

Işınımla yangın yayılımının önlenmesinde sınır mesafesinin belirlenmesi

Nuri SERTESER*, **Zerrin YILMAZ**

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla, 34437, Taksim, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, karşılıklı yerleştirilmiş binalar arasında yangının oluşturduğu ışınlama etkisiyle binaların tutuşmaması için, bırakılması gereken güvenli mesafelerin çeşitli metotlara göre incelenmesi yapılmış ve bunlardan yola çıkılarak yeni bir model ortaya konulmuştur. Amaç binalar arasında ışınlama etkisiyle oluşabilecek yangın yayılımının önlenmesinde kullanılacak etkin bir metot oluşturmak ve güvenilir mesafe değerlerinin belirlenmesine olanak tanımaktır. Ortaya konulan modele göre İstanbul'dan çeşitli konut örnekleri seçilerek, hem mevcut metotlara göre hem de yeni modele göre sınır mesafesi hesapları yapılmış ve bu değerler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre, değişen bina dışı sıcaklık değerlerine bağlı olarak sınır mesafe değerleri de artış göstermektedir. Mesafeler belirlenirken değişen bina dışı sıcaklık durumları dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: *Bina aralığı, güvenli sınır mesafesi, ışınlama, yangın.*

Determination of safe boundary distance for preventing fire spread by radiation transfer

Abstract

Radiation is the one of the effective way of spread of fire between buildings. In this study, safe boundary distances for preventing ignition by fire radiation between the buildings facing each other are examined by some methods. After the comparison of the similar and the different ways of these calculation methods that are still valid in this area, a new calculation model is put forward. The purpose of the new model is to produce an effective method for using to prevent fire spread by radiation effect between buildings and to determine safe distance values between buildings. With this purpose, some calculations to obtain safe boundary distance values are made on some house models chosen from Istanbul by means of both the new model and the other calculation methods and results are compared. The criteria used for the selection of these model buildings and some information about them are defined and results of the applications in tabulated form are compared with each other. Effects of the unprotected areas on the facade and the effects of ambient air temperature on determination of the boundary distances are experimented and the results are explained with tables. In determining the safe distances between the buildings, changing values in ambient air temperatures in buildings must be taken into consideration.

Keywords: *Building distance, safe boundary distance, radiation, fire.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Nuri SERTESER. serteser@itu.edu.tr; Tel: (212) 293 13 00.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Yanan binadan karşısındaki binaya ışınlama yangın yayılımının önlenmesi için güvenli sınır mesafesinin belirlenmesinde bir model önerisi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 18.02.2003 tarihinde dergiye ulaşmış, 05.04.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.09.2005 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Günlük yaşantımızın önemli bir bölümünü geçirdiğimiz binalar kullanıcı konforunu üst düzeyde sağlamak üzere tasarlanan yapma çevrelerdir. Tüm bu yapma çevreler, kullanıma girmelerinden itibaren yangın açısından da belirli oranda risk içerirler. Binanın kullanım süresince ortaya çıkabilecek bu riskli durumlar tamamen ortadan kaldırılamasa bile, binanın mimari tasarımını aşamasında alınabilecek bir takım temel önlemler ile önemli ölçüde azaltılabilir. Tasarımın ilk aşamalarından başlayarak, mimari tasarımla bütünleşmiş olarak düşünülmüş yangın güvenlik önlemleri sayesinde kullanıcının karşılaşılabileceği tehlikeli durumlar büyük ölçüde azaltılabilir. Bu bağlamda tasarım ekibinin başta gelen elemanlarından olan mimarlara büyük görevler düşmektedir. Binada çıkabilecek bir yangın, hem binanın kendisine hem de çevredeki diğer binalara zarar verebilir. Bu durum özellikle kent içi yerleşimlerinin yoğun olduğu yerleşim birimleri için düşünüldüğünde, ortaya çıkabilecek risk ciddi boyutlara ulaşır. Yangın sadece alev teması ile malzemeleri tutuşturmaz, yanmayla beraber oluşan uçucu yanar parçacıkların, taşınım ve ışınımın da bileşik etkileriyle bitişik veya karşı binaları tutuşturması kaçınılmazdır. Bu nedenle özellikle kent içinde yer alan binalarda hem binanın kendisini koruyacak hem de bitişik veya karşı binaların tutuşmasına sebep olmayacak şekilde yangın güvenlik önlemlerinin alınması gerekir.

Bu çalışmada, karşılıklı binalar arasında yangının yayılmasında etkili olan ışınım geçişi ile tutuşmanın meydana gelmemesi için, binalar arasında bırakılması gereken minimum mesafe değerinin belirlenmesine ilişkin çeşitli hesap metotları incelenecektir. Halen geçerli olan bu metotlar kullanılarak çeşitli bina örnekleri için hesaplamalar yapılmış ve elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Metotlar arasındaki ortak ve farklı yönler ortaya konularak kullanılabilir yeni bir hesap modeli önerilmiş ve aynı bina örnekleri üzerinde bu modele göre güvenli sınır mesafe değerleri hesaplanmıştır.

Yangının yayılması

Malzemelerin çoğu ısıya maruz kaldıktan belirli bir süre sonunda tutuşabilir. Malzemenin tutuş-

ması üzerine etkiyen ısının miktarına, malzemenin tutuşma sıcaklığına, ısının etki etme süresine bağlı olarak değişir. Malzemenin üzerine etkiyen ısının bir bölümü yutulur, bir bölümü de iletilir. Yüzey sıcaklığındaki artış iletkenlikle ters orantılı olarak değişir. Yani malzeme ısıyı iyi iletiyorsa yüzey sıcaklığı kolay artmayacaktır. Örneğin, kuru ahşap iyi bir iletken olmadığı için, bir dış alev kaynağının etkimesi halinde tutuşması için gereken yanıcı gazları 300°C civarında yaymaya başlar. Oysa bir alev kaynağının bulunmaması halinde yayımlanan gazların kendiliğinden tutuşması için 500°C'den daha yüksek sıcaklık gerekir (Langdon-Thomas, 1972).

Yangının yayılması yanıcı bir malzeme belirli noktalarda veya bütün yüzey boyunca alevlenmeye başladıktan sonraki sürekli yanma halidir. Bir malzemenin tutuşması için gereken zaman malzemenin ısı özelliklerine ne kadar çabuk veya ne kadar yavaş ısıtıldığına bağlıdır.

