

ENDÜSTRİYEL YAPILARDA YANGIN DUMANININ CEBRİ VE DOĞAL YOLLA TAHLİYE KRİTERLERİ

Serdar GÜLTEK
Ufuk SELVİ

ÖZET

Yangın sırasında oluşan duman ve sıcak gazlar, ısınan havanın ataletinden dolayı yanma bölgesinden dik yönde yükselerek, tavanda yatay yönde yayılma eğilimi gösterirler.

Yapısal elemanlarda kullanılan malzemelerin taşıma kapasitesini ve dayanımını tehdit ederek yangının yayılmasına sebep olan dumanın belli noktalardan uzaklaştırılması gerekir.

Endüstriyel yapıların görece büyük alanlara sahip olması nedeniyle oluşan duman tabakasının tahliyesi için binalarda zonlama yapılması ve bunun için uygun yangın kompartıman alanlarının belirlenmesi gerekir

Bir noktada biriken dumanın kalınlığı ve hangi koşullarda tutulduğunun bilinmesi ile, zararın şiddeti azaltılır. Binanın tahliyesi ile beraber, yangınla mücadele için gerekli ekipman ve personelin, yangın mahalline gelmesi için gerekli zaman kazanılır. Uzaklaştırılacak gazların hacmi ve sıcaklığı; yangının ısı yayma oranı ve yükselen dumana giren taze havanın bir fonksiyonudur.

Cebri ve/veya doğal yolla sağlanacak havalandırma koşulları, oluşturulacak tesisatın tasarım kriterlerine, havalandırma sistemini harekete geçirecek algılama sistemine, korunacak hacimde bulunan kapı ve pencere açıklıklarına, tesisat elemanlarının ısıl ve korozif etkilere karşı dayanımına bağlı bir bütünleşik sistem olarak ele alınmalıdır.

Anahtar Sözcükler : Duman, yanma bölgesi, yapısal elemanlar, endüstriyel binalar, doğal havalandırma, cebri havalandırma

ABSTRACT

Smoke and hot gases produced during a fire tend rising vertically from the combustion zone due to buoyancy and flow horizontally below the roof area.

The smoke that induces spread of the fire, by threatening the resistance and bearing capacity of the materials which are used as structural elements, should be extracted through specific points.

Due to industrial buildings have relatively big areas, zoning and defining appropriate fire compartments are necessary for extracting the smoke layer.

With knowing the smoke layer depth accumulating at one point and which condition it has, the severity of the damage can be reduced. Together with the evacuation of the building, required duration for arrival of the fire fighters would be gained and required equipment to the fire zone would be deployed. The volume and temperature of gases to be vented are a function of the fire's rate of heat release and the amount of air entrained into the buoyant plume produced.

Venting conditions which are provided by means of natural and/or powered should be considered as a complete system based on design criterion of the plumbing, detectors which will actuate the venting system, window and door openings on the protected space, resistances of the plumbing elements towards thermal and corrosive effects.

Keywords : Smoke, combustion zone, structural elements, industrial buildings, natural venting, powered venting.

1. GİRİŞ

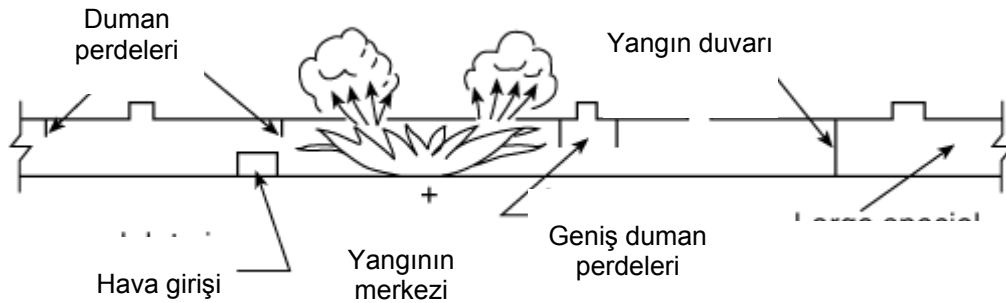
Duman tahliye sistemi için yapılacak tasarım, aşağıdaki amaçlardan bir ya da birkaçını içerebilir;

