler arasında doğa olayları da etkili olabilmektedir. Doğal faktörler arasında rüzgar, yangının büyümesine etki edebilecek potansiyele sahip önemli bir dış faktördür. Bina geometrisine de bağlı olarak rüzgarın şiddeti arttıkça yangın yayılım hızı da artmaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde, özellikle rüzgarın daha fazla yapıda değerlendirilmesi gereken durumlarda, rüzgarın serinletme özelliğinin yanı sıra yangın yönünden yapacağı etkilere de dikkat edilmelidir.

4. *Sürdürülebilir Cephelerde Meydana Gelmiş Yangın Vakalarının Analizi: Etkili Faktörlerin Rolü*

Cepheye sürdürülebilir özelliği katan çift cidar duvarlar, fotovoltaik paneller, cephe formunda yapılan değişiklikler, kullanılan çeşitli yalıtım ve kaplama malzemeleri 3. bölümünde belirtildiği üzere ek yangın riskleri oluşturabilmektedir. Sürdürülebilir binaların tasarım ve imalat aşamasında, cephe yangın güvenliği açısından tüm bu risklerin yeterince değerlendirilmediği görülmektedir. Bu kapsamda yaşanmış cephe yangını örnekleri durumu desteklemektedir.

Çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgiler doğrultusunda 2009-2019 yılları arası dünya genelinde yaşanmış olan cephe ve çatı yangınlarının analizi yapılmıştır (Tablo 2). Tablodaki yangın vakaları kronolojik sıraya göre listelenmiştir. Seçilen yapılar genel itibarıyla yüksek binalar olup kendi içerisinde enerji performansı yönünden sürdürülebilir özellik göstermektedir. Yapılara bu özellik katan ana etmenler; hava boşluklu giydirme cephe sistemlerin tercih edilmesi, kullanılan yalıtım malzemeleri ve PV panellerdir. Literatür taraması sonucunda yeşil cephe veya yeşil çatı kaynaklı yangın vakası görülememiştir.

Havalandırılmalı giydirme cepheler yapı kabuğunda yalıtım malzemesi kullanımına olanak sağlamaktadır. Yalıtım görevi gören ilk katman enerjinin korunumu sağlarken

ikinci katman doğal hava sirkülasyonu sağlayarak havanın temizlenmesine yardımcı olmaktadır. Sistem yaz dönemlerinde aşırı ısınmayı kış dönemlerinde ise ısı kayıpları önlemektedir. Ayrıca kaplamada kullanılan alüminyum kompozit paneller geri dönüştürülebilir malzemeler olduğundan malzemenin sürdürülebilirliği söz konusudur. Fakat bu sürdürülebilir özellikleri sağlayan malzeme ve sistemlerin yangın açısından bir takım riskler oluşturduğu yaşanmış yangın vakalarından anlaşılmaktadır. Vakaların çoğunda yanıcı özellikteki yalıtım ve kaplama malzemeleri ön plana çıkmaktadır. Hava boşluğunun baca etkisi gösterdiği durumlar da mevcuttur.

Polat Tower binasında, klima ünitesindeki elektriksel kaynaklı arıza sonucunda çıkan yangın cepheye sıçramış, B1 sınıfı polietilen dolgulu alüminyum kompozit panel kaplamalı cephe 34 kat boyunca baştan aşağıya 3,5 dakikalık bir sürede yanmıştır. Giydirmede cephenin altında kullanılan A1 sınıfı taş yünü yangın ve dumanın iç mekana sirayet edememesinde büyük şans olmuştur (Sogukoğlu ve Ince, 2009, s.11). Ayrıca yangının iç mekan ilerleyememesindeki bir diğer etken de akıllı otomasyon sistemi ile ilgili yapılan yatırımdır. Güvenlik sisteminin yangını algılayarak acil anons sistemini aktif ettiği, gaz ve elektrik sistemlerini otomatik olarak keserek olası bir patlama tehlikesini önlediği, kaçış yolları ile yangın merdivenine pozitif basınç vererek tahliye-yi kolaylaştırdığı, duman atış sistemlerini devreye soktuğu belirtilmektedir (URL-10).

