



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

YANGIN ÜRÜNLERİNİN YAŞAMSAL SINIR KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

**ZUHAL ŞİMŞEK
NİLÜFER AKINCITÜRK
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**



YANGIN ÜRÜNLERİNİN YAŞAMSAL SINIR KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Zuhal ŞİMŞEK
Nilüfer AKINCITÜRK

ÖZET

Yangın sırasında insanların hayatlarını tehlikeye sokan birinci unsurun duman, ikincisinin ise sıcaklık olduğu görülmektedir. Duman ve sıcaklık direk insan bedeninde bir takım değişimlerin oluşmasına neden olur. Bu değişimlerin etkisi saniyeler içerisinde ölümcül boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle özellikle kaçış yollarında bulunan malzemelerin yanınca çıkardıkları duman miktarı ve zehirlilik düzeyleri büyük önem kazanmaktadır.

Yangın güvenlilik yapı tasarımında amaç; söz konusu parametrelerin belirli güvenlik sınır değerlerinin altında kalmasının sağlanmasıdır. Bir yangın olayı sırasında kaçış yollarının sağlanması gerekli olan yangın ürünlerinde **güvenli ortam sınır değerleri**, kullanıcıların sağlıklı bir şekilde korunaklı bölümlere ulaşmalarını sağlayacak ortam koşullarının sürdürülmesi ile ilişkilidir. Görüş mesafesi, zehirlilik, sıcaklık ve duman tabakası yüksekliği güvenlik sınır değerlerini tanımlayan parametrelerdir. Bu amaçla bilgisayar ortamında **CFD** yazılımları ile yapılan yangın simülasyonları yardımı ile zamana bağlı artarak ortama yayılan **CO** miktarı, sıcaklık değeri ve kaçış kollarının algılanmasını etkileyen dumanın tavandan zemine doğru artan yüksekliğinin (görüş mesafesi) tespit edilmesi mümkündür. **Bu doğrultuda; çalışmada, duman yoğunluğunun, CO değerinin, görüş mesafesinin ve sıcaklığın kullanıcılar üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin belirlenerek, insanların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilecekleri maksimum değerlerinin ortaya koyulması ve kullanıcıların sağlıklı bir şekilde güvenli alanlara aktarılacakları yangın güvenli bir yapıların tasarlanması amaçlanmıştır.** Bu parametreler NFPA 92B yönetmeliklerine göre belirlenmiştir. Tespit edilen parametreler, cfd simülasyonlarının yorumlanması ve doğru malzeme ve duman tahliye sisteminin seçimi açısından yangın güvenli yapı tasarımında belirleyici bir unsurdur.

Anahtar kelimeler: yangın, yangın güvenliği, duman tahliyesi, görüş mesafesi

ABSTRACT

It is known that the primary matter of threat of people health is smoke and the secondary matter is temperature. Smoke and temperature cause some damages directly on human body. The results of these changes can be fatal in a few seconds. Because of this reason, smoke percentages and poisoning degrees of the building materials, especially used in escape routes, are being more important.

The primary purpose of fire safety building design is to provide these parameters under the tenability limits. In the fire, the tenability value in escape routes is related with the maintaining the ambient conditions of users enable to reach to the protected section in a healthy way. Visibility distance, toxicity, temperature and smoke layer are the parameters of tenability limits. It is possible to determine the CO values, increase of the amount of CO, temperature values and the smoke layer for perceive of escape routes with the help of fire simulations by CFD program. In this direction, in the study, it is aimed to the design of fire safety building that users can be transferred to a healthy way to safe places and to manifest the maximum tenability value that people can continue their life's. These parameters

are determined according to NFPA guidelines. The determined parameters, the interpretation of CFD simulation is a determining factor of selection of the right building materials and fire safety smoke evacuation system.