- Mahalde bulunan kişilerin güvenli bir yoldan yine güvenli bir bölgeye ulaştırılmasını sağlamak,
- Yangına müdahaleyi kolaylaştırmak,
- Duman ve sıcak gazlar nedeniyle oluşan bileşimin binaya vereceği zararı azaltmak

Yangın dumanını uzaklaştırma esnasında olayların gelişimi ise aşağıdaki şekildedir:

- Sıcak gazlar yanma bölgesinden dikey yönde yükselip çatıda dikey bir engele ulaşana kadar yatay yönde akış eğilimi gösterir. Çatıdaki bu dikey engeller duvar, perde, kirişi, makas olabilir. Sıcak gazlar engelle karşılaşınca çatının altında bir katman oluşturur.
- Uzaklaştırılacak gazların hacim ve sıcaklığı yangının ısı yayma oranı ve yükselen dumana giren hava miktarının bir fonksiyonudur.
- Sıcak gaz katmanının derinliği (kalınlığı) arttıkça katman sıcaklığı artmaya devam eder ve duman bacaları açılır.
- Duman bacalarının çalışması ile o bölgedeki üst katmandaki sıcak gazların kısmen uzaklaşması ve katmanın zamana bağlı olarak kalınlaşma oranının azalması sağlanır. Belli bir bölgede bulunan havalandırma deliğinden yapılan deşarjın oranı esas olarak sıcak gaz katmanının derinliği ve katman sıcaklığı tarafından tayin edilir. Yeterli miktarda taze havanın sıcak katmanın aşağısında kalan noktalardan içeri girmesine imkan verilirse yanma kontrollü olarak oluşan sıcak gazların yapılan tasarıma bağlı olarak havalandırma boşluğundan çıkması sağlanmış olur. [1]

Aşağıdaki şekilde havalandırma boşlukları açılmış ve duman perdeleri ile kısıtlanmış bir yangının nasıl hareket edeceğini görmek mümkündür:



Şekil 1. Yangının merkezi ve duman perdelerinin gösterimi

Yangının ısı yayma oranı, yangın çapı, yangın merkezi (başlangıç noktası) üzerindeki temiz katman yüksekliği, duman üretimini etkileyen ana faktörlerdir.

Bir havalandırma boşluğundan (vent) geçen kütleli debi (mass flow), başlıca; havalandırma boşluğu alanı, duman tabakası derinliği ve sıcaklığı tarafından belirlenir.

Havalandırma, dış sıcaklık ve üst katman arasındaki duman sıcaklık farkının yaklaşık 110°C ve daha yüksek olduğu durumlarda daha verimli olur. Sıcaklık farkının 110°C' dan daha düşük beklendiği yerlerde tahliye edilen hava debisi önemli ölçüde düşebilir; bu yüzden, cebri (zorlamalı) havalandırma yapılmalıdır.

Üst gaz tabakası sıcaklığı 600°C' ye kadar olan şartlar altında bu standart kullanılabilir; çünkü binada kendi kendine tutuşma (flashover) yaşanabilir.

Bina havalandırma sistemi, aşağı seviyelerde konumlandırılacak hava giriş açıklıklarından, yeterli oranda taze hava almaya gereksinim duyar. İlk havalandırma boşluğu açıldıktan sonra, acil olarak, binaya hava giriş açıklıklarından taze hava beslenmesi esastır.

Etkisiz bir operasyondan (müdahaleden) kaçınmak için, tüm beklenen dış şartları kapsayacak şekilde harekete geçirme (aktivasyon) yöntemlerinin seçilmesi önemlidir.

Havalandırma boşlukları (vents), solvent depolama alanları gibi tehlike yaratacak bölgelerin üzerinde konumlandırılmalıdır.

