

	MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL		
	eISSN: 2564-6435 Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/fce		
	Geliş/Received 29.04.2022 Kabul/Accepted 10.10.2022	Doi https://doi.org/10.52702/fce.1111061	

Tahliye Sırasında Yangın Dumanından Etkilenme Oranlarının Simülasyon Destekli İncelenmesi: Bir Hastane Modeli

Furkan KADI*¹, Gökhan COŞKUN^{2,3}, Ekrem BÜYÜKKAYA²

ÖZ

Bu çalışmada hastane binalarında yangın anında kullanıcıların tahliyesi ve dumandan etkilenme oranlarının simülasyon destekli olarak incelenmesi için HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) tabanlı yangın simülasyonu Fire Dynamic Simulator (FDS) ile birlikte tahliye simülasyonu kullanılarak; yatay tahliye, asistanlı tahliye gibi hastane binalarına özel tahliye olanaklarının irdelenmesi hedeflenmiştir. Yangın simülasyonunda ilgili yönetmelik ve standartlarda belirtilen yangın yükleri baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Hastane binalarında bulunacak yaşam destek ünitesine bağlı, medikal gazlara muhtaç, hareket kabiliyetleri sınırlı vb. hastaların yangın anında tahliyesi ve dumandan etkilenme oranları incelenmiştir. Örnek bir hastane mimarisi üzerinden tahliye olanaklarının yeterliliği araştırılmıştır. Yapılacak tahliye simülasyonunda hastane ortamında bulunabilecek çeşitli hareket kabiliyetlerine sahip bina kullanıcılarının durumları göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda tahliye simülasyonu programında kullanıcı grupları oluşturularak gerçek duruma en yakın veriler elde edilmesi hedeflenmiştir. Yangın simülasyonu yazılımında hazırlanan örnek yangın durumu tahliye simülasyonu yazılımına aktarılmış ve bu programda mimari üzerinde yerleştirilmiş olan bina kullanıcılarının tahliye süreleri, dumana maruz kalma düzeyleri, maruz kalınan sıcaklık değerleri ve yangın emisyonu olan toksik gazlara maruziyet dereceleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahliye, yangın, hastane, sağlık, simülasyon, duman, can güvenliği

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yangın ve Yangın Güvenliği, furkan.kadi1@ogr.sakarya.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,

³ Sakarya Üniversitesi, Yangın Uygulama ve Araştırma Merkezi

Simulation-Assisted Investigation of Fire Smoke Exposure Rates During Evacuation: A Hospital Model

ABSTRACT

In this study, it will be aimed to examine evacuation options specific to hospital buildings such as horizontal evacuation and assisted evacuation by using CFD (Computational Fluid Dynamics) based fire simulation Fire Dynamic Simulator (FDS) and evacuation simulation in order to evacuate users in hospital buildings in case of fire and to examine the smoke exposure rates with simulation. In fire simulation, calculations made based on the fire loads specified in the relevant regulations and standards. The fire evacuation rates of patients such as those who are connected to life-support units, in need of medical gases, have limited mobility, and etc. in case of fire and their exposure to smoke were examined, and the adequacy of evacuation options will be examined through an exemplary hospital architecture. If it is concluded that the evacuation options are insufficient, solutions will be offered and how the improvement can be done will be described. In the evacuation simulation, the conditions of the occupants with various mobility that may be found in a hospital environment was taken into consideration. In this context, it will be aimed to obtain data closest to the real situation by creating occupant groups in the evacuation simulation software. The sample fire situation to be prepared in the fire simulation was transferred to the evacuation simulation, and this examined the evacuation times, smoke exposure levels, exposed temperature values and the level of exposure to toxic gases, which are fire emissions.

Keywords: Evacuation, fire, hospital, health, smoke, simulation, smoke, life safety

2. YANGINDA TAHLİYE BİLEŞENLERİ

1. GİRİŞ

Yönetmelikler ve standartlar yapıları gereği kuralcı (prescriptive) dökümanlardır. Dünyada ülkemiz de dâhil olmak üzere pek çok ülke yangından korunum sistemleri tasarımında yönetmelik ve standartlara bağlı kalınmasını zorunlu kılar. Ancak, özellikle son yıllarda sayıları artmış olan bazı ülkeler ise yönetmelik ve standart üzerinden tasarımın yanı sıra performans bazlı (performance-based) tasarımı da kullanmaktadır. Performans bazlı tasarım ya da performansa dayalı tasarım olarak adlandırılan bu metot kısaca; genel uygulama yerine, uygulama yapılacak binanın belirli özelliklerini dikkate alarak binalarda yangından korunma ve can güvenliği sistemleri tasarlamak için bilim ve mühendisliğin uygulanması olarak tanımlanabilir.

Hastane binaları acil durum tahliye olanakları bakımından, içerisinde bulundurduğu kullanıcıların özel durumları sebebiyle diğer kullanım amaçlı binalara göre daha katı şartlara tabidir. Hastanelerde olası bir yangın durumunda kendi imkânlarıyla çıkışlara ulaşabilecek kişilerin yanı sıra bir veya daha fazla sayıda refakatçi eşliğinde tahliye edilmesi gereken hareket kabiliyeti kısıtlı hastalar, medikal gazlara ve diğer yaşam destek ünitelerine bağlı hastalar gibi kullanıcıların da tahliyeleri düşünülerek tasarım yapılmalıdır.

Bu çalışmada hastane binaları hakkında öncelikle yerel yönetmelik olan Binaların Yangın Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY-(09/07/2021)-31665, 2021) hükümleri açıklanacaktır. BYKHY’ de konu hakkında fazla detay olmadığından uluslararası standartların hastane binaları ile ilgili maddeleri incelenecektir. Sonrasında ise performansa dayalı tasarım kullanılarak çeşitli senaryolarda hastanede bulunan kullanıcıların yangın ve duman maruziyetleri incelenerek sonuçlar yorumlanacaktır.

Bu çalışmada bir hastane binasında olası bir yangın incelenecek olup, aynı yangın dört farklı senaryo üzerinden irdelenerek, her bir senaryonun can güvenliği açısından artıları ve eksileri ortaya konulmaya çalışılacaktır. Çalışma kapsamında yangın dumanının görüş mesafesi ve dolayısıyla bina kullanıcılarının binayı tahliye hızları üzerindeki etkisi de göz önünde bulundurulacaktır.

Tahliye konusu üç ana başlık altında incelenmelidir. Bunlar çıkışa ulaşım, çıkış ve çıkıştan tahliye olarak özetlenebilir.