Yangının yayılma mekanizması üç şekilde gerçekleşir:

1. Sürekli yanıcı bir yüzey boyunca alevin yayılması: alev sürekli yüzey boyunca hem yatay hem düşey doğrultuda yayılır.
2. Sürekli bir yakıt kitlesi üzerinde alevin yayılması: kapalı bir mekan ısındığında yanıcı malzemeyle kaplı bir döşemeden yanıcı özellikteki malzemeyle kaplı duvara doğru oluşan yangınlar bunun gibidir.
3. Kesintili bir yakıt kitlesi üzerinde alevin yayılması: yangının olduğu bir mekanda yangının mekan içindeki yanıcı özellik gösteren mobilyaları ışınım yoluyla etkisi altına alması örnek verilebilir.

Bina yangınlarında özellikle bilinmesi gerekli iki şey vardır: yangının ne ölçüde yayılacağı ve ne kadar zaman içinde yayılacağı. Özellikle yangının ne kadar zaman içinde yayılacağı diğer faktöre göre daha önemlidir. Zira yangının yayılma süresi yangın anında kullanıcıların güvenlik içinde binayı terketmeleri için gereken zamanı belirleyeceği gibi, itfaiyeye de müdahale için ihtiyaç duyulan zamanı sağlayacaktır. Bu

noktada yukarıda bahsedilen alevin yayılma mekanizmalarını iyi bilmenin rolü büyüktür (Langdon-Thomas, 1972).

Yangının bina içinde yayılması

Bina içinde yangının yayılmasını etkileyen faktörler şunlardır:

- Yakıtın özellikleri
- Mekan içinde yakıtın dağılımı
- Mekana dağılmış halde bulunan yakıtın miktarı ve yüzey alanı
- Tutuşma kaynağının yeri ve büyüklüğü
- Duvar boşlukları üzerinde bulunan açıklıkların yeri, biçimi ve alanı
- Mekanın geometrisi
- Duvar ve tavanların ısı yalıtkanlık düzeyi (Shields ve Silcock, 1987).

Yangının meydana gelmesi için yanıcı özellik gösteren bir malzemeye, yanıcı nitelikte gaz çıkışına neden olabilecek miktarda ısıya ve oksijene gereksinim vardır. Oksijenle tepkimeye giren yanıcı gazlar tutuşmadan sonra daha büyük miktarda ısının ortaya çıkmasına neden olur. Ortaya çıkan bu ısı da yanıcı özellik gösteren diğer malzemelerin ısınmasına ve yanıcı gazlar çıkmasına neden olur ve bu olay yangının büyümesine neden olacak bir çevrim haline dönüşür (Uzun, 1988). Yanıcı bir malzeme tutuştuktan sonra söndürülünceye dek etrafındaki diğer yanıcı malzemeyi tehdit eder. Yayılma eğilimi içerisindeki yangın, müdahale edilmişse mekanı çevreleyen duvar ve döşemeyi etkiler. Duvar ve döşeme elemanları üzerinde boşluk varsa, bu boşluklar sayesinde bitişik mekanlara ve tüm yapıya yayılabilir. Hol ve merdiven boşlukları vasıtasıyla bina içerisinde kolayca ilerler ve henüz ulaşmadığı mekanlarda da yanabilen malzemenin tutuşmasına yetecek ısıyı oluşturarak, duvar ve döşeme elemanları sayesinde bu ısıyı ileterek bunların da tutuşmasına neden olabilir (Gürdal, 1996). Bina içerisinde bulunan ve yanıcı özellik gösteren tüm malzeme yangın esnasında bina kullanıcıları için ısı, duman ve alev kaynağı haline dönüşerek tehlikeli durumlar oluşturabilir. Kullanılan ürünlerin yangın esnasındaki davranışlarının önceden bilinmesi, karşılaşılabilecek bir

yangın durumu için önceden önlem alınmasına imkan tanır. Yanma sırasında ortaya çıkan ısı, duman ve yanıcı gazlar yangının oluşturduğu alevden daha ciddi tehlikeler yaratabilir. Sabit ve hareketli donanımın yanı sıra kaplama malzemesi olarak seçilen duvar, döşeme ve tavan malzemelerinin de mümkün olduğunca zor alev alan ve yanma sırasında zehirli gazlar çıkarmayacak türden seçilmeleri gerekir. Malzemenin kimyasına bağlı olarak kimi malzeme alevli yanma eğilimindeyken kimi malzeme de için için yanma durumundadır. Özellikle sigara içilen mekanlarda için için yanan malzemedan yapılmış mobilyanın kullanımında ortaya çıkabilecek risk daha büyüktür. Yanma başladıktan kısa bir süre sonra sıcaklığın ortalama 400°C civarına ulaşmasıyla ısınan yanıcı malzemelerden çıkan yanıcı ve uçucu gazlar ortama yayılmaya başlar. Yanmanın başlaması için gerekli ortam hazır olduğunda malzeme ani olarak tutuşur. Bu esnada ortaya çıkan gazlar ve duman malzemenin yapısına bağlı olarak kullanıcılar için hayati önem taşır (The Aqua Group, 1984).

Yangının binalar arasında yayılması

Bina içinde yangının gelişimi ve binalar arasında yangının yayılmasında yapı dışı kabuğu etkili rol oynar. Yangının bina içinde ve binalar arasında yayılmasındaki rolü açısından düşünüldüğünde bina dışı duvarlarının yangını başladığı mekanda sınırlamak, dıştan üst katlara yangın geçişine engel olmak ve bitişik ve/veya komşu binalar arasında yangının yayılmasına engel olmak şeklinde sıralayabileceğimiz özellikleri göstermesi gerekir.