Key Words: Fire, fire safety, smoke extraction, visibility

1. GİRİŞ

Yangın yeterli oksijenin, yakıtın ve tutuşma kaynağının bulunduğu her alandan aniden başlayan ve ortamdaki yanıcı maddelerin miktarına ve konumuna bağlı olarak hızla gelişen fiziksel bir olaydır. Yanma sonucunda, yanan maddelerin kimyasal yapısında bozulmalar meydana gelerek ortama zehirli gaz ve duman yayılır. Zehirli gazların oluşumuna ek olarak ortam sıcaklığı hızla artar. Yangın ortamında maruz kalınan sıcaklık derecesi ve solunan zehirli gazların oranına bağlı olarak tende ve iç organlarda yanma, zehirlenme, hipertermi gibi olumsuz etkiler oluşmaya başlar ve maruz kalınan sürenin artması ile birlikte ölümler yaşanmaktadır. Bu nedenle özellikle tahliye planlarının ve kaçış yollarının, insanların bu olumsuz şartlara en az maruz kalacak şekilde tasarlanması gereklidir. Bu nedenle yanma ürünlerinin oluşturduğu olumsuz etkilerin ve bu etkilerinin yaşamsal sınır değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Ayrıca, güvenlik sınır koşullarını tanımlayan parametrelerin kabul edilebilir düzeyleri ve süreleri, mekanın yangından korunma seviyesini ve tipini yansıtacak şekilde tanımlanmış olması gerekir [1]. Ayrıca belirlenen bu parametreler genellikle duman yönetimi ile ilişkili bağıntıları ve yönetmelik hükümlerini içermektedir [2]. Güvenli mekan için tanımlanan sınır değerleri, görüş mesafesinin ve olası ölüm oranlarının tahmininin yapılabilmesi ve tasarıma yansıtılabilmesi için gerekli değerlerdir. Yanma sonucu oluşan dumanın zehirlilik etkisi, görüş mesafesi ve artan ortam sıcaklığı, yangın sırasında ölümler ile karşılaşmamak için güvenli sınır kriterleri belirlenmesi gereken parametrelerdir.

2. DUMAN VE YANMA ÜRÜNLERİNİN SOLUNMASI (ZEHİRLİLİK ETKİSİ):

Yanma, oksijen varlığında gerçekleşir ve ortamdaki oksijen tükenene kadar devam eder. Oksijen yanma işleminin başlaması için gerekli olduğu kadar insanların yaşamsal fonksiyonlarının devamlılığı için de ortamda bulunmalıdır. Yanma süresince ortamdaki oksijen oranının azalması ve insan sağlığı için zararlı olan yan ürünlerin açığa çıkması ile birlikte birçok fiziksel olumsuzluk gözlemlenmeye başlar. O₂ konsantrasyonunun %15'in altına düşmesi solunum için gerekli değerlerin karşılanmaması anlamına gelmektedir ki bu durum ciddi solunum problemlerine yol açar [13]. Oksijen miktarının azalması ile birlikte açığa çıkan zehirli gazlar oryantasyon bozukluğuna, muhtemelen bilinç kaybına neden olarak kullanıcının mekanı tek başına sağlıklı bir şekilde tahliye edebilmesini zorlaştırır [1]. Ayrıca, gazların barındırdığı su buharı sıcaklığının artması ile birlikte tahliyeyi ciddi anlamda etkileyecek gözlerde duyarlılık ciğerlerde, üst solunum yollarında ve ciltte yanma, öksürük, akciğer iltihabı, ödem, sıcaklıktan veya tahrişten dolayı ağrılı solunum veya nefes alma güçlükleri gibi fiziksel etkiler gözlenir [10]. Hipoksik etkilerinin oluşması, merkezi sinir ve kardiyovasküler sistemin de zarar görmesine neden olur. Özellikle yangın riski yüksek olan mekanlarda yanınca zehirli gazlar çıkarmayacak malzemelerin kullanılması dumanın olumsuz etkilerinin önlenmesi konusunda önemli bir rol oynamaktadır. 15 dakika boyunca bireyin maruz kaldığı dumanın oluşturduğu sıcaklık-zehirlilik etkisi ve dumanın katmanının yüksekliği **çizelge 2.1'de** ve malzemelerin çıkardığı zehirli gaz konsantrasyonları **çizelge 2.2' de** belirtilmiştir.

Çizelgelerin incelenmesi durumunda özellikle karbon oranının artması ciddi problemlere yol açmaktadır. C'in diğer gazlara oranla en yoğun şekilde bulunan gaz olmasından dolayı etki yüzdesi daha çoktur. Plastik v.b malzemelerin yanması sonucu yaklaşık %40 oranında CO açığa çıkabilmektedir [11]. Bu nedenle dumanın oluşturduğu zehirlilik ile ilgili değerlendirmeler genellikle karbon monoksit hareketi ve yakıtı bağlı oluşan zehirli gazların konsantrasyonlarının analizlerini içerir. Güvenlik sınır koşulları, **NFPA 92B** de tanımlanan duman zehirlilik oranı ve bu sıcaklığa tipik olarak

maruz kalma süresi ile belirlenir. Bu koşullara ulaşma süresi, yangın güvenliği tasarımında önemli bir ölçüttür [2].