2.1. Çıkışa Ulaşım

Çıkışa ulaşım kısmı, bir binada her bir katta güvenli yangın hollerine kadar ulaşımı kapsar ve çıkışa kadar en fazla seyahat mesafesi, tek yönde zorunlu seyahat mesafesi, çıkmaz koridor en fazla uzunluğu, çıkışa ulaşım koridoru yapısal özellikleri, çıkışa ulaşım yolu üzerindeki kapıların özellikleri, çıkışların birbirinden minimum uzaklığı gibi kriterleri içerir.

Yağmurlama (sprinkler) sistemi bulunmayan hastane binalarında tek yönde en çok seyahat mesafesi 15 m, iki yönde en çok seyahat mesafesi ise 30 m olabilir. Yağmurlama sistemi bulunan hastane binalarında ise tek yönde en çok seyahat mesafesi 25 m, iki yönde en çok seyahat mesafesi ise 45 m olabilir [1]. NFPA 101: Life Safety Code ’a göre ise yeni inşa edilecek hastane binalarında yağmurlama sistemi yapılması zorunludur. Bu sebeple yağmurlama sistemi olmayan hastaneler için tahliye mesafesi limitleri verilmemiştir. Yağmurlama sistemi bulunan hastane binalarında tek yönde en çok seyahat mesafesi 30 m, iki yönde en çok seyahat mesafesi ise 61 m olabilir [2].

2.2. Çıkış

Tahliye bileşenlerinden olan çıkış bölümü yangın güvenlik holleri, yangın merdivenleri ve kapılardan meydana gelir. Bu başlık altında hol ve merdiven özellikleri, sahanlıklar, yer kaplamaları, basamak boyutları, trabzanlar gibi bileşenlerin özellikleri incelenir.

2.3. Çıkıştan Tahliye

Çıkıştan tahliye, tahliyenin yangın merdiveninden çıktıktan sonra en yakın güvenli yola veya toplanma alanına ulaşana kadarki bölümünü ifade eder. Yangın merdiveninden binayı tahliye eden insanların çıkışlardan çıktıktan sonra tehlikeye maruz kalmadan ve sıkışmadan güvenli bir yola çıkması önemlidir. “Kaçış merdivenlerinin kapasite ve sayı bakımından en az yarısının doğrudan bina dışına açılması gerekir. Kaçış merdiveninin, zemin düzeyindeki dışarı çıkışın görülebildiği ve engellenmediği hol, koridor,

fuaye, lobi gibi bir dolaşım alanına inmesi hâlinde, kaçış merdiveninin indiği nokta ile dış açık alan arasındaki uzaklık, kaçış merdiveni bir kattan daha fazla kata hizmet veriyor ise 10 m'yi aşamaz. Yağmurlama sistemi olan, yeni yapılacak veya mevcut tüm yapılarda bu uzaklık en fazla 15 m olabilir. Dışa açık alanın, kaçış merdiveninin indiği noktadan açıkça görülmesi ve güvenli bir şekilde doğrudan erişilebilir olması gerekir. İç kaçış merdivenlerinden boşalan kullanıcı yükünü karşılayacak yeterli genişlikte dışa açık kapı bulunması şarttır [1].”

NFPA standardında ise kaçış merdiveninin indiği nokta ile dış açık alan arasındaki uzaklık en fazla 15 m olabilir [2].

3. HASTANE BİNALARI İÇİN ÖZEL ŞARTLAR

Hastane binaları BYKHY'e göre Orta Tehlike 1 sınıfına girmektedir [1]. Bu açıdan bakıldığında hastaneler için öngörülen yangın riski oteller, okullar, ofisler gibi bina sınıflarıyla aynıdır. Hastaneler için farkı yaratan durum ise bina kullanıcılarının yukarıda saydığımız diğer binaların kullanıcılarına göre daha savunması pozisyonunda olmalarıdır.

Hastane binalarında yoğun bakımda medikal ekipmanlara ve gazlara bağlı hastalar, entübe hastalar, narkoz etkisinde bulunan hastalar, yatağa bağımlı hastalar, hareket kabiliyeti kısıtlı hastalar, binadan tek başına tahliye olamayacak olan hastalar, ayakta tedavi edilen hastalar, muayene için gelmiş hastalar, ziyarete gelmiş olan hasta yakınları, hastane sağlık personeli, hastane güvenlik personeli, hastane teknik ve temizlik personeli, idari personel vb. bulunabilir.

3.1. BYKHY Gereklilikleri

Hastane binalarında en fazla kompartıman alanı 1500 m² dir. Ancak binada uygun yangın kontrol sistemleri (otomatik algılama, yağmurlama sistemi, duman tahliye sistemi ve benzeri) yapılmış ise kompartıman alanı 2 katına çıkarılabilir. Buna göre bu sistemlerin bulunduğu hastane binalarında en fazla kompartıman alanı 3000 m² olabilir [1].

Sağlık yapıları kapsamında olan hastanelerde, yaşlılar için dinlenme ve bakım evleri ve bedensel ve zihinsel engelliler için olan bakım evlerinde aşağıda belirtilen şartlara uyulmalıdır.

a) Kullanıcı yükü 15 kişiyi aşan herhangi bir hasta yatak odası veya süit oda için birbirinden uzakta konuşlandırılmış 2 kapı bulunması gerekir.

b) Hastanelerin ve bakımevlerinin 300 m²'den büyük olan yatılan katlarının her biri, en az yarısı büyüklüğünde iki veya daha fazla yangın kompartımanına ayrılır veya korunumlu yatay tahliye alanları teşkil edilir. Yatay tahliye alanlarının hesaplanmasında kullanıcı yükü 2,8 m²/kişi olarak dikkate alınır. Hastanelerde koridor genişlikleri 2 m'den az olamaz [1].

Yangına en az 60 dakika dayanıklı ve duman geçişi önlenmiş yatay tahliye alanı sağlanan hastane gibi yerlerde kaçış uzaklığı, yatay tahliye alanına götüren koridorun çıkış kapısına kadar olan ölçüdür. Her yatay tahliye alanından en az bir korunumlu kaçış yoluna ulaşılması gerekir [1].

3.2. NFPA 101 Gereklilikleri

Diğer birçok bina ve kullanım gruplarından farklı olarak, bir hastane binasında en az istenen acil durum, hastaların toptan taşınması veya tahliyesidir. Bu nedenle “yerinde savunma” stratejisi kullanılmaktadır. Yerinde savunma stratejisi "toplam konsept" yaklaşımı kullanılarak uygulanır. Buna göre hastaneler ve diğer sağlık hizmeti amaçlı binalar, bina sakinlerinin tahliyesini gerektiren bir yangın acil durumu olasılığını en aza indirecek şekilde tasarlanmalı, inşa edilmeli, gerekli bakımları muntazam yapılmalı ve işletilmelidir [2].