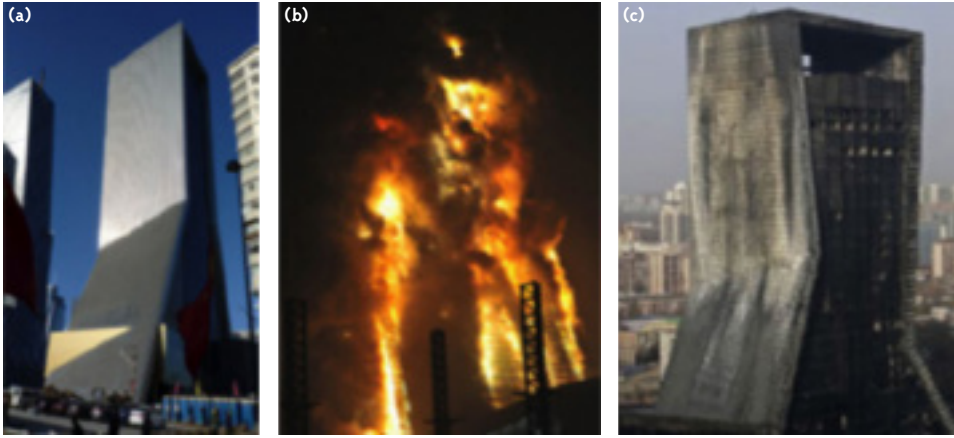
Çin’de meydana gelen Pekin Televizyonu Kültür Merkezi yangını (Resim 8) 1 itfaiyecinin ölümü, 7 kişinin de yaralanmasına neden olmuştur. Yapının doğu ve batı cephe kaplaması; ekstrüde polistiren (XPS) dolgu, titanyum-çinko alaşımlı paneller ve kaplama arasında bir hava tabakasından oluşmaktadır. Edinilen bilgilere göre çatıda yapılan kaçak kaynak çalışmasından çıkan kıvılcıklar cepheye sıçrayarak metal panellerin içine girmiş ve XPS’den yapılan yalıtım katmanının tutuşmasına neden olmuştur. Yangın bariyeri bulunmayan, yanıcı yalıtım malzemesi içeren cephe kaplamasının yangının geniş çapta

Bina Adı	Şehir	Bina Kullanım Sınıfı	Yangın Yılı	Yangın Çıkış Nedeni	Yangının Yayılma Nedeni	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı
Pekin Television Cultural Center (URL-3)	Beijing	Ofis	2009	Kaynak Kıvılcımı	XPS Dolgu, Kaplama ile Duvar Arasındaki Hava Tabakası	1	7
Wooshin Golden Suites (URL-4)	Busan	Ofis/Konut	2010	Elektrik Prizinden Çıkan Kıvılcım	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel, Bina Formu, Rüzgar Etkisi	–	5
National Gypsum Company Fabrika Binası (URL-5)	North Carolina	Fabrika	2011	Topraklanmış İletkende Tespit Edilemeyen Bir Arıza	Çatıda Kurulu Fotovoltaik Panel	–	–
Polat Tower (Soğukoğlu ve İnce, 2009)	İstanbul	Konut	2012	Cephede Bulunan Klima Ünitelerinin Arızası	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel, Havalandırılmalı Cephede	–	–
Dietz & Watson Ambar Binası (URL-6)	New Jersey	Depo	2013	Yanıcı Çatı Malzemesi	PV Panellerin Müdahaleyi Engellemesi	–	–
Marina Torch (URL-7; Nguyen vd, December 2016)	Dubai	Konut	2015 & 2017	Sigara İzmariti	Yanıcı Cephe Kaplaması Şiddetli Rüzgar	–	7
Address Downtown (URL-8; Nguyen vd, December 2016)	Dubai	Otel	2016	Elektrik Kısa Devre	Alüminyum Kompozit Cephe Kaplaması	–	16
Grenfell Tower (Kılıç, 2017)	Londra	Konut	2017	Buzdolabı Arızası	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel, Hava boşluklu Cephe, Springler Sistem Yok	79	70
G. Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi (Beyhan, 2018)	İstanbul	Hastane	2018	Atık Cam Şişe Kumbarası	Kompakt Laminat Panel, Alüminyum Kompozit Panel, Giydirmce Cephe-Hava Boşluğu	–	–
Karaman'da bir konut (URL-9)	Karaman	Konut	2019	PV Panel Aküsü	Ahşap Konstrüksiyon	–	–

Tablo: 2
2009-2019 Yılları Arası Dünya Geneline Yaşanmış Cephe ve Çatı Yangın Vakaları.

yayılmasına neden olduğu ifade edilmekte olup rüzgarın da etkisiyle yapının 20 dakikalık bir sürede alevler içinde kaldığı belirtilmektedir (URL-3).