Çizelge 2.1. 15 dakika boyunca bireyin maruz kaldığı dumanın oluşturduğu sıcaklık-zehirlilik etkisi ve dumanın katmanının yüksekliği [1] kaynağından uyarlanarak hazırlanmıştır)

Yangın sırasında		Yangının başlaması ile birlikte kullanıcı radyasyon ve konveksiyon ısısına maruz kalır ve zehirli gazları solur.
Güvenli sınırları		Duman katmanının 2m yüksekliğe kadar inmesi ve Radyasyon ısısının 2.5 kW/m^2 değerine çıkması durumu güvenlik sınırı olarak kabul edilmektedir.
15 dakikadan az sonra		Yanmanın başlangıcından 15. dk, duman katmanının 2m ye inmesi, sıcaklığın 100 C^0 nin üzerine çıkması, radyasyon ısısının 2.5 kW/m^2 , CO: 1.500ppm ve HCN 90 ppm değerine ulaşması, kullanıcının hayatını tehlikeye sokan koşulları oluşturur.
15 dakikadan fazla		Yanmanın başlangıcından 15 dk sonra, duman katmanının 1.5 m ye inmesi, sıcaklığın 120 C^0 nin üzerine çıkması, radyasyon ısısının 3 kW/m^2 değerine ulaşması, kullanıcının hayatını devam ettirmesi için gerekli koşulları sağlayamamaktadır. Ancak kurtarma ekipleri, özel giysiler ve oksijen maskeleri ile çalışmalarını söndürme çalışmalarına devam edebilirler.

Çizelge 2.2. Yapı malzemelerinin ısınınca çıkardıkları gazlar ve olumsuz etkileri [7] ve [1] kaynaklarında uyarlanarak hazırlanmıştır)

Toksit gaz ve buhar	Malzeme	İç mekan malz. ve donatılar	Olumsuz etkiler
Karbon monoksit	Karbon içeren tüm malzemeler	Karbon içeren tüm malzemeler	Uyuklama, uyuşukluk hali, zayıf fiziksel koordinasyon ve öfori gözlenir. Oksijen eksikliği sonucunda oluşur. Çok tehlikelidir.
Karbon dioksit	Karbon içeren tüm malzemeler	Karbon içeren tüm malzemeler	Uyuklama, uyuşukluk hali, zayıf fiziksel koordinasyon ve öfori gözlenir. Oksijenin yerini alması ve %17nin altına düşmesi durumunda boğulmalar neden olur. CO_2 in %2 olması durumunda soluk alıp verme hızı %50, olması durumunda ise iki katına çıkar.
Nitrojen oksit	Selüloit, poliüretan,	-	-

Çizelge 2.2. Yapı malzemelerinin ısınınca çıkardıkları gazlar ve olumsuz etkileri [11] ve [1] kaynaklarında uyarılarak hazırlanmıştır) **devam.**

Toksit gaz ve buhar	Malzeme	İç mekan malz. ve donatılar	Olumsuz etkiler
Hidrojen siyanit	Ahşap, ipek, yapay ipek, deri, plastik içeren nitrojen ve selülozlu malzemeler,	Dolap, koridor bariyerleri, yatak başı üniteleri, komodin, sedye, sandalye v.b	Uyuklama, uyuşukluk hali, zayıf fiziksel koordinasyon ve öfori gözlenir.
Akrolein	Ahşap ve kağıt,	Dolap, koridor bariyerleri, yatak başı üniteleri, komodin, sedye, sandalye, kırtasiye malzemesi, evrak dolabı v.b	-
Sülfür dioksit ve Karboniklorür	Plastik	Zemin kaplaması, sedye, sandalye, kırtasiye ve sarf malzemeleri,	Kapalı alan yangınlarında çok tehlikelidir. Asit özelliği gösterir ve solunum yolu yanıklarına neden olur.
Asit halojenler	Polivinil klorür, yangına dayanıklıplastik	Zemin kaplaması, sedye, sandalye, kırtasiye ve sarf malzemeleri	Asit özelliği gösterir ve solunum yolu yanıklarına neden olur
Amonyak	Melamin, naylon		Kapalı alan yangınlarında çok tehlikelidir. Asit özelliği gösterir ve solunum yolu yanıklarına neden olur
Aldehid	Ahşap, naylon, polyester	Dolap, koridor bariyerleri, yatak başı üniteleri, komodin, sedye, sandalye v.b	Solunum yolu yanıklarına neden olur.
Benzen	Polistren		
İzosiyanad	Köpüklenmiş plastik, ve poliüretan köpük		
Hidroyanik asit	Yün, akrilik, ipek, plyamid v.b		Yanma işleminin tamamlanmasından sonra solunum sisteminin durmasına neden olur.