Etkili bir şekilde duman, ısı ve yanma ürünlerinin tahliye edilebilmesi amacıyla çatı havalandırma sistemlerinin açılması için otomatik bir mekanizma sağlanmalıdır. Otomatik havalandırma aktivasyonunun yöntemleri belirlenirken, beklenen (tasarlanan) yangın dikkate alınmalı ve uygun havalandırma açıklıkları kullanılmalıdır. Eğer tasarım amaçları, ısı-aktivasyonlu (heat-actuated) cihazlarla karşılanamıyorsa, havalandırma boşluklarına uygun bağlantıları yapılmış duman detektörleri ya da ihtiyaca daha çabuk cevap verecek diğer cihazlar kullanılmalıdır.

Mahale hava sağlamanın en basit yolu, sistem aktivasyonuna bağlı olarak açılacak kapılar, panjurlar (menfezler) gibi doğrudan dış ortama olan açıklıkların kullanılmasıdır. Bu açıklıklar mimari tasarımla koordine edilebilir ve dizayn duman katmanının gerekli oranda altında konumlandırılabilir. Mekanik duman tahliye sistemine sahip yerleşimler için bu açıklıklar pratik değildir ve cebri bir hava besleme sistemi düşünülmelidir. Eğer kapasiteler, dış ortam menfez yerleri ve hızları uygun ise bu sistem genel bina havalandırma sistemine adapte edilebilir. Bu sistemlerde yangın bölgesini basınçlandırmamak için tahliye edilen hava akışı uygun bir şekilde sağlanan kadar mahale hava beslemesi yapılmamalıdır.

2. DUMAN PERDELERİ

Duman perdelerinin amacı, tavandaki duman akışını önlemek ve dumanı toplamaktır. Duman perdeleri, yangından yayılan dumanın binadaki duman perdesi olmayan diğer bölümlere ilerlemesini önlemelidir.

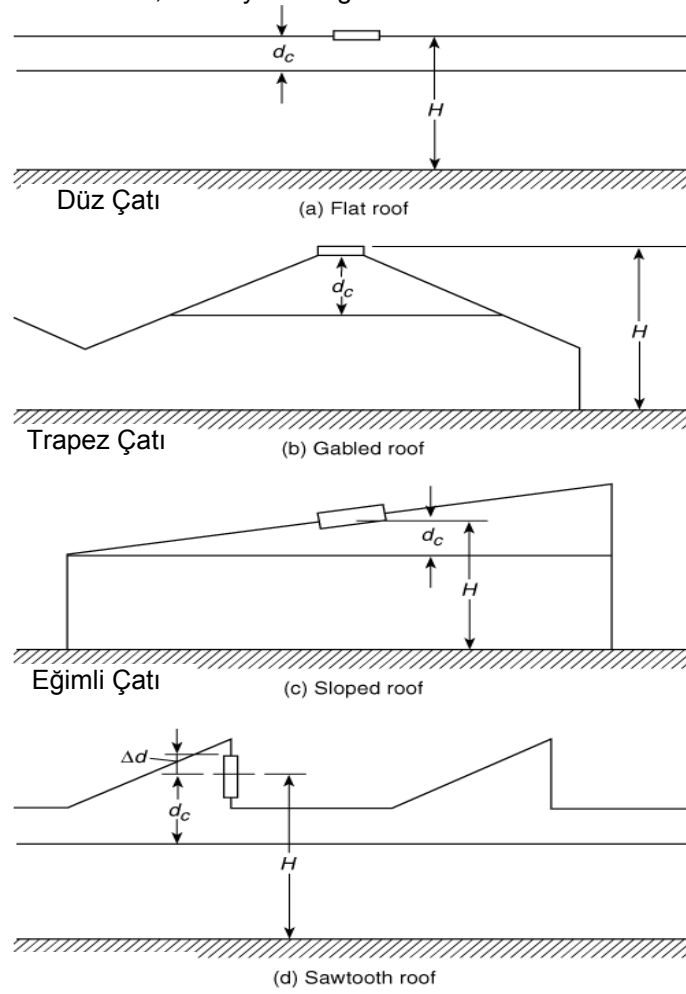
Dış duvarları da içeren tam yükseklikli ara duvarlar ve bölmeler de duman perdesi olarak hizmet edebilir.