Listedeki yangın vakaları arasında en ağır sonuçları içeren Grenfell Kulesi yangınıdır (Resim 9). Buzdolabının alev alması ile çıkan yangın yapının tamamen yan-

**Resim: 8**

Pekin TV Cultural Center Binası a) Yangın öncesi b) Yangın sırasında c) Yangın sonrası (URL-3).

masına sebep olmuş, 79 kişinin hayatını kaybetmesi ve 70 kişinin yaralanması ile sonuçlanmıştır. Enerji giderlerini azaltmak için bina cephesi 2015-2016 yılları arasında yenilenmiş, kaplama seçiminde alüminyum kompozit panel kullanılmıştır. Kolay yanıcı özellikteki yalıtım malzemesi yüzünden yapının her tarafı yanmaya başlamış, yalıtım ile kaplama arasında bırakılan boşluk baca etkisi görevi görmüş, alev ve dumanın hızla yukarıya doğru ilerlemesine neden olmuştur. Katlar arasında spandrel bölümünün bulunmadığı için alevin ilerleyiş hızı kesilememiştir. Ayrıca yapıda yangın algılayıcı ve uyarıcı sistemin yapılmaması, sprinkler sistemin bulunmaması, kaçış merdivenlerinin basınçlandırılmaması nedeniyle birçok kişi dumandan zehirlenerek hayatını kaybetmiştir (Kılıç, 2017, s.24-27).

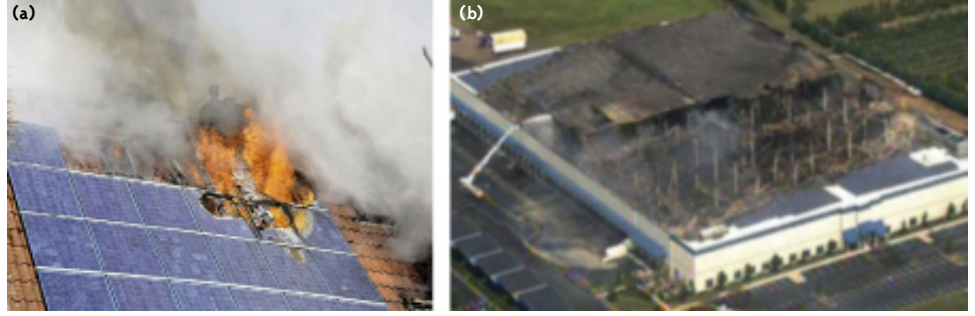
Yapılarda sürdürülebilir açısından yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması oldukça önemlidir. Güneşten yararlanmak amacıyla panellerin hem çatıda hem de cephede kullanımı mevcuttur. Ancak bu uygulama yapıya ek yangın riskleri getirebilmektedir. Son dönemde PV panel kaynaklı pek çok sayıda yangın vakası rapor edilmektedir. Bu vakalardan biri 2011 yılında bir alçıpan fabrikasında çıkan yangındır. Yangının PV panellere bağlı topraklanmış iletkenle tespit edilemeyen bir arızadan kaynaklı olarak çıktığı rapor edilmiştir (URL-11). Karaman'ın Ermenek ilçesinde bulunan bir bağ evi komple yanarak kullanılmaz duruma gelmiştir. Yangının sebebi ise PV panele bağlı akünün aşırı ısınması sonucunda çıktığı, çıkan yangının ahşap olan binayı tamamen kül ettiği bildirilmiştir (URL-9). Vakalardan da anlaşıldığı üzere

**Resim: 9**

Grenfell Tower yangının gelişimi (Kılıç, 2017, s.27).