CO gazlarına belirli sürede maruz kalma, öncelikle kanın oksijen taşıma yeteneğinin bir azalması sonucunda, kanda karboksihemoglobin (COHb) üretimine yol açar. Karbon monoksit oksijene oranla hemoglobine 200 kat daha fazla oranda yapışarak yangındaki ölümlerin temel nedenini oluşturur. İnsan kanında bu oranın %50-60'ları bulması ölümcül sonuçlar doğurmaktadır [10]. Bunun yanı sıra gözlerin, üst solunum yollarının ve akciğerlerin tahriş olması nedeni ile tahliye daha da zorlaşır. COHb oranlarının oluşturduğu semptomlar aşağıda **çizelge 2.4 da** belirtilmiştir. Bu çizelgelere göre CO gazına 5 dakika süren bir yangın boyunca maruz kalınması sonucunda, kandaki oranının 6.000 ppm olması ile birlikte, bireyde hareket kaybı oluşurken değer 12.000 ppm'e ulaşması durumunda ise ölümler ile karşılaşmaktadır. Karboksihemoglobinin kanda bulunma yüzdesine göre birey üzerinde oluşturduğu sağlık problemleri de değişmektedir. Bu oranın % 90- 100' e ulaşması durumunda ise ölümler ile karşılaşmaktadır (**çizelge 2.3-2.4**). Buna ek olarak, yangın sonrasında ölüme yol açan ödem etkilerinin oluşmasına neden olabilir. **NFPA101** [6] ve **NFPA 130**'da [7] CO için sınır değerleri tanımlamıştır. Diğer zehirli gazlar için ise bir tanımlama yapılmamıştır [1].

Çizelge 2.3. Boğulmaya neden olacak sınır limitleri [13].

	5 dakika yangına maruz kalma		30 dakika yangına maruz kalma	
	Hareket kaybı	Ölüm	Hareket kaybı	Ölüm
CO	6.000 ppm	12.000 ppm	1.400ppm	2.500ppm
CHN	150 ppm	250 ppm	90 ppm	170 ppm
Oksijen azlığı Hipoksi	< %14	< % 5	< % 12	< % 7
CO ₂	> % 7	> % 10	> % 6	> % 9

Karbon monoksitin yanı sıra karbon dioksit ve hidrojen siyanür de uyuşturucu gazlar tanımındadır. Bu gazlar vücudun oksijeni tam anlamı ile kullanmasını engeller. Bu olay insan üzerinde uyuklama, uyuşukluk hali, zayıf fiziksel koordinasyon ve öfori (kendini aşırı derecede zinde hissetmek) gibi semptomların oluşmasına neden olur. Bu gazları maruz kalan kullanıcılar bilinçlerini kaybederler veya ölürlür. Ayrıca, hidrojen siyanürün de aynı karbonmonoksit gibi hücrelere bağlanması sonucu benzer semptomlar gözlenebilmekte ve bu olay bilinç kaybı ve ölümlere ile sonuçlanabilmektedir [10].

Yangınlarda tahliye sırasında ortamdaki karbon monoksit miktarının tahmin edilmesi kaçma işlevinin hangi aşamasında kullanıcının fiziksel durumunun nasıl olabileceği ve çıkışlara sağlıklı bir şekilde ulaşım ulaşamayacağını öngörülebilmektedir [10].

Çizelge 2.4. COHb yüzdelere bağlı semptomları [13].

COHb%	Semptomlar
0-10	Yok
10-20	Damarlarda genişleme ve baş bölgesinde ciltte gerginlik
20-30	Baş ağrısı,
30-40	Ciddi baş ağrısı, baş dönmesi, görüş de bozukluk, bulantı ve kusma, bitkinlik ve yere yığılma
40-50	Diğer semptomlara ek olarak nabız ve nefes almada artış, ve boğulma
50-60	Diğer semptomlara ek olarak istem dışı, tonik ya da klonik şekilde oluşan çizgili kasların şiddetli kasılması, koma, düzensiz solunum
60-70	Diğer semptomlara ek olarak zayıf nabız ve solunum ve ölüm
70-80	Solunumun durması veya yavaşlaması ve birkaç saat içinde ölümlerin gerçekleşmesi
80-90	1 saatten az bir zaman dilim içinde ölümlerin gerçekleşmesi
90-100	Birkaç dakika içinde ölümlerin gerçekleşmesi

3. GÖRÜŞ MESAFESİ

Bir bireyin duman ile dolu bir ortamda herhangi bir nesneyi fark edebilme mesafesidir [10]. Özellikle dumanın ışığın geçirgenliğini azaltması ile görüş mesafesi düşer [11].