Geniş ve açık alanlarda kullanılan duman perdeleri, çatıya yükselen dumanı belli bir bölgeye toplayarak havalandırma kapaklarının daha hızlı açılmasını ve havalandırma etkinliğini artırmaktadır. Yanmaz malzemelerden imal edilen bu perdelerin duman geçişine imkan vermeyecek şekilde monte edilmesi gerekir. [2]

Duman perdelerinin tavandan aşağı olan mesafesi (d_c) en az tavan yüksekliğinin (H) yüzde 20 si kadar olmalıdır. $d_c = 0,2 H$

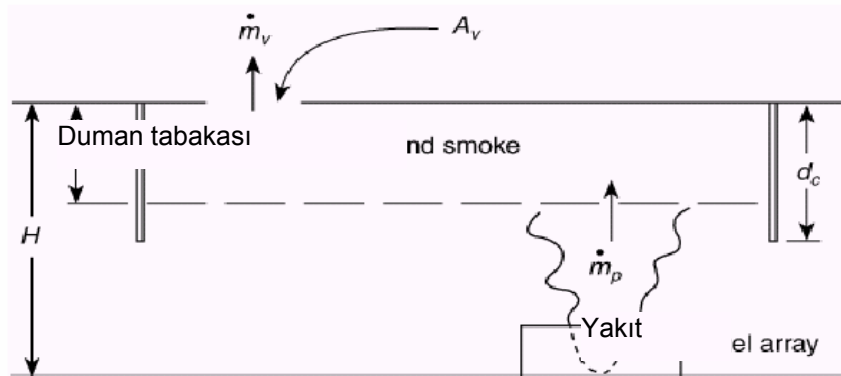
Yangın perdesi yüksekliği (d_c), tavan yüksekliğinin (H) %20' sini aşarsa, $(H - d_c)$, 3m' den az olmamalıdır.

İki duman perdesi arası mesafenin, tavan yüksekliğinin 8 katından fazla olmaması gerekir.



Şekil 2. Havalandırma kapaklarının farklı tip çatılarda yerleşiminin gösterimi

Duman perdesi boyutlarının tayininden sonra ortamdaki uzaklaştırılacak duman miktarı hesabı için aşağıdaki yöntem izlenir.



Şekil 3. Hesaplarda kullanılan elemanların gösterimi

İlk olarak, oluşacak alevin yüksekliği bilinmelidir.

$$L = -1,02D + 0,235 Q^{2/5} \quad (1)$$

L: alev yüksekliği (m)
D: yangının taban çapı (m)
Q: yangının toplam ısı yayma oranı (kW)

Bazı malzemelerin deneysel olarak ölçülen yangın ısı yayma oranları Q, aşağıdaki tabloda verilmiştir. Başka malzemeler için hesap yapılmak istenirse, uygulamada genel kabul gören "sürekli gelişen t² (t-square) yangın modeli" kabul edilmelidir. Burada;

$$Q = \alpha t^2 \quad (2)$$

formülü geçerlidir. [3]

Tablo 1. Q – Isı yayma oranları, (kW/m²)

Tahta palet, 3m istif (%6 nemli)	6,800
Karton kutu, 4.5m istif	1,700
Karton içinde polietilen kaplar, 4.5m istif	2,000
Polistiren izolasyon panelleri 4.2m istif	3,300
Metil alkol	600
Kerosen	1,700

z₀, yükselen dumanın izafi orjini olarak değerlendirilmelidir. Yangının boyutlarına göre farklılık gösterebilir.

$$z_0 = 0,083Q^{2/5} - 1,02D \quad (3)$$

Bu bilgilerden sonra uzaklaştırılması gereken dumanın kütleli debisi şu şekilde hesaplanır.

$$m_p = [0,071Q_c^{1/3} (z-z_0)^{5/3}] [1+0,027Q_c^{2/3} (z-z_0)^{5/3}] \quad (4)$$

m_p : yangın dumanı kütleli debisi (kg/s)
Q_c : konvektif ısı yayma oranı = 0,7 Q (kW)
z : yangının tabanından tavanda biriken duman katmanına kadar olan mesafedir.