Ancak bir bina dışı duvarı çoğunlukla yangın esnasında yangın güvenliği açısından zayıf yapısal özellikler gösterebilen ve yangının yapı dışına yayılmasında etkili olan duvar boşlukları içerir. Bu boşlukların duvar yüzeyindeki miktarı korunmamış yüzey alanının büyümesinde dolayısıyla yangının oluşturduğu ısı ışınımının yayılmasında etkili olur. İngiltere’de Fire Research Station (Yangın Araştırma İstasyonu)’da yapılan bir dizi deneyde, dışarıdan katlar arasında yangının yayılmasını engellemek için dış duvar boşluklarının etrafında yerleştirilebilecek düşey ve yatay yangın kesici engellerin bu fonksiyonu

yerine getiremediği gözlenmiştir. Cephedeki boşlukların düzenlemeleri ne şekilde olursa olsun yangın, bu tür engelleri kolayca aşır bu boşluklardan tekrar bina içine girebilmektedir. Dış duvar boşluklarının biçimi, bina dışına yayılan alevlerin yüksekliği üzerinde etkilidir. Fransa’ da cephe düzenlemeleri ve bunların alev yayılmasındaki etkilerinin incelendiği bir seri deneyde yangının olduğu bir bina cephesinde yer alan yatay pencerelerin aynı alandaki düşey pencerelere göre cephede daha alçak bir alev örtüsü meydana getirdiği belirlenmiştir.

Cephede kullanılan kaplama malzemesinin yanıcı nitelikte olup olmaması, özellikle yangının cephe boyunca yayılması açısından önemlidir. Geleneksel bina cephelerinde kullanılan taş veya tuğla türü malzemeler, yanıcı olmayan özellik göstermelerinin yanında, yangına dayanıklı olmaları nedeniyle de tercih edilebilir. Ancak, günümüzde yaygın olarak kullanılan giydirme cepheler geleneksel cephe malzemelerine göre yangın açısından taşıyıcı elemanlarında ergime noktası düşük metaller içermesi, cephede önemli boşluk oranları oluşturması, parapetlerde ve dolu gövdeli kısımlarında kolay alev alan sentetik malzemelere yer vermesi, yangın anında zehirli gaz da çıkartabilen dolgu malzemelerinin kullanılması, zehirli duman ve sıcak gaz geçişlerine izin veren duvar boşlukları içermesi, alev ve yanıcı gazların katlar arasında geçişine olanak tanıyan bağlantı noktaları oluşturması, geniş korunumsuz açıklıklar yüzünden itfaiyenin müdahalesini güçleştirmesi gibi çeşitli olumsuz özellikler ortaya koyabilmektedir (Sunar, 1981).

Cephe malzemesinin ahşap, petrol kökenli olması veya cephe sisteminin hafif giydirme olması yangın riskini artırır. Katlar arasında gerekli önlemin alınmaması halinde bir katta başlayan yangın tüm binayı kısa sürede etkisi altına alarak tüm cephenin ışınım yayan miktarının artmasına da neden olur. Binanın yangın riskine bağlı olarak meydana gelebilecek ışınım yoğunluğu da farklı olacaktır (Becan, 1994). Yapılar arasında yangının yayılması havada uçucu yanar parçacıkların yanmamış binaların üzerine veya içine düşmesiyle, sıcak yanıcı gaz-

ların taşınım yoluyla diğer binaları etkilemesiyle, çatı boşlukları vasıtasıyla bitişik binaya geçmesiyle ve ışınım etkisiyle meydana gelir (Aydın, 1998; Yavuz, 1996).

Işınım etkisi

Işınım aradaki ortamın sıcaklığını değiştirmeden (aracı ortam gerektirmeden) gerçekleşen bir ısı transferi şeklindedir. Tüm ışınım enerjisi elektromanyetik bir olay olarak bilinen dalga hareketi şeklinde gerçekleşir (Schultz, 1985). Tüm cisimler ışınım formunda enerji yayarlar, ancak yayılan ışınım dalga boyu açısından farklılık gösterir. Bu dalga boyları içerisinde yangın sıcaklığında ışınım enerjisinin en etkili olduğu aralık 1–10 µm aralığıdır. Işınım enerjisi kızıl ötesi bölgenin de içerisinde yer aldığı 1–10 µm aralığında en yüksek değere sahiptir. Bu alanın dışında ışınım enerjisi göreceli olarak daha düşüktür ve ihmal edilebilir boyuttadır (Lie, 1972).

Binalar arasında yangının yayılmasında birincil etken ışınımdır (Carlsson, 1999). Bu yolla tutuşma doğrudan alev etkisi ve taşınım etkisiyle oluşabilecek tutuşma mesafelerine göre daha büyük mesafelerde gerçekleşebilir. Bir pilot etkimenin bulunmadığı durumlarda ışınım etkisiyle ahşabın kendi kendine tutuşma değeri 33.5 kW/m², kıvılcım veya bir alev kaynağının bulunduğu hallerde ışınım etkisiyle ahşabın tutuşması için gerekli ışınım yoğunluğu değeri 12.5 kW/m² dir (Barnett, 1988). Bu, 1 m² alan üzerine 1 sn’de düşen ısı miktarıdır.

Güvenli sınır mesafesinin belirlenmesinde kullanılacak hesap metotları

Dikdörtgene alma (Geometrik) metodu

Cephe üzerindeki korunmamış alanların dikdörtgen alanlar içerisine alınması esasına dayanarak sınıra olan mesafenin belirlenmesinde kullanılır. Çeşitli bina tipleri ve çeşitli boyutlardaki binalar için düzenlenmiş yangın mühendisliği konularına yeterince aşina olmayan tasarımcıların bile yararlanabileceği sınır mesafelerini veren tablolar mevcuttur (Read, 1991).

Toplam kavramsal alanlar (Protractor) metodu

Bu metotta, ilgili sınır üzerinde birçok nokta alınır ve bu noktalardan görülebilen miktardaki korunmamış alanlar hesaplanır. Bu alanlar efektif veya kavramsal (notional) alanlar olarak anılır ve mesafeye bağlı bir katsayı ile çarpılır. Güvenli mesafelerin sağlanması için toplam kavramsal alanların önceden belirlenmiş değerlerden ya küçük veya eşit olması gerekir. "Prot-raktör metodu" olarak da adlandırılan bu metot daha karmaşık plana sahip binalar için ve "dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metodu" ile birlikte kullanılması halinde tercih edilir (Read, 1991).

Peter Collier metodu

Collier tarafından ortaya konulan bu metot gerçek binaya ve binanın özelliklerine bağlı olarak kullanıcının yangın şiddetini açıkça tanımlamasına olanak tanır. Bu metot komşu binalar arasındaki yangın yayılmasını engellemeyi amaçlamaktadır. Metot kullanıcının yangın kompartmanındaki sıcaklığı tanımlamasına veya hesaplamasına olanak tanır. Tutuşma için gerekli kritik ışınım miktarı komşu binanın cephe kaplamasına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Carlsson, 1999).