Resim: 10

a) PV panellerin yarattığı yangın örneği,
b) Dietz & Watson Ambar Binasının yangın
sonrası hali (URL-12;URL-6).



panellerin ilk kurulumu oldukça önemlidir. Kurulum sırasında yapılacak yanlış uygulamalar kısa devre, kablo tutuşması, aşırı ısınma gibi problemlere yol açabilmektedir. PV paneller 1000 volta kadar doğru akım üretebilen sistemlerdir, yalıtımın zarar görmesi durumunda itfaiyecilerin elektrik çarpması riski mevcuttur. Yangın anında kapanma mekanizması olmayan paneller elektrik üretmeye devam ettiğinden tehlike yaratabilmektedirler. Sistemin güvenli biçimde kapatılması için PV modülleri ile sürücü arasında bir DC ayırma anahtarı sağlanmalıdır. Ayrıca vakaların bazılarında PV paneller yangının kontrol altına alınmasını sekteye uğratmakta, müdahaleyi bazı noktalarda zorlaştırmaktadır. Bu yüzden panellerin konumlandırılması oldukça önemlidir (URL-12;URL-13). New Jersey’de bulunan 28.000 m2 büyüklüğündeki bir soğuk gıda deposunda yanıcı çatı malzemesinden kaynaklı çıkan yangının söndürülmesi 24 saatten fazla sürmüştür. Çatıda bulunan 7.000’den fazla fotovoltaik modülden kaynaklı elektrik çarpma riski olduğu için itfaiyeciler tarafından yangına müdahale edilemediği bildirilmiştir (URL-6). Resim 10’da yapının söndürme işleminden sonraki hali gösterilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının bir gün tükenecek olması fikri ve doğada yarattığı kirlilik; bu tip kaynakların daha az tercih edildiği, doğa ile uyumlu, sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanan binaların gelişmesine olanak sağlamıştır (Özgünler, 2016, s.1). Sürdürülebilirlik kavramı, bu binaların iç sisteminde sınırlı kalmayarak cephelerine de sıçramış, yüksek performans sağlayan çeşitli tiplerde sürdürülebilir cepheler ortaya çıkarmıştır. Fakat gelişen

teknoloji ve ortaya çıkan yeni malzemelerle farklılaşan cephe sistemleri, sürdürülebilir özelliklerin sağladığı avantajlara rağmen gerekli önlemler alınmadığı takdirde yangın açısından tehlike yaratabilmektedir.

Cephe sistemlerinde enerjinin korunumu için kullanılan yalıtım ve kaplama malzemeleri seçerken yönetmelikte belirtilen yangın tepki sınıflarına uygun, yanıcı özellikte olmayan malzemeler tercih edilmelidir. Cephe malzemelerinin TS EN 13501-1 standardınca yapılan test koşullarını sağlamasına, damlama ve duman çıkarma özelliği göstermemesine dikkat edilmelidir. Isı yalıtım malzemesi seçiminde A1 sınıfı mineral yünler kullanılmalıdır.

Yanıcı malzeme kullanımı özellikle yüksek binalarda daha fazla önem taşımaktadır. İtfaiye müdahalesi belirli bir yüksekliğe kadar etkili olabildiği için yangın güvenliği bir seviyeden sonra ancak yanmaz malzeme kullanımı ya da aktif yangın önleyici sistemlerle sağlanabilmektedir. İngiltere’de, itfaiye merdivenlerinin 10. kattan sonra etkili olamayacağı düşünüldüğü için 30 metreyi aşan tüm yerleşim yapılarında sprinkler sistem zorunlu hale getirilmiştir (Kılıç, 2017, s.25).

Çift cidar cephelerde; ses yalıtımı, ısı konfor ve yaz-kış dönemlerinde isticilere uygun havalandırmaya imkan veren boşluklar yangın açısından tehlikeli yaratabilmektedir. Havalandırılmalı cephe sistemlerde baca etkisine dikkat edilmeli, bu etkiyi önleyecek tedbirler alınmalıdır. İntümesan özellikli yangın bariyerleri veya şaşırtmalı hava geçiş aparatları sorunu çözmede etkili olabilmektedir. Cephede yağmurlama sistemi, yangın algılama sistemi gibi aktif önlemlerin kullanımı olası bir yangını önlemede faydalı olacaktır.

Fotovoltaik panel ve yeşil cephe gibi sürdürülebilir uygulamalarda performans yanı sıra yangın riski de göz ardı edilmemelidir. PV sistemlerde elektrik kaynaklı çıkabilecek yangınlar hakkında gerekli tedbirler alınmalı, sistemin yerleştirilmesi itfaiye müdahalesini zorlaştırmayacak şekilde planlanmalıdır. Panellerin kurulumu standartlara uygun ve ehil kişilerce yapılmalı, panelin etrafında yakıt yükü oluşturabilecek malzemelerin olmamasına dikkat edilmelidir.