Hastaların tek bir kat seviyesindeki güvenli alanlara yatayda tahliyesini sağlamak ve herhangi bir yangına maruz kalan bina kullanıcılarının sayısında yönetilebilir ve başa çıkılabilir bir sınır sağlamak için bariyerlere ihtiyaç vardır. Düşeyde tahliye olanakları (özellikle merdivenler), hastaların yer değiştirmesiyle doğrudan ilgisi olmayan, ziyaret için orada bulunan insanlar ile hastaların tahliyesinde direkt rol almayan hastane personeli için tahliye olanağı olarak değerlendirilmeli, hastaların tahliyesi için ise son çare olarak düşünülmelidir.

Yatayda tahliye kavramı kısaca, olası bir yangın durumunda bina kullanıcılarının aynı katta bulunan yangın dayanımlı komşu kompartımana geçerek tahliye edilmesidir denilebilir. Bu sayede düşeyde tahliyenin mümkün olmadığı veya çok zor uygulanabileceği binalarda alternatif bir tahliye metodu olarak vazife görür.

Yatay çıkışlar, duman bariyerleri üzerinde yer alan kapılardan çıkışla karıştırılmamalıdır. Duman bariyerlerindeki kapılar sadece dumana karşı geçici koruma sağlamak için tasarlanmıştır; yatay çıkışlar ise dumandan anında koruma sağlamanın yanı sıra nispeten uzun bir süre yangına karşı koruma sağlar. Böylece yangın kontrol altına alınıncaya kadar bina kullanıcılarının güvende kalması sağlanabilir.

Yatay tahliye olanağı olarak hizmet edecek duvarlar en az 120 dakika yangın dayanımlı olmalıdır [3]. Bu duvarda gerçekleştirilecek tüm tesisat (mekanik veya elektriksel) geçişleri, uygun tipte yangın durdurucu uygulamalarla kapatılarak duvarın yangın dayanımını koruması sağlanacaktır. Kanal geçişlerinde yangın damperi kullanılmalıdır. Yatay tahliye bölmeleri arasında yer alacak duvar üzerinde bulunacak kapılar en az 90 dakika yangın dayanımlı ve duman sızdırmaz olmalıdır [3]. Kapılarda otomatik kapanma düzeneği bulunmalıdır. Operasyonel nedenlerle, özellikle koridorlar gibi normal zamanlarda da yoğun kullanılan yollar üzerindeki kapılar manyetik tutucular vasıtasıyla açık tutulabilirler. Ancak alarm durumunda, binanın yangın algılama ve ihbar sistemine bağlı bir kontrol modülü vasıtasıyla bu manyetik tutucuların enerjisi kesilerek manyetiklik özelliklerini kaybetmesi ve dolayısıyla kapıların otomatik kapanma düzenekleri sayesinde kapanması sağlanmalıdır.

3.3. Hastane Binalarını Diğer Binalardan Ayıran Etmenler

Hastaların çoğu yaşam destek ekipmanlarına bağlı ve güvenli tahliye için dışarıdan yardıma ihtiyaç duyabilecektir. Bu nedenle, kısmi olabilecek güvenli tahliyeye, yani yangının çıktığı kattaki hastaları ve yangın katının üstündeki ve altındaki katlardaki hastaları hareket ettirme veya tamamen tahliye, yani tüm bina kullanıcılarının güvenli tahliyesi için özel dikkat gösterilmelidir.

Hastanelerde elektrik tesisatı, elektriksel ekipmanlar, çamaşırhane, ısıtıcılar, sterilizasyon alanları gibi yangın kaynağı olabilecek yerler ile buralarda bulunabilecek etilen, kloroform, eter, etil alkol, siklopropan ve sıvı oksijen gibi yanıcı ve yangını büyütme potansiyeli olan materyallerin bol miktarda bulunması hastane binalarını diğer binalardan ayıran etmenlerden bir diğeridir. Bu sebeple hastane binalarında bu tip ekipmanların yangın güvenliği için ekstra tedbirler alınması istenmektedir.

Yüksek basınçlı medikal gaz tesisatlarında kullanılacak basınç düşürücü ekipmanlar ve göstergeler bu tip bir kullanım için listelenmiş ürünler olmalıdır. Yüksek basınçlı tüplerin çıkışında, silindir basıncını çalışma basıncına düşüren onaylı regülatörler kullanılmalıdır. Bu tür tüm cihazların bağlantıları, sadece hitap ettikleri silindire bağlanacak şekilde tasarlanmalıdır. Dolu silindirler ve konteynerler diğerlerinden ayrı tutulmalıdır. Silindirler bir açık alanda veya yanıcı olmayan ya da sınırlı yanıcı olan konstrüksiyona sahip kapalı bir iç mekânda, yetkisiz girişlere karşı korunabilen kapıya sahip (kartlı geçiş, şifreli kapı vb.) yerlerde tutulmalıdır. Oksijen ve azot protoksit gibi oksitleyici gazlar, diğer yanıcı gaz, sıvı veya buhar ile aynı ortamda birlikte depolanmamalıdır. Oksijen ve azot protoksit gibi oksitleyici gazlar, aşağıdakilerden biri ile yanıcı maddelerden ayrılmalıdır:

- En az 6,1 m uzaklıkta,
- Depolama yapılan alanın tamamı NFPA 13'e göre tasarlanmış yağmurlama sistemine sahipse en az 1,5 m uzaklıkta,
- Tümü NFPA 13'e göre tasarlanmış yağmurlama sistemine sahip oda içerisinde, NFPA 30 veya NFPA 55'e göre imal edilmiş bir dolap içerisinde [4].

BYKHY ve TS EN 12845 içeriklerinde, hastane binalarında yanıcı ve yakıcı gazların depolanma gereklilikleri ve bu alanlarda uygulanacak söndürme sistemlerinin özelliği konusunda bir detay bulunmamaktadır. Bu bakımdan yönetmeliğin de yönlendirmesine uygun olarak, uluslararası geçerli bir standart olan NFPA gerekliliklerinin takip edilmesi uygun olacaktır.

4. PERFORMANSA DAYALI TASARIM

Performansa dayalı tasarım kısaca; kabul edilen yangın güvenliği amaç ve hedeflerine, yangın senaryolarının belirleyici ve/veya olasılıklı analizine, kabul edilen mühendislik araçlarını, metodolojilerini ve performans kriterlerini kullanarak yangın güvenliği amaç ve hedeflerine göre tasarım alternatiflerinin nicel değerlendirmesi olarak tanımlanabilir [5].