Görüş mesafesi, dumanın rengi, yoğunluğu, içinde barındırdığı parçacıkların boyutları ile zehirlilik oranı, kullanıcının; fiziksel ve mental durumu, (panik olma v.b) ile ortamda bulunan nesnelere renk ve boyutları ve ışığı yansıtma şekilleri gibi çevresel faktörlere bağlıdır. Duman katmanının standart bir insan boyuna ulaşması ile birlikte, görüş mesafesi problemi ortaya çıkar ve tahliye için elverişsiz koşullar oluşmaya başlar. Bu durum, zehirli gazların insan üzerinde oluşturduğu olumsuz koşulların bir başlangıcıdır [10]. Görüş mesafesi aktif sistemlerin doğru kullanımı ile artırılabilir.

Dumanın varlığı tahliye hareketini iki şekilde etkilemektedir:

- Tahliyeye devam etme ve duman dolu alanın içine girme olasılığını azaltır.
- Dumanın konsantrasyonundaki artış ve zarar verici etkisi, yürüme hızını azaltır.

İnsanlar duman dolu bir koridor boyunca yürümek yerine geri dönmeyi tercih ederler. Yangının hemen arkalarında olması durumunda ise dumanın içine girmeyi göze aldıkları görülmüştür [1]. (**çizelge 3.1**). Güvenli bir ortamın sağlanabilmesi için, görünürlük 10 m den az olmamalıdır. Görüş mesafesinin 10 m'nin altına düşmesi en kritik koşulların olduğunu gösterir [12]. Yangın gazlarının seviyesi tavandan aşağıya 1,9 m'den daha fazla olmamalıdır. Tahliye hızının azalması ve zararlı gazların toksit oranının artması sonucu ortamdaki görüş mesafesinin 3m'nin altına düşmesi durumunda, kullanıcıların çıkışlara ulaşması olanaksız hale gelir [1]. Jin yaptığı çalışmalar sonucunda, duman ile dolu bir 20 m koridorda tam karanlıkta bir kişinin yürüme hızını 0.3 m/s olarak belirlemiştir. Bu konudaki bir diğer çalışmasının sonucunda ise, güvenli bir kaçış için gerekli duman yoğunluğunun, yapıyı tanıyan bireyler için 0.5 m, binaya yabancı olan kullanıcılar için ise 0.15 m olduğunu görülmüştür [13].

Çizelge 3.1. Duman yoğunluğunun görüş mesafesine ve insanın yürüme hızına etkileri [1].

Dumanın yoğunluğu	Görüş mesafesi	Etkiler
-	Etkisiz	1.2
0.5	2m	0.3
0.2	Azaltılmış	0.3
0.33	3m	Birçok insan ilerlemek yerine geri döner

Öndeki görüş mesafesi, “1/optik yoğunluk, arkadaki görüş mesafesi ise 2.5/optik yoğunluk” olarak hesaplanmaktadır. Havalandırılmamış bir ortamdaki m² başına düşen optik duman yoğunluğunun min.10 olduğu düşünülmektedir. Bu değere göre görüş mesafesi değeri 10 cm'e düşmektedir. Bu durum önündeki kişinin başını bile görmeyi engellemektedir [7].

4. SICAKLIK

Termal sıcaklık, yangın alanında bulunan ve dumana maruz kalan kullanıcıların güvenliklerinin sağlanabilmesi için gerekli değerlerdir. İnsan sıcaklığının 44.8 C⁰ ye ulaşması durumunda ağırlı yüzeysel yanıklar gözlenir [10]. Edwards ve Wade'nin yaptığı çalışmalarda yanma odasında dumanın yerden 2.1 m'ye ulaşması ile birlikte sıcaklığın 650°C'ye çıkması durumunda dumanın önemli sayılabilecek zehirleyici etkisi ile karşılaşılmasıdır. Bu noktadan sonra, yanma odası, koridor ve bitişik mekanlarda güvenlik koşulların hızla düşmeye başladığı gözlenmiştir [2]. Sınır değerlerinin aşılması durumunda kullanıcılar hipertermi, cilt ve solunum yolu yanıklara maruz kalabilir. 120C⁰ sıcaklığa maruz kalınması durumunda hipertermi etkileri görülmekte ve birkaç dakika içinde ölüm ile karşılaşmaktadır. Sıcaklığın 120C⁰ nin üzerine çıkması durumunda ise ciddi cilt yanıkları ile karşılaşmaktadır. Isıtılmış havadaki su buharı hacmin yüzde 10'undan daha az olduğu durumlarda solunum yolu yanıkları ve cilt yanıkları gözlenmeye başlar [1]. (**çizelge 4.1 ve 4.2**). Sıcaklıktaki güvenlik sınırı, havanın kuru olması ve çok kısa süreli bu ortamda bulunma durumunda 150 C⁰ olarak belirlenmiştir (**çizelge 4.3**).