C.R. Barnett metodu

Barnett tarafından ortaya konulan bu model tasarımı yapılmakta olan yeni binalarda ve mevcut binalar için kritik durumlarda kullanılabilir. Metot binanın yangın dayanım derecesi ile bağlantılı olarak ele alınabilir. İki şekilde hesap yapılabilir: ya cephe üzerindeki izin verilebilir maksimum açıklık miktarı hesaplanabilir veya komşu binaya gelen ışınım miktarı bulunabilir (Barnett, 1988).

J.H. McGuire metodu

Bu metotta yangın kompartmanının boyutlarına, cephe üzerinde yer alan korunmamış açıklıkların oranına ve binanın normal veya yüksek yangın tehlike sınıfında olup olmamasına göre düzenlenmiş tablolara göre mesafe değeri belirlenir. Cephe üzerinde yangına karşı korunmamış alanlar da açıklık olarak kabul edilebilir (McGuire, 1965).

NFPA 80A metodu

Binanın içindeki yanıcı malzemeyi olduğu kadar dışındaki yanıcı malzemeleri de bir dış yangın kaynağının etkisinden korumayı kapsamaktadır. Döküman bir dış yangına maruz kalan binaların korunmasına yönelik sigorta için bir rehber oluşturmak üzere hazırlanmıştır (NFPA 80A, 1991).

Hesap metotlarının tartışılması

İncelenen hesap metotları değişik tarihlerde değişik uygulamacıların konuyu ele alış şekline göre ortaya koyduğu yöntemlerdir. Bazı hesap metotlarında daha önce yapılmış deneylerden elde edilen sonuçlar sabit değer olarak kullanılırken (şekil faktörleri), bazılarında mevcut durum dikkate alınarak yapılan hesaplamalarla sonuçlar elde edilmektedir. Bazı metotlarda sınır mesafeye olan uzaklıklar, cephe üzerindeki korunmamış alanların bir referans düzlemine yansıtılması sonucunda referans düzleminden itibaren alınmış; bazılarında korunmamış açıklıklardan bina dışına taşan alevlerin yataydaki uzantısı hesaplamalara dahil edilmiş, bazısında ise bu durum ihmal edilmiştir. Genel olarak söylenebilecek bir ortak nokta ise, hesapların çoğunda korunmamış alanların cephe üzerinde oluşturduğu miktarı ve bunun meydana getirebileceği tehlikeyi ortaya koyabilmek için dikdörtgene alma metoduna benzer şekilde uygulanan dikdörtgen alanlar belirlenmektedir. Bu alanların hesabı sadece metodun orijinalinde yer alan tablolara göre belirlendiğinde, dikdörtgenin genişlik ve yüksekliğine ilişkin tablo verilerine uyulma zorunluluğundan dolayı, zaman zaman korunmamış alan yüzdeleri dikdörtgen alanlar içerisinde daha küçük kalabilmektedir. Burada ifade edilen hesaplama metotları arasındaki benzer ve farklı yönler, aşağıda bir tablo halinde özetlenmeye çalışılmıştır (Tablo 1). Toplam kavramsal alanlar metodu dikdörtgene alma (enclosing rectangles) metodu ile birlikte kullanılabilirdiği için tabloda yer verilmemiştir.

1. Alev yayılmasını hesaba katma: yangın Araştırma İstasyonuna (Fire Research Station) ait dikdörtgene alma metodu dışında diğer tüm metotlarda cephedeki korunmamış açıklıklardan

Tablo 1. Hesaplama metotlarının benzer ve farklı yönleri

	1	2	3	4	5	6	7	8
Barnett	•		•			•	•	•
McGuire	•	•		•	•			
Collier	•		•	•		•	•	
Dikdörtgene alma		•	•	•	•			
NFPA 80A	•	•	•		•			

bina dışına taşan alevlerin yatay uzantısı rakamsal olarak hesaplara dahil edilmiştir. Birçok hesap metodunda hesaplama esas olarak kullanılan dikdörtgene alma metodunda, alevlerin yatay uzantısı dikkate alınmamıştır. Metotların karşılaştırılması söz konusu olduğunda bu durum göz önüne alınarak değerler karşılaştırılmalıdır.

2. Performans tabanlı tasarıma izin verme: McGuire, dikdörtgene alma ve NFPA 80A metotlarında, ışınım ve şekil faktörü değerleri sabit olarak alınmaktadır. Bu değerler daha önce yapılan yangın deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, sabit olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır. Hesaplamaların sadece sabit değerlere göre yapılabilmesi uygulamanın esnekliğini azaltmaktadır. Ayrıca McGuire'in metodunda kullanılan şekil faktörü değerlerinin diğer metotlardakinden yüksek olması nedeniyle, güvenli sınır mesafe değerleri diğer metotlardan elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmakta, bu durum metotlar arasında karşılaştırma yapmayı zorlaştırmaktadır. Oysa Collier ve Barnett'in metotlarında bu değerler hesaplama modeline ait verilerin girdi olarak kullanılmasıyla elde edilecek sonuçları daha güvenilir hale getirmekte ve performans tabanlı tasarıma olanak tanımaktadır.

3. Karmaşık bina formlarına uygulanabilirlik: McGuire'in metodu dışında diğer metotlar, daha karmaşık bina formlarına başarıyla uygulanabilmektedir. Dikdörtgene alma metodunda karmaşık bina formlarında uygulamada zorluklarla karşılaşılması halinde, yine aynı metotla birlikte uygulamayı daha güvenilir hale getirecek şekilde, Yangın Araştırma İstasyonu tarafından ortaya konulmuş "protraktör" metodu uygulanabilir.

McGuire'in metodunun sadece cephesinde açıklıkların düzenli olarak dağılım gösterdiği modellere uygulanabilmesi, metodun uygulanabilirliğini ve güvenilirliğini azaltmaktadır.

4. Referans düzlemini esas alma: Barnett ve NFPA 80A metotları dışında diğer metotlar cephe üzerindeki tüm korunmamış açıklıkların bir referans düzlemine yansıtılarak hesaba dahil edilmesini öngörmektedir. Bu nedenle, güvenli sınır mesafeleri belirlenirken referans düzleminde itibaren ölçüm yapılır. Binada niş ve çıkmaların bulunması halinde oluşturulacak olan referans düzlemleri metotların uygulama biçimlerine göre belirlenir. Zira cephe üzerinde niş ve/veya çıkmaların bulunması halinde elde edilecek sınır mesafe değerleri farklılık gösterir.

