

YANGIN EMNİYETİ ve CEPHE TASARIMI

Erdem GÜLEŞEN, İns. 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 önlenilebileceği düşünülürse, bina yangınlarında yaşanan önemli can ve mal kayıpları hepimizi daha derinden etkilemektedir.

Yangınların ve kayıpların önlenmesi 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.

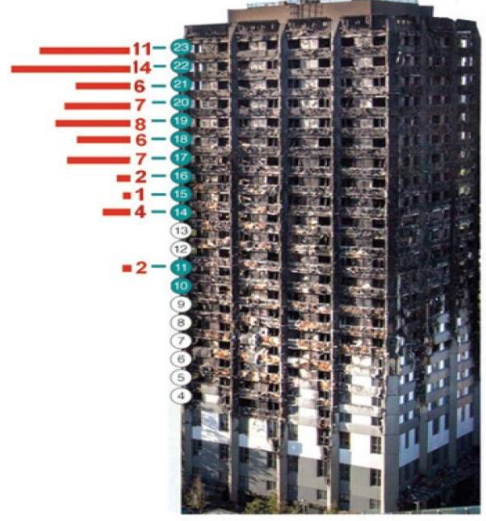
Artık çoğunlukla binaların dış cepheleri eskiden olduğu gibi, pişmiş toprak, kil veya çimento esaslı tuğlalar ve yine çimento esaslı bir sıva ile kaplanmamaktadır. Bu türdeki cepheler yangının yayılmamasında etkili olmamakla birlikte günümüzde beklenen uzun ömür ve yalıtım performanslarından da çok uzaktadır.

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
	✓	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	
		A2-s3,d2	B1	
normal alevlenebilirlik	✓	✓	D-s1,d0	B2
		✓	D-s2,d0	B2
		✓	D-s3,d0	B2
		E	B2	
	✓		D-s1,d2	B2
			D-s2,d2	B2
			D-s3,d2	B2
			E-d2	B2
alevlenemez			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 çıkan 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

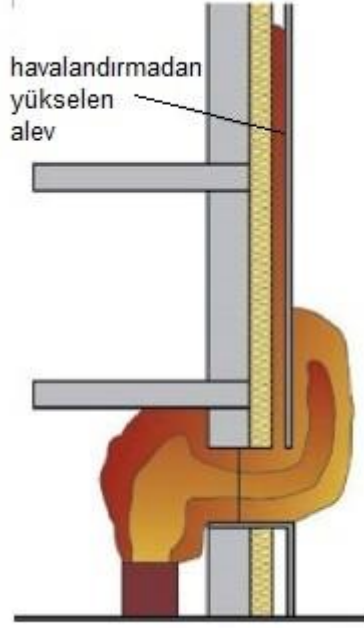
Bu malzemeler yukarıdaki iki malzeme kadar etkilemese de önemli olabilmektedir. Bunların çoğu yanıcı malzemelerdir, dolayısıyla bunların malzemesinden çok, detaylarda katmanlaşmanın hangi bölgesinde olduğu çok önemli olacaktır.

Aşağıda izah edeceğimiz katmanlaştırmanın havalandırma bölümünde kullanmak yerine ısı yalıtımın arkasında kullanmak birçok sorundan bizi uzak tutacaktır.

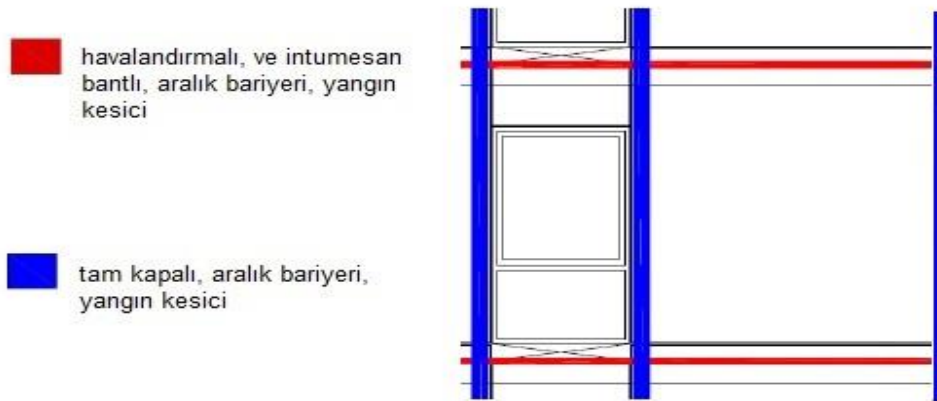
3.4. Detaylandırma

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]