Çizelge 4.1. Standartlardaki sıcaklık sınırları

Kaynak	Ölçüt	Notlar
NFPA 101 2	93°C	Tahliye alanındaki duman katmanı > zeminden 1.5 m yukarıda
	49°C	Tahliye alanındaki duman katmanı < zeminden 1.5 m yukarı

Çizelge 4.2. Sıcaklık sınır limitleri [13].

Olay	Durum	Sıcaklık derecesi
Hipertermi	15 dk dan fazla sıcaklığa maruz kalma	60 C ⁰ -120 C ⁰
Cilt yanıkları	Konveksiyon ısıysa maruz kalma Kuru hava < %10 su	>120 C ⁰
	Konveksiyon ısıysa maruz kalma Suya doymuş hava	>60 C ⁰

	Radyasyon ısısına maruz kalma	$>2.5 \text{ kw/m}^2$
	Kondüksiyon ısısına maruz kama (sıcak metal yüzeyler ile temas)	$>60 \text{ C}^0$
Solum yolları yanıkları	Cilt yanıkları ile aynı	Cilt yanıkları ile aynı

Çizelge 4.3. Havadaki su buharı oranına ilişkin güvenlik ölçütleri [1].

Yoğunluk	Tolerans zamanı
$<60 \text{ C}^0$ %100 H_2O	$>30 \text{ dk}$
$100 <$ %10 H_2O	8 dk
$110 <$ %10 H_2O	6 dk
$120 <$ %10 H_2O	4 dk
$130 <$ %10 H_2O	3 dk
$150 <$ %10 H_2O	2 dk
$180 <$ %10 H_2O	1 dk

Sıcaklık konveksiyon yolu ile kullanıcıyı etkilemekle beraber radyasyon yolu ile de ciddi sağlık sorunların neden olabilmektedir. Bu nedenle radyasyon sıcaklık ısısı sınır koşulları 2.5 Kw/m^2 alınmaktadır [10].

Termal etkiler, kısa süreli radyasyon yoğunluğu maksimum 10 kW/m^2 olmalıdır.

Sıcaklık, hava sıcaklığı 80°C 'den daha yüksek olmamalıdır [12].

Kullanıcıların yapıyı tek başlarına tahliye edilmelerinden sonraki aşama olan kurtarma ve söndürme çalışmaları içinde itfaiye ekiplerinin dayanabilecekleri sınır koşulları belirlenmiştir. Sıcaklığın 100 C^0 ye kadar çıkması kabul edilebilir bir değer olarak tanımlanmaktadır. Bu koşullar altında 25 dk. tahliye süresi ve 1 kw/m^2 radyasyon ısısı aynı kabul edilebilir sınır içinde bulunmaktadır. Bu değerler altındaki ortama koşullarında itfaiye ekipleri rahatlıkla işlemlerini gerçekleştirebilirken, sıcaklığın 120 C^0 ye çıkması tehlikeli ortam koşullarını oluşturur. Sıcaklığın 160 C^0 , ulaşması itfaiye ekiplerinin yaşamlarını tehlikeye sokan bir ortam oluşturur (**çizelge 4.4-4.5**).

Çizelge 4.4. Kurtarma ekiplerinin dayanma sınırları [13].

	Normal koşul.	Tehlikeli koşul.	Çok tehlikeli koşul.	Kritik koşul.
Max. Zaman	25 dk	10 dk	1 dk	$<1 \text{ dk}$
Max. hava sıcak.	100 C^0	120 C^0	160 C^0	$>235 \text{ C}^0$
Max. radyasyon	1 kw/m^2	3 kw/m^2	$4-4.5 \text{ kw/m}^2$	10 kw/m^2

Çizelge 4.5. BSI için Güvenlik sınır limitleri [10].

Konveksiyon ısısı	Radyasyon ısısı	Görüş mesafesi
<ul style="list-style-type: none">• Suya doymun havada, $<30 \text{ dk: } < 60\text{C}^0$• $< \%1$ su, 1 dk: 180 C^0• 2 dk: 160 C^0• 4 dk: 140 C^0• 7 dk: 120 C^0• 12 dk: 100 C^0	<ul style="list-style-type: none">• 4 dk $=10 \text{ Kw/m}^2$• $>5\text{dk:}$ $< 2.5 \text{ Kw/m}^2$• 30 dk $= 2.5 \text{ Kw/m}^2$	<ul style="list-style-type: none">• Küçük odalarda: OD$<0.2 \text{ m-1}$ GM: 5m• Diğer odalarda: OD$<0.1 \text{ m-1}$ GM: 10 m