5. Metotların uygulama kolaylığı: genel olarak metotlar incelendiğinde, performans tabanlı tasarıma olanak tanıyan Barnett ve Collier'in metotları dışındaki hesaplama metotları uygulamayı kolaylaştırmak için tablolardan yararlanır. Bu nedenle, bu metotları uygulayacak kişilerin özel olarak yangın konusunda uzman olmasına gerek yoktur. Barnett ve Collier'in metotlarında ise, incelemeye esas olacak binaya ait hesaba ilişkin bazı değerlerin bilinmesi zorunluluğu, yangın konusunda belirli ölçüde bilgi sahibi kişilerin uygulamasını gerektirir.

6. Yangın sıcaklığını dikkate alma: Barnett ve Collier'in metotlarında sadece yangın sıcaklığı değeri hesaba dahil edilmektedir. Yangının olduğu kompartmandaki yangın sıcaklığı değeri hesap sonucu elde edilir. Ancak Collier'in metodunda Barnett'in metodundan farklı olarak yangın sıcaklığı ve ışınım hesaplarında ortam havasının sıcaklığı ihmal edilmektedir.

7. Işınım yoğunluğunu dikkate alma: yine benzer şekilde hesaplamalarda ışınım yoğunluğu değerleri sadece Barnett ve Collier'in metodlarında dikkate alınmaktadır. Bu değerler inceleme konusu olan binaya ait yangının oluşturduğu yangın sıcaklığı değerine göre belirlenir. Dolayısıyla, Collier'in metodunda yangın sıcaklığı hesabında bina dış çevre havasının sıcaklık değerinin dikkate alınmaması nedeniyle, ışınım hesaplarında da bu durum ihmal edilmektedir.

8. Bina dış çevre sıcaklığını dikkate alma: bundan önceki iki maddede belirtildiği gibi, yangın sıcaklığı ve ışınım hesaplarında sadece Barnett'e ait metotta bina dış çevre sıcaklığına ait değer hesaplarında kullanılmaktadır.

Güvenli sınır mesafelerinin belirlenmesinde kullanılacak yeni bir yaklaşım modeli

Önerilen yeni modelin adımları

Modelin adımları Collier'e ait hesap metodunun adımlarına paralel olarak alınmıştır; ancak yangın sıcaklığı ve buna bağlı olarak ışınım şiddetinin hesabında Barnett'in hesap metodunda yer alan eşitlikler kullanılmıştır. Bina dış çevre sıcaklığının binalar arasındaki mesafenin belirlenmesindeki etkileri de bu şekilde incelenebilecektir.

1. Dikdörtgen alanların belirlenmesi:

Cephe yüzeyi üzerinde yer alan korunmamış alanlar dikdörtgen alanlar içine alınarak daha küçük hesaplanabilir alanlara dönüştürülür. Cephenin hareketli olması durumunda, cephenin çıkmalarına değdiği düşünülen bir "referans düzlemi" oluşturularak korunmamış alanların bu düzleme yansıtılması ve gerçek alanlarının hesaplanması sağlanır.

2. Dikdörtgen alanın hesabı (A_e):

$$A_e = H \times W \text{ (m}^2\text{)} \quad (1)$$

H = Dikdörtgen alanın yüksekliği (m)

W = Dikdörtgen alanın genişliği (m)

3: Cephe oranının bulunması (AR):

$$AR = H/W \text{ (veya } W/H) \quad AR \leq 1 \quad (2)$$

4. Yangının olduğu mekandaki ışınım şiddetinin hesaplanması (I_{EC}):

$$I_{EC} = \varepsilon \sigma (T_2^4 - T_1^4) \quad (3)$$

ε = Işınım yayan yüzeyin yayıcılığı, genellikle 1.0 alınır

σ = Stefan-Boltzmann sabiti = 56.7×10^{-12} (kW/m²K⁴)

T_2 = Yangın kompartmanının sıcaklığı (°K)

T_1 = Bina dış çevre sıcaklığı (°K)

Yangın sıcaklığı değeri, ISO 834 yangın eğrisi kullanılarak veya yangın kompartmanının yangın dayanım oranına göre belirlenebilir. Yangın sıcaklığı (T), Eşitlik (4)'e göre hesaplanır.

$$T_2 = 345 \log_{10}(8t_m + 1) + T_1 \quad (4)$$

t_m = zaman (dak)

T_1 ve T_2 , °C cinsinden ifade edilirler.

5. Azaltım değerinin hesaplanması (R_f): yangının meydana geldiği bina bölümüne ait dış duvar belirli yangın dayanım özelliğine sahip değilse, tüm cephe ışınım yayan bir yüzey olarak kabul edilebilir. Ancak duvarın belirli dayanım derecesi olması durumunda ışınım yoğunluğu belirli oranda azaltılabilir. Azaltım değeri (R_f), bir azaltım faktörü ile bulunabilir.

$$R_f = A_o/A_e \quad (5)$$

A_o = Korunmamış alanlar (m²)

A_e = Dikdörtgen alanın alanı (m²)

6. Yangının olduğu binadan yayılan toplam ışınım miktarının (I_{TEC}) hesaplanması:

Yangının olduğu binada yangına dayanıklı camlar bulunması halinde bu değer %50 oranında azaltılabilir. Işınım miktarı (I_{TEC}), Eşitlik (6)'ya göre bulunur.

$$I_{TEC} = I_{EC} \times R_f \text{ (kW/m}^2\text{)} \quad (6)$$

7. Karşı binanın tutuşabileceği kritik ışınım değerinin (I_{cr}) belirlenmesi:

Cephedeki açıklık miktarına ve açıklıklarda kullanılan camların yangına dayanıklı olup olmasına bağlı olarak hesaplama yapılır. Yangına dayanıklı cam kullanılması halinde pencerelerin neden olabileceği ışınım kazancı, %50 oranında azaltılabilir. Genellikle hesaplarda yaygın olarak 12.5 kW/m^2 değeri kullanılmaktadır.