Yeşil cephelerde kurumuş bitkiler (*özellikle iğne yapraklı, kozalaklı*) düzenli olarak temizlenmeli, gerekli bakımları yapılmalıdır. Yeşil örtünün sürekli nemli kalması için otomatik damlama sistemi kurulabilir. Ayrıca yeşil cephede ve çatıda kullanılan bitkisel toprak, yangına müdahalede kullanılan suyu emdiğinden söndürme çalışmalarını sekteye uğratabilmektedir. Bu doğrultuda söndürme suyunun artırılması ya da cephede kullanılan toprak miktarının azaltılması gibi çözümler üretilmelidir.

Dış etkenlerin de cephede yangın yayılımı üzerinde etkili olduğu unutulmamalıdır. Tasarım aşamasında rüzgardan yararlanmaya yönelik uygulamalar yüksek performans sağlarken yangın anında alev yayıcı niteliğe bürünebilmektedir. Yine cephe sistemi ne sonradan eklenen cihazlar başlı başına yangın çıkarma potansiyeli taşımaktadır. Cephede yangın riski değerlendirilirken bu tür olasılıklar göz ardı edilmemeli, gerekli tedbirler alınmalıdır.

Sürdürülebilir binalar gün geçtikçe kendini geliştirip sayıları artarken yangın yönünden oluşturabileceği tehlikeler tartışılmalı, üretici ve kullanıcılar bu konuda bilinçlendirilmelidir. Gerekirse sürdürülebilir sistemlerin cephede getirdiği ek yangın risklerine karşı yangın yönetmeliğinde ayrı bölümler açılmalı, gerekli revizyonlar yapılmalıdır. Can güvenliğinin her şeyden kıymetli olduğu asıl gerçektir●

Kaynakça

- Altındaş S. (2014) Cephelerde Yangın oluşumu ve Yayılımı. 7. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*.
- Arpacioğlu Ü. (2004). Cephe Yangınları ve Cephe Kaplamalarının Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. 1. *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*.
- Barbosa S. ve Ip K. (2014). Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 40, 1019-1029. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.192>
- Beyhan F. (2018) Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yangını Değerlendirme Raporu. Gazi Üniversitesi.
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2015, Bakanlar Kurulu, Ankara.
- Güleşen E. ve Yılmaz M. H. (2018). Yangın Emniyeti ve Cephe Tasarımı, 9. *Ulusal Çatı & Cephe Konferansı*.
- Han R., Zhu G. ve Zhang G. (2013) Experiment Study on the Ignition Point of XPS Foam Plastics, *Procedia Engineering*. 52, 131-136. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.117>
- Kanan N. Ö. ve Beyhan F. (2013). Enerji Etkin Binalarda Çift Katmanlı Cephe Sistemlerinin Yangın Güvenliği., 11. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 17/20, 1515-1528.
- Kıasf, G. Ç. (2016). Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Yangın Performansını İyileştirecek Yöntemler. 8. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*.
- Kılıç A., (2017). Londra Yüksek Bina Yangını: eksikler, Hatalar. *TÜYAK Yangın Mühendisliği Dergisi*, 2, 24-28.
- Kotthoff I. ve Riemesch-Speer J. (2013). Mechanism of fire spread on facades and the new Technical Report of EOTA 'large-scale fire performance testing of external wall cladding systems. *MATEC Web of Conferences*, 9. DOI: 10.1051/mateconf/20130902010
- Mazziotti L., Cancelliere P., Paduano G., Setti P., ve Sassi S. (2016). Fire Risk Related To The Use Of PV Systems In Building Facades. *2nd International Seminar for Fire Safety of Facades*, Lund.
- Meacham B. J. (7-8 November 2012). Fire Safety Challenges of Green Buildings. *FPRF Fire Safety & Sustainable Building Symposium Chicago, IL*, 7. DOI: 10.1051/mateconf/20164605001
- Nguyen K. T., Weerasinghe P., Mendis P. ve Ngo T. (December 2016). Performance of Modern Building Façades in Fire: a Comprehensive Review. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 16(1), 69-85.
- O'connor D.J. (2008). Building Facade or Fire Safety Facade. *Council on Tall Buildings and Urban Habitat Journal*, 2, 30-39.
- Ottele M. (2011). The Green Building Envelope Vertical Greening. Delft Technical University, 9-17.
- Östman B. vd. (2010). Fire Safety in Timber Buildings. Technical Guideline for Europe. SP Technical Research Institute of Sweden, Report 2010:19. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.05.002>
- Özgünler M., Özgünler S. A. ve Arpacioğlu Ü. (2016). Sürdürülebilir Binaların Çatı ve Cephelerinde Oluşan Yangın Risklerinin Analizi. 8. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*.
- Shipp M. (21st – 22nd July 2010). IFE AGM and