5. CFD YAZILIMLARI ÜZERİNDEN YANGIN ÜRÜNLERİNİN YAŞAMSAL SINIR KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Modellenen yangın senaryosu yolu ile yangın sonrasında çıkan yan ürünlerin oluşturduğu ortamın güvenlik kriterleri ve duman hareketi belirlenebilmektedir. İstenen verilere ulaşabilmek amacı ile birçok bilgisayar modeli geliştirilmiştir. Fire Dynamics Simulator (FDS), Smart Fire en yoğun kullanılan yazılımlar olmakla beraber, aralarında CFX, FLUENT ve PHOENICS bu amaca yönelik çözüm veren programlardır [4] Bu programlar ile gerçekleştirilen CFD çözümlenmeleri, yangın anında oluşabilecek ortamın en iyi şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır [14]. Cfd analizleri ile gerçekleştirilen “field” modelleri çalışma alanını(domain) ısı, duman akışları ve sıcaklık değerlerinin analiz edilebilmesi amacı ile küçük hücrelere ayırmaktadır. Bu hücreler (mesh) ne kadar küçük aralılarda yapılırsa o kadar gerçek değerlere yakın veriler elde edilmektedir. CFD yazılımları ile yapılan modellemeler sonunda görüş mesafesi, CO miktarı, duman yoğunluğu ve sıcaklık konusundaki tespitler elde etmek mümkündür [15]. Yapılan bu simülasyonlarda daha çok dumanın hareketi gözlenmektedir. Belirli bir süre boyunca devam eden yangın sonunda dumanın yangın mekanında kaçış mesafesini ne kadar doldurduğu, tavandan ne kadar yukarıda biriktiği ve ortamda oluşan CO miktarının kaçınıcı dakikadan sonra insanları zehirleyeceği konsantrasyona ulaştığı belirlenebilmektedir. Bu durumda yapılan simülasyon sonuçlarında küçük mekanlarda 10 m büyük mekanlarda 15 m kaçış kapılarına kadar olan mesafesini açık olmasının sağlanması, kısacası zeminden 2 m yüksekliğe kadar olan mesafenin dumansız kalmasının sağlanması güvenli koşulların oluştuğunu gösterir.

6. SONUÇ

Yangında insanların yaşamlarını tehlikeye sokan en önemli unsur dumandır. Görüş mesafesinin azalması tahliyenin gecikmesinin ve sıcak dumanın solunması sonucu iç organlarda oluşan yanık ve işlev bozukluklarının ve ölümlerin temelinde duman bulunmaktadır.

Yangında duman tabakasının zeminden 2m'nin üzerinde birikmesi durumunda insanlar dumandan etkilenmeden sağlıklı bir şekilde mekanı terk edebilirler. Dumanın tahliye boyunca bu yüksekliğin altına düşmemesi ancak uygun duman tahliye sisteminin seçilmesi sonucu gerçekleştirilebilir.

Yanmanın süresi boyunca zehirli gaz çıkışı devam eder. Yanan malzemelerin bileşimleri bu zehirlilik oranının artıp azalması ile ilgilidir. Plastikler, asitler ve karbon içeren tüm malzemeler yandıklarında açığa çıkardıkları gazların solunması durumunda önce bilinç kaybı, öfori, ze zehirlenmelere yol açar. Bu nedenle özellikle yangın riski yüksek olan mekanlarda yanınca zehirli gaz çıkarmayan malzemelerin seçilmesine özen gösterilmelidir. Duman tahliyesini yapılması mekandaki karbon konsantrasyonunun düşürerek ortam koşullarını güvenli sınır değerlerinin altında tutulmasını sağlayacaktır. Sıcak dumanın ortamdaki uzaklaştırılması sıcaklığında bir miktar düşürülmene de yardımcı olmaktadır.

Tüm bu değerler, oluşturulan yangın senaryolar doğrultusunda yapılan uygulamaların başarıya ulaşım ulaşımadığının belirlenmesi için önemli bir kriteri oluşturmaktadır. Yangın ürünlerinin yaşamsal sınır kriterleler, Cfd çalışmalarında tasarlanan senaryolarda yapılacak tüm mimari ve mekanik uygulamalar hatta malzeme seçimlerinin değerlendirilmesi için göz önünde tutulması gereken minimum değerleri tanımlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] ANONİM, CFFA-E Guideline. [http://www.cfpa.com-\(2013\).](http://www.cfpa.com-(2013).) 2009.
- [2] EDWARDS, A.P.R., WADE, C.A. Maintaining tenability of exitways in buildings in the event of fire -literature review, http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAA&url=http://www.branz.co.nz%2Fcms_show_download.php%3Fid%3Ded51425baaeccc5f8089