Yönetmelik ve standartların kesin bir şekilde çerçevesini oluşturduğu kuralcı yaklaşımda, mühendis ve mimarların tasarım ve imalat özgürlüğü sınırlıdır. Bu kuralcı tasarımın bir

dezavantajı olarak söylenebilir. Diğer konuların yanı sıra, bina yükseklikleri, taban alanları, yangından korunma sistemleri, tahliye planları ve alt sistemler (elektrik, mekanik ve sıhhi tesisat), zaman zaman hem tasarım hem de imalatta yaratıcılığı engelleyen yerel ve uluslararası yönetmelik ve standartların kuralları dâhilinde yapılmalıdır. Bina sahipleri, mimarlar, tasarımcılar ve mühendisler, projelerini tamamlamak ve can güvenliği ile yangından korunma hedefini karşılamak için bu düzenlemelere uymalıdır.

Kuralcı tasarımın bir diğer dezavantajı da genellikle yapılacak işin maliyetinin yüksekliğidir. Günümüzde maliyetler, belki de her zamankinden daha çok dikkat edilmesi gereken konuların başında gelmektedir. Performansa dayalı tasarımda bir binanın spesifik özellikleri göz önünde bulundurularak çalışma yapılabilen ve bölüm bölüm farklı yangından korunma sistemlerinin gereklilikleri irdelenebilmektedir. Bu durumda daha riskli bir bina bölümünde alınması gereken ek tedbirler ile az riskli bir bölümde alınması gereken tedbirler farklılık gösterebilmektedir.

Performansa dayalı yaklaşımda pek çok olasılık göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin bir hastane binasındaki olası yangın senaryoları oluşturulurken aşağıdaki ihtimaller göz önünde bulundurulmalıdır:

- Yangının gündüz ve gece çıktığı olasılıklar
- Alevli bir yangın olduğu ve olmadığı olasılıklar
- Personelin manuel müdahale ile yangını söndürdüğü ve söndüremediği olasılıklar

Personelin yangını manuel müdahale ile söndüremediği olasılıklarda ise;

- Yağmurlama sisteminin olması gerektiği gibi çalıştığı ve çalışmadığı olasılıklar
- Algılama sisteminin olması gerektiği gibi çalıştığı ve çalışmadığı olasılıklar
- Hasta yatak odasının kapısının açık ve kapalı olduğu olasılıklar
- Hastaların uykuda ya da uyanık olduğu olasılıklar
- Hastaların tahliye için yardıma ihtiyaç duyduğu ve duymadığı olasılıklar

göz önünde bulundurulması gereken ihtimallere örnek olarak verilebilir [5].

4.1. Yangında İnsan Davranışı

Performans bazlı tasarım ile gerçeğe yakın bir sonuç alabilmek açısından yangın konusundaki insan davranışlarını anlayabilmek ve yapılacak olan tasarımda bu bilgiyi doğru kullanabilmek önem arz etmektedir. Tasarım yapılacak binada bulunan insan grupları (kadın, erkek, çocuk, engelli vb.) doğru bir şekilde belirlenip, bu belirlemeye paralel olarak tasarım kurgulandığında başarı şansı yüksek olacaktır. Yangında insan davranışı, bina yangınlarında can güvenliğini anlamının ve tasarlamanın önemli bir parçasıdır. Bununla birlikte, performansa dayalı tasarım analizlerinde insan davranışının ele alınması, genellikle görmezden gelinerek, aşırı basitleştirilerek veya yanlış bir şekilde hesaba katılarak göz ardı edilebilmektedir. İnsan tepkisindeki ilişkiler karmaşıktır; yine de bu ilişkileri tanımlamak ve hatta tahmin etmek imkânsız değildir.

Yangınla ilgili insan davranışını değerlendirirken üç temel ilgi alanından bahsedilebilir.

1. Yangına neden olan veya önleyen davranışlar
2. Yangınları etkileyen davranışlar
3. Yangınlardan kaynaklanan zararı artıran veya azaltan davranışlar [6].

Tablo 1: Yangınla ilgili insan davranışını ele alan uluslararası mühendislik kaynak dokümanları

Birleşik Krallık	PD7974-6
Yeni Zelanda	C/VM2
Avusturalya	International Fire Engineering Guideline
Japonya	Comprehensive Fireproof Building Design Methods
ISO	ISO16738, ISO13571, ISO29761

Tablo 1’ de belirtilen tüm bu uluslararası kod, yönetmelik ve standartlarda insan davranışının analizini etkileyen 6 ana konudan bahsedilebilir. Bunlar,

- bina özellikleri,
- tahliye stratejileri ve prosedürleri,
- bina kullanıcılarının özellikleri,

- tahliye öncesinde bina kullanıcılarının davranışları,
- tahliye esnasında bina kullanıcıların davranışları,
- bina kullanıcılarının yangına maruziyeti [7].

4.2. Performansa Dayalı Tasarım Parametreleri

4.2.1. Tahliye Süresi, SGTS ve GGTS Kavramları

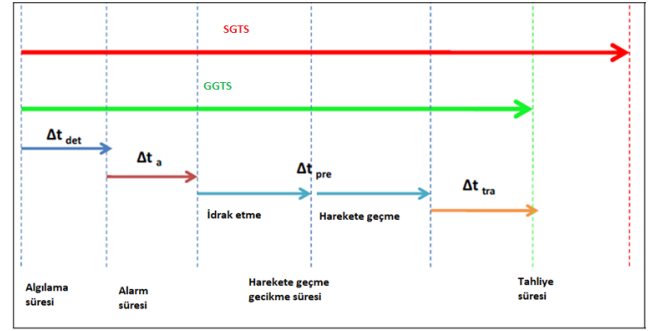
Performansa dayalı tasarımda en önemli parametrelerden biri tahliye süresidir. Gerek yönetmelik ve standartların koyduğu kurallara uygun yapılan kuralcı tasarımda, gerekse de performansa dayalı tasarımda amaç bina kullanıcılarının olası bir yangın anında güvenli bir şekilde binadan tahliye edilmelerini sağlayabilmektedir. Bunu başarabilmek adına bina tahliye olanakları, binada kullanılan yapı malzemeleri, otomatik ve manuel yangın söndürme sistemleri, yangın algılama sistemleri, duman kontrol sistemleri gibi tahliye esnasında çalışacak veya tahliyenin güvenli bir ortamda yapılmasını sağlayacak önlemler alınması gerekir. Bu sayede tüm bina kullanıcılarının güvenli tahliyesi için gerekli zaman sağlanmaya çalışılır.

SGTS (available safe escape time / sağlanabilen güvenli tahliye süresi), bir yangın sırasında bir bina kullanıcısı için, tutuşma anı ile koşulların yolcunun ehliyetsiz kalacağı tahmin edildiği, yani güvenli bir sığınağa veya güvenli bir yere kaçmak için etkili bir eylemde bulunamayacak hale geldiği an arasındaki hesaplanan süre olarak tanımlanmaktadır [8].