- Conference: Fire Engineering to Improve Sustainability of Communities. Hotel Russell, London.
- Soğukoğlu M. M. ve İnce A. (2009). Yüksek Binalarda Yangın Güvenliği Açısından Dış Cephe Yalıtım ve Kaplama Malzemeleri.
- Sönmez B. ve Kiasif G. Ç. (2018). Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Bağlamda Akıllı Cephe Sistemlerinin Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 63–98.
- TS EN 13501-2, 2009.
- Uygunoğlu T., Güneş İ., Çalış M., ve Özgüven S. (2015). EPS ve XPS Malzemeleriyle Yapılan Mantolamaların Yangın Sırasındaki Davranışlarının Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 18(1), 21–28.
- Yaman M. (2018). Cepheelerde Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Yangın Güvenlik Önlemleri Bağlamında İncelenmesi. 9. *Ulusal Çatı & Cephe Konferansı 12 - 13 Nisan 2018*. T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi
- Yaman M. (2018). *Cephe Yangın Güvenlik Önlemleri ve Mevzuatlar* (Yüksek Linas Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yaman M. ve Kurtar C. (2019). Mimaride Kullanılan Fotovoltaik Sistemler İçin Yangın Güvenlik Önlemleri. *Uluslararası Yangın Ve Güvenlik Sempozyumu Ve Sergisi TÜYAK-2019*.
- (URL-1) Albond Alüminyum Kompozit Panel Teknik Katalog, Mayıs 2015, <https://albond.com.tr/indir/albondteknik.pdf> (erişim tarihi 08.12.2020)
- (URL-2) https://fseg.gre.ac.uk/fire/fire_propagation_hrb.html (erişim tarihi 09.05.2020)
- (URL-3) Rukavina M. J., Carević M., Pečur I. B., Fire Protection of Facades, http://fireonline.it/wp-content/uploads/2018/07/GF_FireManual_165x235mm_8.9.2017.pdf (erişim tarihi 04.12.2020)
- (URL-4) https://en.wikipedia.org/wiki/Wooshin_Golden_Suites_fire (erişim tarihi 23.06.2020)
- (URL-5) <https://www.wbtv.com/story/14461049/solar-panels-catch-fire-on-factory-rooftop-puzzling-investigators/> (erişim tarihi 05.12.2020)
- (URL-6) Tech Talk Volume 8: Fire Hazards Of Photovoltaic (PV) Systems, <https://www.agcs.allianz.com/content/dam/onemarketing/agcs/agcs/pdfs-risk-advisory/tech-talks/ARC-Tech-Talk-Vol-8-Fire-Hazards-PV-Systems-EN.pdf> (erişim tarihi 08.07.2020)
- (URL-7) https://en.wikipedia.org/wiki/The_Marina_Torch (erişim tarihi 23.06.2020)
- (URL-8) <https://www.thestar.com/business/2016/01/19/how-a-common-building-material-turned-a-dubai-hotel-fire-into-an-inferno.html> (erişim tarihi 23.06.2020)
- (URL-9) <https://www.karamanca.net/karamanda-gunes-panelinin-akusu-bag-evini-kul-etti/597394/> (erişim tarihi 04.12.2020)
- (URL-10) <https://www.milliyet.com.tr/gundem/polat-tower-i-akli-kurtardi-1568337> (erişim tarihi 05.12.2020)
- (URL-11) Solar America Board for Codes and Standards White Paper, The Ground-Fault Protection BLIND SPOT: A Safety Concern for Larger Photovoltaic Systems in the United States, 2012, <http://www.solarabcs.org/about/publications/reports/blindspot/pdfs/BlindSpot.pdf> (erişim tarihi 05.12.2020)
- (URL-12) Shipp M., Holland C., Crowder D., Pester S. ve Holden J., Fire Safety and Solar Electric/ Photovoltaic Systems, <https://www.bre.co.uk/page.jsp?id=3211> (erişim tarihi 08.07.2020)
- (URL-13) <https://www.coffscostadvocate.com.au/news/warning-solar-panel-owners/1256986/> (erişim tarihi 08.07.2020)