- bf3ce7e51d007856038c&ei=BYbWVPzHM6X7ywOr-4GwCQ&usg=AFQjCNG62IsMftXX4pszp5-k_C2T2oCTJw&bvm=bv.85464276,d.bGQ
- [3] GANN, R. G.; BABRAUSKAS, V.; PEACOCK, R. D.; HALL, J. R., Jr., Fire Conditions for Smoke Toxicity Measurement, Fire and Materials, No. 3, Vol. 18,193-199, May/June 1994.
- [4] Liu Y., Apte V. Evaluation of Phoenix Cfd Fire Model Against Room Corner Fire Experiments.http://www.cham.co.uk/puc/puc_melbourne/papers/paper25_yunlong_liu.pdf. – (2011).
- [5] NFPA 92B standard for smoke management systems in malls atria and large spaces. www.nfpa.org
- [6] NFPA101 Life Safety Code, www.nfpa.org
- [7] NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, www.nfpa.org
- [8] OLSSON, F., Tolerable fire risk criteria for hospitals, Department of fire safety engineering Lund University, Report 3101, Sweden, 1999.
- [9] POH, W., Tenability in building fires: Limits and design criteria”, Fire Australia, s. 24-26. 2010.
- [10] SHEN, T, S.2003. Building planning evaluations for emergency evacuation. Doktora Tezi. Worcester Polytechnic Institute, U.S.A.
- [11] SHIELDS, T.J., Silcock G.W.H, “Buildings and fire”. Longman Scientific & Technical, New York, 174 p., 1987.
- [12] ŞİMŞEK Z., “Sağlık Yapılarında Yangın Güvenliğinin ve Duman Kontrolünün Sağlanmasına İlişkin Modelleme Yöntemi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 2013
- [13] Tamura, G.T. “Smoke movement and control in high rise buildings”, Nfpa, 271p, 1994.
- [14] Vistnes, J. 2004. Validation of phoenix 3.5 for modelling tunnel ventilation systems under fire conditions. http://www.cham.co.uk/puc/puc_melbourne/ -(2011)
- [15] Wang, Q., Ma, K., Lundqvist, M. 2003. CFD applications of phoenix on building environment and fire safety design. http://www.cham.co.uk/puc/puc_melbourne/papers/Paper6_Vistnes.pdf. -(2011)

ÖZGEÇMİŞ

Zuhal ŞİMŞEK

10 Eylül 1978 Antalya doğumludur. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden 2002 yılında mezun olmuştur. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2003-2006 yılları arasında yüksek lisans, 2007- 2013 yılları arasında ise doktora eğitimini tamamlamıştır. 2004 yılından itibaren Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yapı elemanları, beton yapı malzemesi, su yalıtımı yangın güvenliği ve duman kontrolü konularında çalışmaktadır.

Nilüfer AKINCITÜRK

Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK İstanbul Teknik Üniversitesinde; 1979 yılında mimarlık lisans eğitimini, 1981 yılında lisansüstü, 1985 yılında ise Bina Bilgisi Anabilim Dalında doktora eğitimini tamamlamıştır. 2013 yılından itibaren Mimarlık Fakültesi'nde kurucu Dekan olarak görev yapmakta olup, 2010-2011 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dekan Yardımcısı olarak görev almıştır. Mimarlık Bölüm Başkanlığını da yürüttüğü kurumda, 1994 Yılından itibaren Mimarlık Bölümünde kurucu öğretim üyelerinden biri olarak görev yapmış, 1998 yılında Doçent unvanını almıştır. 2004 yılında ise, aynı kurumda Profesör olmuştur. Uluslararası Ulusal dergi ve kitaplarda, kongre bildirilerini içermek üzere, çeşitli konularda 150 adet yazısı, deprem ve yangın konularını içeren iki kitabı bulunmaktadır. Ulusal ve yerel birçok Mimari Proje yarışmasında jüri üyeliği yapmış olup, birçok kongrenin düzenleme kurulu, bilimsel kurul ve danışma kurulunda görev almıştır. Ayrıca 3 derginin danışma kurulu üyeliğini yürütmektedir. Uludağ Üniversitesi Kampüsü'nde ise; birçok binanın danışmanlığını ve mimarlığını yapmıştır. Yürütücülüğünde Uludağ Üniversitesi tarafından desteklenerek tamamlanmış, 3 adet Bilimsel Araştırma Projesi bulunmaktadır.