8. Kabul edilebilir şekil faktörünün (ϕ) hesaplanması:

$$\phi = I_{cr}/I_e \quad (7)$$

9. Binalar arasındaki ayırım mesafesinin (S) hesabı:

$$S = R + P \text{ (m)}$$

$$R = \text{Şekil 1'den alınan ışınım mesafesi (m)}$$

$$P = \text{Yansıma mesafesi (m)}$$

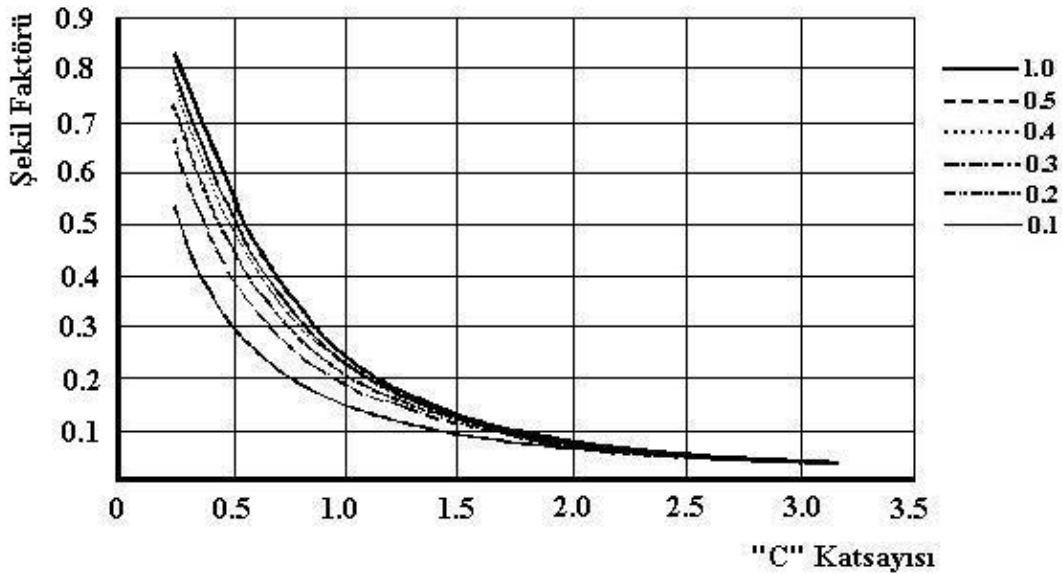
Yangının olduğu bina veya bina bölümünde yangına dayanıklı camların kullanılmaması halinde yansıma mesafesi 2 m, kullanılması halinde 0 m alınacaktır. Hesaplanması halinde bu değerlerin dışında bulunan başka değerler de kullanılabilir.

Yeni modelin İstanbul'da örnek binalara uygulanarak diğer hesap metotlarıyla karşılaştırılması

Uygulama sadece "düşük" yangın yüküne sahip bina tiplerinden konut örnekleri üzerinde yapılmıştır. Elde edilecek sonuçların daha açık olarak karşılaştırılabilmesi için konut örneklerinden ikisi kentin eski dokusundan, bir diğeri de modern dokusu içerisinde seçilmiştir. Toplam kavramsal alanlar (protractor) metodu dikdörtgene alma metoduna yardımcı olarak karmaşık bina formlarında kullanılabilirdiği için, burada sadece dikdörtgene alma metodunun uygulanması ele alınmıştır.

Uygulama çalışması 1: ahşap ve kargir cepheli iki eski konut binasının incelenmesi

İncelemeye esas alınan konut modelleri İstanbul'un tarihi yerleşim yerlerinden birisi olan Zeyrek bölgesi, Parmaklık Sokak'ta yer almaktadır. Sokak dokusu içerisindeki binalar ağırlıklı olarak kentin eski silüetine uygun ahşap konstrüksiyon olup 2-3 katlıdır. Ancak, zaman içerisinde yıkılan binaların yerine özellikle sokağın bir tarafı boyunca, tarihi sokak dokusunu gerek mimari görünüm gerekse malzeme özellikleri açısından yansıtmayan konutlar inşa edilmiştir.



Şekil 1. Şekil faktörü ve ışınım mesafesi (Carlsson, 1999)

İncelenmek üzere alınan iki bina bu anlamda hem eski dokuyu, hem de yeni dokuyu yansıtan cephe özelliklerine sahip olacak şekilde, birisi ahşap cepheli, diğeri kargir cepheli ve birbirinin karşısına isabet edecek şekilde seçilmişlerdir.

İncelemeye esas alınan binalardan ilki yüksek subasman seviyesiyle birlikte iki kattan oluşmaktadır. Kargir konstrüksiyona sahip olan binanın iki tarafındaki komşu bina ile aralarında tuğla örgü ile inşa edilmiş duvarlar bulunmaktadır. Duvarlar yangın duvarı niteliğine sahip olabilecek kalınlıkta olmasına rağmen, binalar arasında yangın geçişini önlemeye yetecek ölçüde çatı üzerinde yeterli yüksekliği bulunmamaktadır. Bina dış duvarı kargir örgü olup, içten sıva dıştan ahşap kaplama malzemesi ile kaplanmıştır. Dış duvarların belirli yangın dayanımına sahip olduğu kabul edilmiştir. Açıklıklarda kullanılan pencere ve kapı doğramalarının tümü yine yanıcı özellikteki ahşap malzemeden yapılmıştır.

İncelenen ikinci bina, betonarme iskeletli olarak inşa edilmiş ve zemin+üç kattan oluşmaktadır. Cephe, yanıcı özellikte olmayan çimento sıva malzeme ile kaplıdır. Bina içinde yangın kompartmanı oluşturulmadığı için, tüm bina cephesindeki açıklıklar ve bina cephesi ışın yayıcı olarak düşünülmüştür.

Yangının 30 dakika süre ile etkili olacağı dikkate alınmıştır. Buna göre ISO 834 yangın eğrisinden elde edilen formülden yangın sıcaklığı 842°C ve meydana gelebilecek ışınım yoğunluğu 87.15 kW/m² olartak hesaplanmıştır. Kritik etkileyen ışınım seviyesi (I_{cr}), 12.5 kW/m² dir.