GGTS (required safe escape time / gerekli güvenli tahliye süresi) ise bir bina kullanıcısının tutuşma anında bulunduğu yerden güvenli bir sığınağa veya güvenli bir yere seyahat etmesi için gereken hesaplanmış süre olarak tanımlanır [8]. Bir yangın sırasında $SGTS > GGTS$ durumu tahliyenin güvenli olduğunu gösterir ilk veridir. Bu sebeple yapılan tüm tasarımlarda bu durumun sağlanması hedeflenir.

GGTS süresi hesaplanırken; yangının dedektörler tarafından algılanması, tahliye alarminin devreye girmesi, bina kullanıcılarının yangını fark etmesi ve idrak etmesi ile bir çıkışa ulaşıncaya kadar geçen tahliye süreleri dikkate alınmalıdır. Bu sürelerin toplamı GGTS (gerekli güvenli tahliye

süresi) değerini verir. Şekil 1' de GGTS' yi meydana getiren parametreler gösterilmektedir.



Şekil 1: SGTS ve GGTS kavramları

$$T_{GGTS} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + (\Delta t_{pre} + \Delta t_{trav}) \quad (1)$$

4.2.2. Yanma Ürünü Gazların Etkileri

Yangın sırasında ve sonrasında ortaya çıkan yanma ürünleri, bina kullanıcıları ve yangına müdahale edenler üzerinde ölümcül ve yarı ölümcül etkilere sahip olabilir. Etkilerin şiddeti, yanma ürününün bileşimine, maruziyetin derecesine ve buna maruz kalan kişinin fiziksel durumuna göre değişkenlik gösterir. İnsanlar üzerindeki etkilere ilişkin bilgiler, yanma ürününün fiziksel ve kimyasal karakterizasyonundan, yanma ürününün toksik gücünün tahmin edilmesinden veya insanların kazara yanma ürününün kimyasal ve termal bileşenlerine maruz kalmalarından elde edilebilir [9].

Kişinin toksik gazlara maruziyetini hesaplamanın pratik bir yöntemi, fraksiyonel efektif doz (FED-fractional effective dose) kavramıdır. Fraksiyonel efektif doz kabaca, belirli bir t zamanında alınan dozun yetersizlik veya ölüme neden olacak efektif doza oranı olarak tanımlanabilir.

Fraksiyonel efektif doz kavramı, tahriş edici maddelere ve ısıya da uygulanabilir. Tahriş edici maddeler için fraksiyonel tahriş edici konsantrasyon (FIC – fractional irritating concentration) kavramı geliştirilmiştir. Fraksiyonel tahriş edici konsantrasyon özetle, belirli bir t zamanında kişinin maruz kaldığı tahriş edici konsantrasyonun tahliye veriminin bozulmasına neden olacak tahriş edici konsantrasyona oranı olarak tanımlanır [7].

Mutlak bir eşik olmamakla birlikte, $FED > 0,1$ düzeyinde savunmasız bireylerde bile yetersizlik olası görülmemektedir. Çeşitli standartlarda farklılık göstermekle beraber, $FED > 0,3$ değeri genel olarak maruz kalan nüfusun $< \%1$ 'inin yetersizliğini temsil ettiği kabul edilir ve aşılması gereken eşik değer olarak

değerlendirilir. Bu durumda Tablo 2' deki değerlerin 0,3 ile çarpılması sonucu elde edilen değerler herhangi bir etkiye neden olmayan maksimum doz olarak değerlendirilebilir [5].

Tablo 2: Bazı tahriş edici maddelerin ölümcül maruz kalma dozları[5]

Gaz	Nüfusun yarısı için ölümcül olacağı tahmin edilen maruziyet dozları (ppm x dakika)
HCl	114,000
HBr	114,000
HF	87,000
SO ₂	12,000
NO ₂	1900
CH ₂ CHO (akrolein)	4500
HCHO (formaldehit)	22,500

4.2.3. Ortam Isısı

Üçüncü güvenli tahliye parametresi ortam ısısıdır. Isıya maruziyetin hayati tehlikeye yol açabileceği üç temel yol vardır. Bunlar hipertermi, vücut yüzeyi yanıkları ve solunum sistemi yanıklarıdır.

Yangınlarda ısıya maruz kalmaya bağlı yaşam tehdidinin modellenmesinde kullanım için iki kriteri dikkate almak gerekir:

- Cildin ikinci derece yanma eşiği
- Hiperterminin zihinsel bozulmaya neden olabilecek seviyede olduğu ve bu nedenle hayatta kalmayı tehdit ettiği durumlara maruz kalma [16].

Ortamın ısınması sonucu vücut sıcaklığı da zamanla artış gösterecektir. Normal vücut sıcaklığı kabul edilen 37 °C' nin 39 °C' ye kadar olan artışı normal kabul edilebilir. Zira yoğun spor yapılan bir anda da vücut sıcaklığı bu değerlere ulaşabilmektedir. Ancak bu değer 40 °C'yi aşarsa bilinçte bulanıklaşma başlayabilmektedir. 42,5 °C üzerindeki değerler ise hızlı bir tedavi uygulanmazsa ölümcül olabilmektedir. Ciltte 0,1 mm derinlikte 44,8 °C sıcaklık hissedilmesi durumunda yanıklar oluşmaya başlayacaktır [5].

Cildin radyant ısıya maruziyeti için dayanıklılık sınırı yaklaşık 2,5 kW/m² 'dir. Bu olay ısı akısı seviyesinin altında, dayanıklılığı önemli ölçüde etkilemeden maruz kalma 30 dakika veya daha uzun süre tolere edilebilir [10].

Bu seviye ve üzerindeki radyant ısı, ciltte ağrıya ve ardından birkaç saniye içinde yanmalara neden olur, ancak daha düşük akılar 5 dakikadan fazla tolere edilebilir. İnsanların kaçmak için sıcak bir duman katmanının altından geçmesinin gerektiği durumlarda, limit değer yaklaşık olarak 200 °C kabul edilir [11].

4.2.4. Görünürlük

Genel olarak, üç faktör görünürlük ile yakından ilgilidir: çevresel koşullar, görülecek nesnenin koşulları ve kişinin görme yeteneği [5].

Kişinin görme yeteneği; kişinin yaşı, görme bozukluğu veya görme engeli olup olmamasına göre değişiklik gösterir. Özellikle hastane gibi her görme yeteneğinde insan bulunabilecek binalarda, yönlendirme işaretlerinin mümkün olduğunca görülebilir olması sağlanmalıdır. Bu faktör bina tasarımcıları ve işletmecilerinin kontrol edebileceği bir faktör değildir. Dolayısıyla ancak diğer iki faktör ile desteklenerek güvenlik altına alınması sağlanabilir.