Bu formül alev boyu tavanda biriken duman katmanına ulaşmadığı hallerde geçerlidir. Aksi durumda, yani alevin duman katmanına eriştiği veya içine girdiği hallerde ise;

$$m_p = (0,0056Q_c)z/L \quad (kg/s) \quad (5)$$

formülü kullanılır.

Oluşan dumanın kütleli debisi hesaplandıktan sonra, havalandırma boşluklarından (kapaklardan) uzaklaştırılacak dumanın kütlesi ise;

$$m_v = \frac{C_{d,v}A_v}{\sqrt{1 + \frac{C_{d,v}^2 A_v^2}{C_{d,i}^2 A_i^2} \left(\frac{T_0}{T}\right)}} \sqrt{(2\rho_0^2 g d)} \sqrt{\frac{T_0(T-T_0)}{T^2}} \quad (kg/s) \quad (6)$$

m_v	: dumanın kütleli debisi	(kg/s)
$C_{d,v}$: kapak deşarj katsayısı	
$C_{d,i}$: hacme hava girişi deşarj katsayısı	
A_v	: kapak yüzey alanı	(m ²)
A_i	: hacme hava girişi yüzey alanı	(m ²),
T_o	: ortamdaki hava sıcaklığı	(K)
T	: duman tabakası sıcaklığı	(K)
ρ_o	: ortam havası yoğunluğu	(kg/m ³)
g	: yerçekimi ivmesi	(9,81 m/s ²)
d	: duman tabakası kalınlığı	(m)

formülü ile hesaplanır.

Duman tabakası sıcaklığı ise;

$$T = T_o + K Q_c / (C_p m_p) \quad (K) \quad (7)$$

K : duman tabakası içinde konveksiyonla geçen enerji miktarı (kj/kgK) şeklinde hesaplanır.

Oluşan duman kütleli debisi değeri m_p , uzaklaştırılacak duman kütleli debisi m_v yerine yazılarak, o hacim için gerekli toplam havalandırma boşluğu veya başka deyişle toplam kapak yüzey alanını (A_v) hesaplamak mümkündür.

A_v değeri hesaplanırken, kapak çeperinden geçen duman gazı miktarı aerodinamik etkilerden dolayı farklıdır. O yüzden tavana yerleştirilecek kapakların gerçek yüzey alanı (A_{va}) hesaplanmalıdır.

$$A_{va} = 0,61 A_v \quad (8)$$

m_v kütleli debisi hesabında dikkat edilecek diğer bir nokta ise hacme giren hava miktarının önemidir, o yüzden hacim içerisinde duman tabakası altında kalan açıklıklar (kapı, pencere gibi) ve bu açıklıkların toplam yüzey alanı önemlidir.

Formüle geçen C_d ve C_i katsayıları kapak üreticisi tarafından başka bir değer belirtilmemişse 0,6 olarak alınmalıdır.

Duman tabakası sıcaklığı hesabında kullanılan K katsayısı ise 0,5 olmalıdır.

3. MEKANİK HAVALANDIRMA

Mekanik havalandırma yapılması durumunda; duman perdesi ile kısıtlanmış her bir bölmede dışarı atılacak duman miktarı kütleli duman debisi değerinden daha az olmamalıdır.

Tek bir egzoz girişindeki maksimum kütleli debi miktarı ise,

$$m_{\max} = 3,13 \beta d^{5/2} [(T_s - T_o) / T_s]^{1/2} [T_o / T_s]^{1/2} \quad (9)$$

m_{\max}	: maksimum kütleli egzoz debisi	
T_s	: duman tabakası sıcaklığı	(K)
T_o	: ortam havası sıcaklığı	(K)
d	: egzoz girişi altındaki duman tabakası kalınlığı	(m)

formülü ile hesaplanır.