Binalar arasında yangın nedeniyle oluşabilecek ışınımla tutuşmanın meydana gelmemesi için güvenli sınır mesafesinin hesaplanmasında, incelenen binanın karşısında aynı özelliklere sahip bir bina daha olduğu düşünülecektir (ayna imajı). Sokak boyunca binalar bitişik nizamda, arsa sınırı üzerinde ve yola paralel olarak yerleştirildikleri için ilgili sınır yolun orta aksı olarak alınmıştır. İncelenen binadan bu sınırın her iki tarafına eşit uzaklıkta yerleştirilmiş iki bina mevcutmuş gibi kabul edilecektir.

Uygulama çalışması 2: kargir cepheli modern konut binasının incelenmesi

İnceleme konusu olarak ele alınan konut modeli daha önceki incelenen yerleşim dokusundan ve mimari üsluptan farklı bir yerleşim dokusu içerisinde yer alan Ataşehir örneğinden seçilmiştir.

İncelenen konut tipi zemin+yedi kattan oluşan betonarme iskeletli, her katta iki dairesi bulunan bir konut modelidir. Dış duvarların ve döşemelerin yeterli yangın dayanımına sahip olduğu, ancak pencere ve kapı boşlukları için özel önlem alınmadığı kabul edilmiştir. Döşeme plaklarının yangına 90 dk dayanıklı olduğu kabul edilmiş ve her kat bir yangın kompartmanı olarak ele alınmıştır. Ön cephenin baktığı tarafta geniş bir otopark arazisi, arka cephe tarafında ise cadde yer almaktadır. Yangının otoparka bakan cephedeki mekanlardan birisinde meydana geldiği düşünülmüş, hesaplamalarda ilgili sınır olarak binanın ön cephesinin baktığı tarafta yer alan otopark sınırı esas alınmıştır. Bu nedenle, incelemede bu sınırın her iki tarafına eşit uzaklıkta yerleştirilmiş, birbirinin aynı iki bina mevcutmuş gibi kabul edilmiştir (ayna imajı).

Yangının 30 dk süre ile etkili olduğu düşünülmüş ve buna göre oluşacak bir yangının meydana getirebileceği sıcaklığın, ISO 834 zaman-sıcaklık eğrisinden elde edilen formüle göre 842°C olacağı tahmin edilmiştir. Bu sıcaklığa bağlı olarak oluşacak ışınım miktarı 87 kW/m² olarak hesaplanmıştır. Kritik ışınım değeri (I_{cr}), 12.5 kW/m² olarak alınmıştır.

Uygulama sonuçlarının tartışılması

Yukarıda bahsedilen her iki uygulamaya ilişkin güvenli sınır mesafe değerleri, günümüzde yangın olarak kullanılmakta olan hesap metotlarına ve yeni modele göre incelenmiş, elde edilen değerler tablo halinde özetlenmiştir. Sonuçlara ilişkin değerler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablodaki değerler incelendiğinde, aynı uygulama için birbirinden oldukça farklı sonuçların elde edilmiş olduğu görülebilir. Değerler arasındaki bu farklılıklar metotların ele alınışında dikkate alınan kriterlerden ve bunlara ilişkin sayısal verilerden kaynaklanmaktadır.

Tablo 2. İncelenen bina örnekleri için güvenli sınır mesafe değerleri (m)

	Ahşap cepheli eski bina	Kargir cepheli eski bina	Kargir cepheli modern bina
Barnett	1.74	3.10	1.17
McGuire	5.09	8.01	3.06
Collier	3.21	4.10	2.51
Dikdörtgene alma	3.65	3.39	2.10
NFPA 80A	3.35	4.30	2.06
Yeni model	3.24	4.19	2.55

Genel bir değerlendirme olarak, yeni modele ait hesap sonuçları özellikle modele temel olarak alınan Collier metodu ile karşılaştırıldığında, ortam sıcaklığının etkisiyle sınır mesafe değerleri artış göstermiştir. Bu artış miktarı incelenen binanın cephesi üzerindeki korunmamış alanlarının miktarına bağlı olarak da değişmektedir.

Sıcaklık miktarındaki artışa bağlı olarak güvenli sınır mesafe değerlerinin ne ölçüde değiştiğinin incelenmesi için hesaplamalar yapılmış ve bunlar bir tablo halinde özetlenmiştir. Hesaplamalarda, bina dış çevre sıcaklık değerleri 0°C'den başlayarak 20°C farklılıkla ve 60°C ye dek yapılmıştır. 0°C satırında görünen değer, Collier'e ait metodun uygulanmasından elde edilen sonuçtur. Tablo 3 değişen sıcaklık değerlerine göre elde edilen sonuçları göstermektedir.

Tablo 3. Çeşitli bina dış çevre sıcaklık değerleri için güvenli sınır mesafesi değerleri

Sıcaklık değerleri (°C)	Sınır mesafeleri (m)
0	3.21
20	3.24
40	3.33
60	3.44

Değişen bina dış çevre sıcaklık değerlerine göre sınır mesafe değerlerindeki artış, tablodan da görülebileceği gibi, sıcaklığın 0°C den 60°C ye değişmesi durumunda 0.23m lik bir fark oluşturabilmektedir. Sınır mesafe değerindeki bu artış miktarı, binaların arsa sınırına oturduğu ve yola

paralel olarak yerleştiği sokak dokularında binalar arası mesafeye iki katı olarak, yani 0.46m lik bir artışla yansiyacaktır.

Sonuç ve öneriler

Hesaplama metotları birbiriyle karşılaştırıldığında, güvenli mesafe değerleri arasında tutarsızlıklar bulunmaktadır. Bu tutarsızlıklar metotların ele aldığı kriterlere ve hesaplamalarda kullanılan girdilere bağlı olarak değişmektedir. Bazı metotların kullandığı sabit değerlerdeki farklılıklar nedeniyle, sonuçlar birbiri ile karşılaştırıldığında göreceli olarak yüksek sonuçlar elde edilmektedir. Bu değerlere göre yapılan hesaplama metotlarının kullanılması halinde binalar arasında bırakılacak mesafe gereğinden daha fazla miktarda bulunabilir. Hesaplama yapılacak hesap metodunun bu nedenle ele aldığı kriterleri iyi değerlendirmek gereklidir.

Tüm hesap metotlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesinden sonra ortaya konulan yeni model, büyük ölçüde Collier'in hesap metoduna paralel adımlardan oluşmaktadır. Günümüze en yakın çalışma olan ve diğer hesap metotlarıyla karşılaştırıldığında, tasarım esnasında kullanılacak özellikler göstermesi, binaya ait gerçek verilere ve değişen parametrelere göre hesap olanağının bulunması, yangının meydana getirdiği ışınım şiddetlerinin belirlenmesi gibi konularda daha hassas sonuçların alınabilmesinden dolayı bu yöntem ağırlıklı olarak yeni modelin temelini oluşturmuştur.