Yangın sonrası duman oluşumu ve buna bağlı olarak görülebilirliğin azalması, binada bulunan kişilerin tahliye esnasındaki yürüme hızlarını dumanın yoğunluğuna ve tahriş ediciliğine bağlı olarak etkiler. Çeşitli standartlarda ve teknik dokümanlarda farklılık göstermekle birlikte, bir yangın durumunda görüş mesafesinin en az 5 ila 10 m olacak şekilde kalması hedeflenir [12].

4.2.5. Isı Yayılım Oranı

Bir yangını nicel olarak tanımlayan temel özelliği ısı salınım oranıdır. Isı yayılım oranı (HRR; heat release rate) performans dayalı tasarımda, tasarımın başlangıç parametrelerinden biridir.

Prensip olarak, efektif yanma ısı teorisi veya test ile belirlenebilir. Uygulamada ise, efektif yanma ısı sabit değilse, deneysel teknikler normalde doğrudan IYO' nun ölçülmesini içerir. Bu bağlamda çeşitli test metotları kullanılmaktadır. Bunlar tam ölçekli test, orta ölçekli test ve tezgâh ölçekli testtir. Gerçeğe en yakın sonuçların elde edilebileceği test tipi ise tam ölçekli testlerdir.

Hastane binaları için, gerek içerisinde bulunan birbirinden farklı kullanım amaçlı alanlar, gerekse de barındırdığı faklı yanıcılık sınıfına sahip malzemeler sebebiyle dünyaca kabul görmüş tek bir ısı yayılım değeri mevcut değildir. Bunun yerine yangının başladığı bölümün yangın yükü (hasta yatak odası, elektrik odası vb.) ya da

yanacak malzemenin (elektrik panosu, hasta yatağı vb.) yangın yükü baz alınarak hesaplamalar yapılmaktadır.

5. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada yangın HAD tabanlı Pyrosim programıyla simüle edilecek, tahliyede ise Pathfinder programı kullanılacaktır. Bu iki programın entegrasyonu hem tahliye süreleri görülebilecek hem de yangın durumunda görünürlük, ortam sıcaklığı, duman ve zehirli gazların etkileri gibi veriler elde edilebilecektir.

Acil durumlarda bina sakinlerinin tepkilerini yönlendiren değişkenler karmaşıktır, ancak her bireyin kendine özgü bir deneyimi olmasına rağmen, bina kullanıcılarından oluşan gruplar düşünüldüğünde, bir dizi ortak durum ve gelişen senaryolar belirlenebilir. Davranış aşamaları için nicel veriler, özellikle uyarı ve kaçışa başlama öncesi süreler, yangın olayları sırasında yangın güvenliği yönetimi ve bina kullanıcısının davranışının gözlemlenmesiyle ve tasarım davranış senaryolarının ana kategorileri için gözlemlenen tahliyelerle elde edilmiştir. Bunlar daha sonra, kaçış ve tahliye sürelerinin tahmini için basit ama sağlam bir yöntem sağlamak için seyahat süresi hesaplamalarıyla birleştirilir [12].

Davranışsal senaryoların her biri için, güvenlik yönetimi stratejilerine ve mevcut uyarı sistemine bağlı olarak alarm ve ön seyahat süreleri için varsayılan süreler türetilebilir; bu değerlendirmede kullanıcı farkındalığı, kullanıcı aşinalığı, kullanıcı yoğunluğu, binanın mimari olarak karmaşıklığı gibi parametreler göz önünde bulundurulmuş ve buna göre tıbbi bakım uygulanan binalar D sınıfı bina olarak değerlendirilmiştir [12].

Binanın yangın algılama ve ihbar sistemi seviyesi, bina karmaşıklık oranı, bina yangın güvenliği tedbirlerinin kalitesi (eğitilmiş personel sayısı, yeterli acil tahliye olanaklarına sahip, uygun otomatik algılama ve ihbar sistemine sahip vb.) gibi etmenlere bağlı olarak bir tahliye öncesi bekleme süresi belirlenmektedir. Bu çalışmada tahliye öncesi bekleme süresi 15 saniye olarak alınmıştır [12].

Modellenecek olan yangının bir hasta yatak odasında başladığı varsayılacaktır. Yangın yükü ile ilgili değerler buna göre belirlenmiştir. Buna göre meydana gelecek olan yangının yangın yükü yoğunluğu 230 MJ/m² olarak alınacaktır. Bir

yatak odasının alanı yaklaşık 10 m² olduğundan yangın yükü yoğunluğu 2300 kW olarak alınacaktır [13].

Yangın büyüme hızı BS PD 7974-1' e göre hızlı olarak seçilmiştir. Bu durumda hız sabiti 0,047 kW/s² olmaktadır. Buna göre, yangının 1055 kW' a ulaşması 150 saniye sürecektir. Yapılan hesaplamayla senaryoya konu yangının pik noktası olan 2300 kW' a ulaşmasının 221 saniye süreceği tespit edilmiştir [16]. Yangın simülasyonu yazılımında yangın büyüme senaryosu bu şekilde girilmiştir.

Simüle edilecek yangında yanan malzeme poliüretan_GM27 olarak seçilmiştir. Bunun sebebi bu malzemenin karbonmonoksit salınımının yüksek olmasıdır [5].

Yapılan bu çalışmada; bulunan yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ile bilgisayar performansı ve optimum sonuca ulaşma isteği göz önünde bulundurularak ağ boyutları 0,25x0,25x0,25 m olarak seçilmiştir. Buna göre kullanılan toplam mesh sayısı 589.760 adet olmuştur.

Bina yağmurlama (sprinkler) tesisatı Orta tehlike 1 sınıfına göre tasarlanacaktır. Kullanılacak sprinkler K faktörü metrik 80, aktivasyon sıcaklığı 68 °C olacaktır. Sprinklerler hızlı tepkili olarak seçilmiştir ve buna göre response time index değerleri 50 olarak girilmiştir. Sprinkler başına atılacak debi 5 L/dk, sprinkler başına tasarım debisi ise 0,5 bar olacaktır [14].

Bina duman egzoz sisteminde kullanılacak fan kapasitesi 18000 m³/h olarak alınmıştır.

Yangın simülasyonunda HAD tabanlı Pyrosim yazılımı, tahliye simülasyonunda ise Pathfinder yazılımı kullanılacaktır. Tahliyeler yazılımdaki SFPE modunda yapılmıştır.

Toplam 4 farklı senaryo irdelenecektir;

Birinci senaryoda hem sprinkler tesisatı hem de duman egzoz sistemi bulunan bir hastane binası yangını modellenecek ve tahliye incelenecektir.

İkinci senaryoda sprinkler tesisatı bulunmayan, ancak duman egzoz sistemi bulunan bir hastane binası yangını modellenecek ve tahliye incelenecektir.