4. YANGINDA İNSAN DAVRANIŞI

İnsanların yangın sırasında sergiledikleri davranışlar hakkında yapılan araştırmalar bilinenin aksine kişilerin genellikle panik hali girmediği ve sıradışı hareketler yapmadıkları gözlenmiştir [4]. Ancak bu kişilerin yaptıkları hareketlerin bina tasarımı yapanların akıllarından geçen durumlara uymadığı, bu yüzden bir tahliye alarmı verilmesi ile çıkışa ulaşma arasında geçen sürede gecikmelerin yaşanacağı unutulmamalıdır. Bu gecikmelerin kaynağının neler olduğunu ise aşağıda sıralanan listedeki hareketlerden tespit etmek mümkündür[5].

- Kişilerin her zaman yangın alarmını duyar duymaz çıkışlara yönelmezler, bu yüzden her zaman uyarı sisteminin insanları doğru şekilde yönlendireceğine güvenmemek gerekir.
- İnsanların uyarıyı duyunca yerinden kalkıp harekete geçme süresinin, en yakın çıkışa ulaşmak için geçen süreden daha önemlidir.
- Yangının farkedildiği ilk dakikalarda insanlar kaçmak yerine durumu incelemeye yönelik davranışlar sergilemektedir.
- Eğer ciddi bir engel bulunmuyorsa, daha uzakta olsa bile insanlar tanımadıkları bir kaçış noktasına gitmek yerine alışık oldukları yol üzerindeki kaçış noktasına yönelmektedir.
- Bireyler kaçış esnasında bir gruba doğru yönelmekte, duygusal bir bağ olan kişilere yakın mesafede kalmaya çalışmaktadırlar.
- Karmaşık düzen ve yerleşime sahip binalarda, insanlar yönlerini bulmak için çıkış işaretlerine fazla dikkat etmemektedirler.
- Kişiler dumanın kendilerine vereceği zararı bilseler bile genellikle dumanın içinden hareket etmeye hazır durumda oluyorlar.
- Genç ve düzenli spor yapan bir çalışan ile yaşlı veya sakat bir kişinin çıkışa ulaşma kabiliyeti arasındaki fark göz ardı edilmemelidir.

Yukarıda bilgiler ışığında, havalandırma ile ilgili tasarım yaparken görme seviyesi ve görüş mesafesinin azalması, ortamdaki karbonmonoksit gazı miktarının artışı gibi unsurlara dikkat edilmeli, ortamdaki duman miktarının kişilerin tahliyesi için gerekli süreyi önemli ölçüde etkileyeceği bilinmelidir[6].

Dizayn amaçları ve dizayn ara zamanı (t_a) aşağıdaki kritik olayların tümünde hesaba katılmalıdır;

- 1) Acil durum takımının konuşlandırılması ve olay yerine ulaşması,
- 2) İtfaiyenin olay mahaline ulaşması,
- 3) Tahliyenin tamamlanması,
- 4) Diğer kritik olaylar.

SONUÇ

Bir binada havalandırma tesisatı kurma ihtiyacı bina sahibi veya kullanıcısı tarafından belirlenmiş tasarım hedeflerine bağlı olarak (örneğin: çalışanların binayı terketmesi için yeterli süre sağlamak) veya Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik 'e uyum sağlamak için ortaya çıkabilir.

Yanmanın gerçekleştiği zeminden duman tabakası sınırına kadar olan mesafe “z” hesaplamalarındaki en etkili değişkendir ve dikkatli bir şekilde ele alınması gerekir. Ayrıca, bazı hesaplamalarda duman tabakası sıcaklığının 600 °C'yi aşma tehlikesi vardır. Son derece sakıncalı olan bu durum neticesinde duman tabakasından ışınım (radyasyon) yoluyla gerçekleşen ısı transferi, dumanın biriktirildiği alanın altında kalan hatta yakınında olan bütün yanıcı malzemelerin tutuşmasına sebep olabilir.