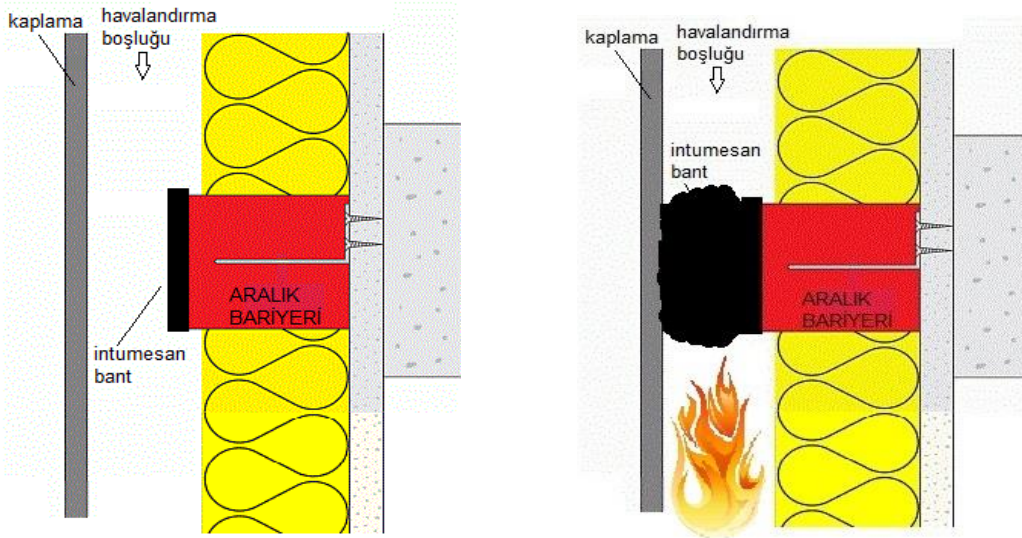
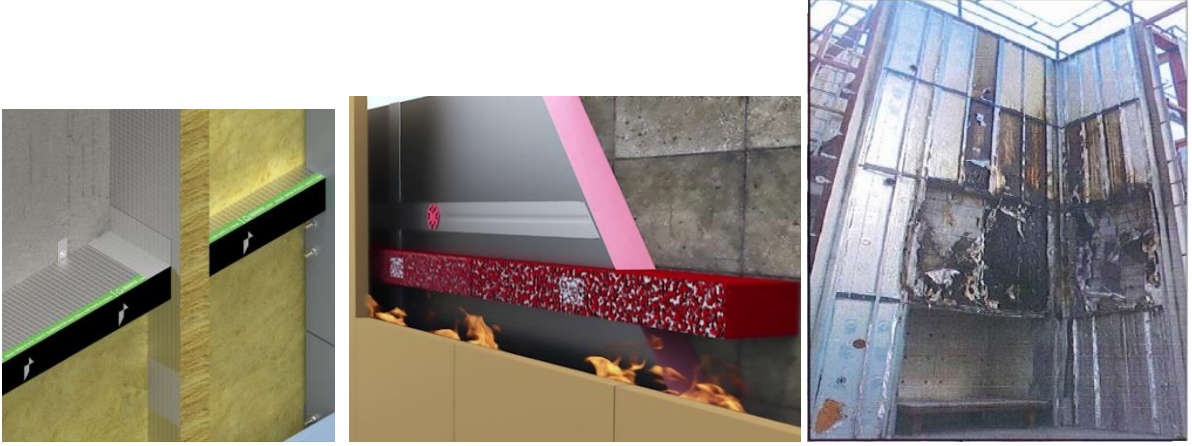


En dışta kaplama malzemesi, arkasında bir havalandırma boşluğu ve yalıtım katmanları olan cephe katmanlaştırma tasarımlarında, havalandırma boşluğu bir baca etkisi yapmaktadır. Alevi hızlıca çekerek diğer katlara aktarmaktadır. Bu sebeple, başarılı bir detaylandırmada bu hava boşlukları “bölümlendirme – 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 yoğuşma 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 almasıdır.

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 anlaşılacağı 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