Sıcaklıkla sınır mesafe değişimleri incelenmiş, değişen bina dış çevre sıcaklık koşulları dikkate alınarak çeşitli sıcaklık değerlerine göre sınır mesafe değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, değişen bina dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak sınır mesafe değerleri de artış göstermektedir. Dış iklimsel koşullar açısından sıcaklığın yüksek olduğu iklim bölgelerinde yangın açısından daha büyük ayırım mesafelelerinin bırakılmasını gerektirecektir. Tam tersi düşünüldüğünde düşük bina dış çevre sıcaklık değerlerinde bırakılması gereken mesafe değerleri daha düşük olabilecektir. Mesafe değerleri bina dış ortamındaki sıcaklık artışına bağlı olarak artmaktadır.

Yangının oluşturduğu ışıınım etkisiyle karşılıklı binaların tutuşmasının önlenmesi için bırakılması gereken mesafe değerleri incelendiğinde binanın yangın yükü cephedeki korunmamış alan miktarı, bina yüksekliği gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Özellikle, eski kent dokusu içerisinde yer alan yerleşmeler için bulunan bu değerler mevcut sokak genişliğinden fazla olduğu için, ışıınım etkisine göre mesafelerin önemi kesin olarak ortaya çıkmaktadır.

Özellikle mevcut yerleşmelerde ve dar sokak dokularında ışıınım etkisiyle tutuşmanın önlenmesi için, bina cephelerinde yangına karşı önlemler alınması gerekir. Bu önlemler: cepheye uygulanan yangına dayanıklı boyaların veya sıva türü malzemenin veya yangına dayanıklı panel elemanların uygulanması; pencerelerde yanmaz doğramaların ve yangına dayanıklı camların kullanılması, cepheyi yangın esnasında ıslatarak koruyabilecek sprinkler türü tesisatın konulması, bina içinde yangın yükünü azaltacak malzeme ve mobilyanın kullanılması şekillerinde olabilir.

Uygulamalar sadece “düşük” yangın sınıfına dahil olan konut tipi binalar için yapılmıştır. Bu uygulamalar daha yüksek yangın riski oluşturabilecek bina tipleri için ayrıca yapılarak ışıınım ile tutuşmaya göre bina aralıklarının kontrolü yapılmalıdır.

Kritik ışıınım değeri olarak metotlarda kabul edilen 12.5 kW/m^2 değeri, hesaplamalarda kullanılmasına rağmen, değişen cephe malzemeleri için yeni değerler ele alınabilir.

Hesaplamalarda ışıınımın sadece cephe üzerindeki etkileri incelenmiştir. Işıınımın cephe üzerindeki boşlukları (pencere, kapı vb.) aşarak bina içerisine etki etmesi konusu ayrıca incelenmelidir.

Semboller

S	: Ayırım mesafesi (m)
R_f	: Azaltım değeri
T_1	: Bina dış çevre sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)
AR	: Cephe oranı
A_e	: Dikdörtgenin alanı (m^2)

W	: Dikdörtgen alanın genişliği (m)
H	: Dikdörtgen alanın yüksekliği (m)
R	: Işıınım mesafesi (m)
ε	: Işıınım yayan yüzeyin yayıcılığı
A_o	: Korunmamış alanlar (m^2)
I_{cr}	: Kritik ışıınım miktarı (kW/m^2)
σ	: Stefan-Boltzmann sabiti = 56.7×10^{-12} ($\text{kW/m}^2 \text{K}^4$)
ϕ	: Şekil faktörü
I_{TEC}	: Toplam yayılan ışıınım miktarı (kW/m^2)
T_2	: Yangın kompartmanının sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)
P	: Yansımaya mesafesi (m)
t_m	: Zaman (dak)

Kaynaklar

- Aydın, C., (1998). Yangının çelik taşıyıcı sistemler üzerine etkisi ve bir uygulama örneği, *Y. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barnett, C.R., (1988). Fire separation between external walls of buildings, *Proceedings, 2nd International Symposium of Fire Safety Science*, 841-850, Tokyo.
- Becan, A.S., (1994). Konutlarda bina yangın güvenliği sorunlarını gözetken mimari tasarım kararları için bir yaklaşım modeli araştırması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Carlsson, E., eds. (1999). External fire spread to adjoining buildings, Report 5051, Lund University Department of Fire Safety Engineering, 103 sf., Lund.
- Gürdal, E., (1996). Strüktür ve malzemenin yangın karşısında davranışı ve korunumu, *Y.E.M. Bina Yangın Güvenliği Seminer Bildirileri*, İstanbul.
- Langdon-Thomas, G.J., (1972). *Fire safety in buildings*, 30-34, T.&A. Constable Ltd., Edinburgh.
- Lie, T.T., (1972). *Fire and Buildings*, 73-74, Applied Science Publishers, London.
- McGuire, J.H., (1965). Spatial separation tables, Technical Note, National Research Council of Canada Division of Building Research, 26 sf., Ottawa.
- NFPA 80A, (1991). Recommended practice for protection of buildings from exterior fire exposures, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy.
- Read, R.E.H., eds. (Fire Research Station) (1991). *External Fire Spread: Building Separation and Boundary Distances*, 44 sf., Construction Research Communications Ltd., London.

- Schultz, N., (1985). *Fire and Flammability Handbook*, 5, Van Nostrand Reinhold Com., New York.
- Shields, T.J. ve Silcock, G.W.H., (1987). *Buildings and Fire*, 87, Longman Scientific & Technical, Essex.
- Sunar, Ş., (1981). *Yangından korunma ve bina yangın güvenliği: ilkeler, çelişkiler, gerçekler*, 45-51, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- The Aqua Group, (1984). *Fire and Building*, 3-8, William Collins Sons & Co. Ltd., London.
- Uzun, E., (1988). Binalarda yangın güvenliği ve yangın yükünün tayini, *Y. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yavuz, G., (1996). Yapılarda yangın korunumu-mimari tasarım etkileşimi, *Y.E.M. Bina Yangın Güvenliği Seminer Bildirileri*, İstanbul.