Yangının ısı yayma oranı, hacme giren taze havanın kontrol ettiği türden bir yanmanın yaydığı ısı oranlarına yaklaştığı zaman çatıdan yapılan havalandırma tasarımının fizibil olup olmadığının

sorgulanması gerekir. $Q_{fizibil}$ değerinden fazla ısı yayma oranı meydana geliyorsa hesaplanandan daha geniş havalandırma boşluklarının tasarlanması gerekir.

Çok geniş, bölünmemiş alanlar yangınla mücadele açısından çok büyük zorluklar çıkarır, çünkü itfaiye personeli binanın merkezine yakın noktalarındaki yangınla savaşmak için bu alanlara girmek durumunda kalabilir. Eğer itfaiyeciler biriken duman ve ısı yüzünden giriş yapamazlarsa, içeride yangın tüm şiddetiyle devam ederken, sıkılan su yangının dış çevresine yapılacak lokal müdahalelerden ileri gidemeyecektir. Penceresi olmayan binalarda geniş ve bölünmemiş binalar gibi problemler çıkarır. Bu tür binalarda yangınla mücadele operasyonlarında duman ve ısı tahliyesi en önemli araç olacağından itfaiye personeli uygun noktalardan bina çatı ve cephelerine müdahale edecektir.

Duman perdesi boyutları tasarlanırken, derinlik oldukça önemlidir, duman tabakası ile yanan yüzey arasındaki mesafe azaldıkça, duman tabakası ile depolanan ısı miktarı artmaktadır, dolayısıyla duman tabakasından altında kalan tüm yanıcılara doğru ışınım ile ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu durum tüm yanıcıların birden tutuşması hadisesi ile sonuçlanabilir.

Yine havalandırma boşluğu ve duman perdesi yüksekliği tasarlanırken, birikecek dumanın depolayacağı ve yayacağı ısı ile görüşteki azalmanın yangın yerini tespit etmek, yangının büyüklüğünü tayin etmek, binayı tahliye etmek, müdahale edecek personel miktarına karar vermek için tasarımda kullanılacak zaman miktarı hayati önem taşımaktadır. Sistemin harekete geçmesi için geçecek süre ve sonrasındaki zaman dilimi mahalde bulunanların can güvenliğine direkt olarak etki etmektedir[7].

KAYNAKLAR

- [1] NFPA, Standard for Smoke and Heat Venting, NFPA 204-2002
- [2] EMMONS, Vent Flows, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2nd.ed,NFPA, 1995
- [3] DRYSDALE, D., An Introduction to Fire Dynamics 2nd. Ed., Wiley, 1998
- [4] Custer, R., Introduction to Performance-Based Fire Safety, SFPE, 1997
- [5] CIBSE, Fire Engineering Guide E 2nd. Ed., Doiset, 2003
- [6] BS-ISO-TR13387-4:1999, BSI Fire Safety Engineering Part 4,
- [7] SFPE, Engineering Guide to Performace-Based Fire Protection, NFPA, 2000

ÖZGEÇMİŞ

Serdar GÜLTEK

1976 yılında İstanbul'da doğdu. 2000 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2003 yılında Amerika Birleşik Devletleri, Worcester Polytechnic Institute okulundan Yangın Güvenlik Mühendisliği Yüksek Lisans derecesini aldı. Özel sektörde yaptığı çalışmalardan sonra halen İstanbul Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu "İtfaiyecilik ve Yangın Güvenliği" ile "Savunma ve Güvenlik" programlarında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

Ufuk SELVİ

1977 yılında İstanbul'da doğdu. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik Yönetimi Programında Yüksek Lisans derecesi aldı ve aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isı-Proses Programında Yüksek Lisans çalışmalarını tamamladı. Halen Arup Mühendislik ve Müşavirlik Şirketinde çalışmakta olup Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isı-Proses Programında 2004 yılında başladığı Doktora öğrenimine devam etmektedir.