Üçüncü senaryoda sprinkler tesisatı bulunan, ancak duman egzoz sistemi bulunmayan bir hastane binası yangını modellenecek ve tahliye incelenecektir.

Dördüncü senaryoda hem sprinkler tesisatı hem de duman egzoz sistemi bulunmayan bir hastane

binası yangını modellenecek ve tahliye incelenecektir.

Dört senaryo; duman yayılımı, görüş mesafesi, ortam sıcaklığı ile tahliye süresi ve insanların duman ve sıcaklıktan etkilenme oranları açısından karşılaştırılarak sprinkler tesisatı ve duman egzoz sisteminin can güvenliği açısından faydalarının ortaya konulması hedeflenmektedir. Dumanın görüş mesafesi üzerindeki etkisi ve buna bağlı olarak bina kullanıcıların yangın anındaki kaçış hızı verileri kullanılacaktır.

Bina kullanıcılarının tahliye hızı hesaplaması için aşağıdaki formül kullanılacaktır;

$$\text{Faktör}_{\text{hız}} = \min(1, \max(0.2, 1 - 0.324 \times (3 - \text{görüş mesafesi}))) \quad (2)$$

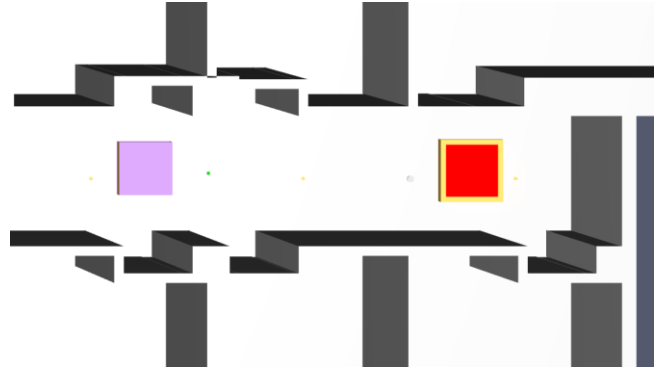
Buna göre bina kullanıcılarının tahliye hızı 1 ila 0,2 m/s arasında değişim göstereceği varsayılmıştır. Bunu belirleyecek faktör ise dumanın sebep olduğu görüş mesafesi azalmasının insanların tahliye hızını azaltacağı kabulüdür [15].

Bu ölçümü yapabilmek için kaçış koridoru toplamda 4 ayrı parçaya bölünmüş, her bölmede zeminden 1,8 m yukarıda olacak şekilde gaz dedektörleri eklenmiştir. Yangın simülasyonunda bu gaz dedektörlerinin elde ettiği görüş mesafesi verileri tahliye simülasyonunda bina kullanıcı kaçış hızı verisi olarak kullanılmak üzere girilmiştir.

Tahliye açısından en avantajsız konumda olan 7 adet bina kullanıcılarının FED analizleri yapılacaktır. Tahliye simülasyonunda binada, 20 adet tekerlekli sandalye ile tahliye olabilen hasta, 12 adet sedye ile tahliye olabilen hasta ve 20 adet hemşire ve hasta bakıcı olmak üzere toplam 52 kullanıcı girilmiştir. Ayaktaki hastalar ve diğer kişiler kendileri tahliye olabilirken; tekerlekli sandalyedeki hastalar bir, sedyedeki hastalar ise iki personelin yardımıyla tahliye olabilmektedir.

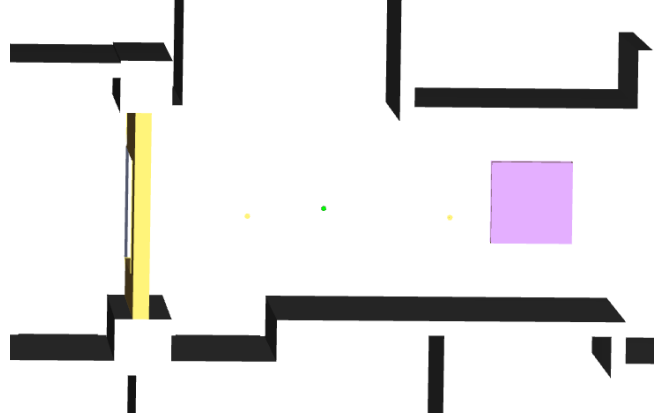
Ayakta tahliye olan bina kullanıcıları için omuz genişliği 45,58 cm olarak alınmıştır. Tekerlekli sandalyeli hasta modelinde en 78 cm, boy 1,32 m yükseklik ise 1m olarak alınmıştır. Asistan ile birlikte toplam boy 1,6 m olmaktadır. Tekerlekli sandalye modelinin kapladığı alan yaklaşık 1 m² olmaktadır. Sedyedeki hastalar için kullanılan sedye eni ve boyu ise sırasıyla 1 m ve 2,15 m olarak alınmıştır. Buna göre sedyenin kapladığı alan 2,15 m² olmaktadır. Sedye iki ucundan

asiste eden hasta bakıcıların omuz genişlikleri de eklendiğinde sedye boyu 2,8 m olmaktadır.



Şekil 2: Yangın başlangıç noktası konumu

Şekil 2’de sarı altlıklı kırmızı alan yangının başlangıç noktasını göstermektedir. Mor renkli bölüm ise duman egzoz sistemi taze hava besleme fanıdır. Küçük sarı noktalar sprinklerleri, yeşil noktalar ise gaz dedektörünü temsil etmektedir. Beyaz dairesel şekil ise duman dedektörüdür.



Şekil 3: Yatay tahliye kapısı ve duman egzoz fanı konumu

Şekil 3 ’te mor alan duman egzoz fanını temsil etmektedir. Solundaki sarı renkli kısım ise yangın dayanımlı yatay tahliye kapısıdır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Tahliye Sürelerinin Kıyaslanması

Acil durum tahliye süreleri binanın kullanım amacı ve bina kullanıcıların profillerine göre farklılıklar göstermektedir. Hastane binası gibi, içerisinde tahliye için desteğe muhtaç veya medikal cihazlara ve medikal gazlara bağımlı kişilerin bulunabileceği yerlerde tahliye sürelerinin çok kısa olması mümkün olmayacaktır. Bu bakımdan yönetmelik ve standartlarda tahliye mesafeleri diğer binalara nazaran daha kısa tutulmuş ve yatayda tahliye gibi alternatifler üretilmiştir.

Tablo 3: Tahliye sürelerinin senaryo bazlı karşılaştırılması

Senaryo no	Tahliye süresi (sn)
1	626
2	628
3	638
4	646

Tablo 3' te özetlenen sonuçlara göre denklem 2 bu noktada uygulanabilir, örnek olarak senaryo 1 değerleri göz önünde bulundurulacak olursa;

Yangının başladığı noktaya en yakın duman dedektörü 18. saniyede algılama yapmıştır. En yakın ikinci duman dedektörün algılama süresi ise 28 saniye olmuştur. İkinci dedektör algılama yaptığı anda bina alarm sistemi devreye girecektir. Burada 15 saniye insanların alarmı duyduktan sonra harekete geçmeden önce bekledikleri süredir. 583 saniye ise son kişi de binayı terk edene kadar geçen süredir.

$T_{GGTS} = 18 + 10 + (15 + 583) = 626$ saniye olmaktadır.

Bu durumda $SGTS > GGTS$ şartının sağlanabilmesi için SGTS en az 627 saniye olmalıdır. Yatay tahliyede, yangın dayanımlı bariyerin diğer tarafına geçildiğinde 2 saat yangın dayanımlı bölmede bulunacağından SGTS süresi 7200 saniye olacaktır.

Görülebileceği üzere bina kullanıcılarının toplam tahliye süresi senaryo bazında majör değişiklikler göstermemiştir. Bu da yatay tahliye imkânının sağladığı bir avantaj olarak değerlendirilebilir.

6.2. Görüş Mesafelerinin Kıyaslanması

Hastane binalarında, kat koridorlarında tavan yükseklikleri genellikle çok fazla olmadığından, olası bir yangında dumanın görüş mesafesine ve dolayısıyla tahliye hızına etkisini minimuma indirmek adına çeşitli sistemler teçhiz edilmesi istenmektedir. Bunlara örnek olarak duman egzoz sistemi ve sprinkler sistemini verebiliriz.

Şekil 4' te tahliye olan bir kullanıcının gözünden 1. senaryodaki belirli bir andaki koridordaki duman yoğunluğu görülmektedir. Bu anda görüş mesafesinin oldukça düşük olduğu açıkça görülebilmektedir.



Şekil 4: Senaryo 1' de 240. saniyede göz hizasında koridordaki duman yoğunluğu

Görüş mesafesi değeri ortamda bulunan yangın dumanı yoğunluğuna göre değişiklik gösterecektir. Görüş mesafesi değerlendirmesi zeminden 1,8 m yükseklikte yapılmıştır.

Tablo 4: Belirli anlarda senaryolardaki görüş mesafeleri(m)

Zaman(sn)	Senaryo			
	1	2	3	4
250	0,97	0,92	0,39	0,39
300	0,26	0,22	0,29	0,26
350	0,25	0,23	0,2	0,18
400	0,19	0,15	0,17	0,16
450	0,2	0,16	0,15	0,14
500	0,15	0,16	0,16	0,15
550	0,77	0,45	0,98	0,74
600	0,89	0,51	0,63	0,62

Tablo 4 her bir senaryoda görüş mesafesinin en düşük olduğu anları ve o anda en düşük görüş mesafesine sahip bina kullanıcılarını göstermektedir. Tüm senaryolarda 240. saniyeden itibaren görüş mesafesi 1 metrenin altına düşmeye başlamaktadır. Bu durumun tahliye açısından zorluk yaratacağı açıktır. Burada sıcak duman tavanda birikip daha sonrasında zemine doğru çökmeye başlayacağından ayaktaki insanlar eğilerek çıkışa doğru ulaşmaya çalışabilecektir. Şekil 5' te 221. saniye sonunda dumanın ne kadar büyük bir alana yayıldığı plan görünüşü olarak görülmektedir.



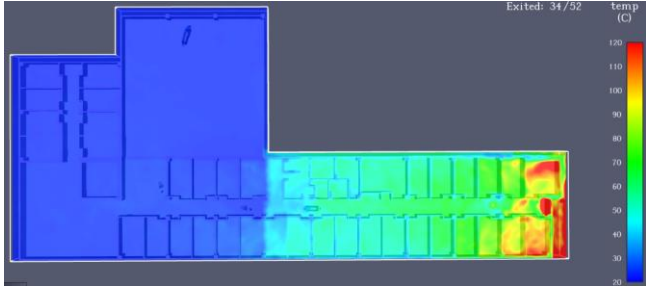
Şekil 5: Senaryo 4' te 221. saniyede koridorda duman yoğunluğu

Hedeflenen değer olan 5 metre görüş mesafesi değerinin altına çok hızlı bir şekilde inilmektedir. Her ne kadar simülasyon sonuçlarında tahliye süreleri uygun görünse de gerçek yangın durumunda duman yoğunluğunun sebep olduğu görüş mesafesi değerlerinin çok daha düşük olması, insanların tahliyesini olumsuz yönde etkileyebilecektir.

6.3. Ortam Sıcaklıklarının Kıyaslanması

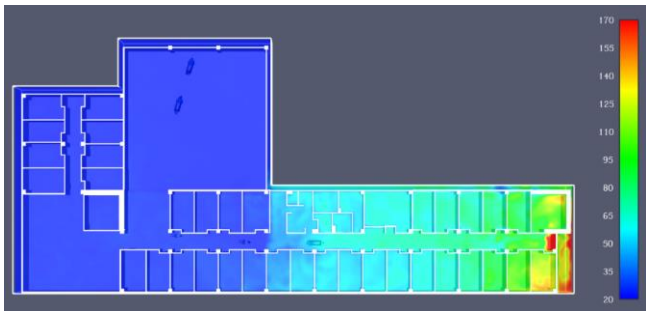
Her bir senaryo için yangının başladığı koridorda sıcaklık seviyeleri ölçülmüştür. İnsanların tahliyesi için kabul edilmiş olan üst eşik değer olan 200 °C hiçbir senaryoda aşılmamıştır. Bu bakımdan tahliyeyi etkileyeceği öngörülen teorik sıcaklık değerinin altında kalmıştır.

Duman egzoz sistemi ve sprinkler tesisatı bulunan ilk senaryoda en yüksek sıcaklık 120 °C olarak ölçülmüştür.



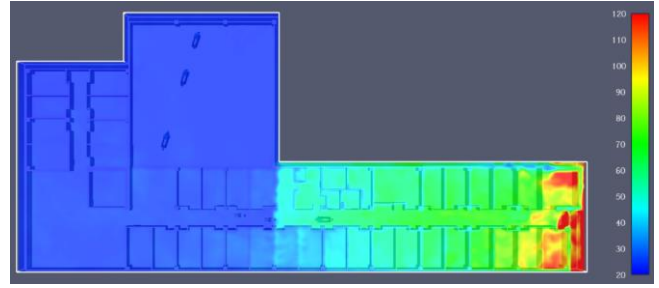
Şekil 6: Senaryo 1' de 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

Duman egzoz sistemi bulunan ve sprinkler tesisatı bulunmayan ikinci senaryoda en yüksek sıcaklık 170 °C olarak ölçülmüştür.



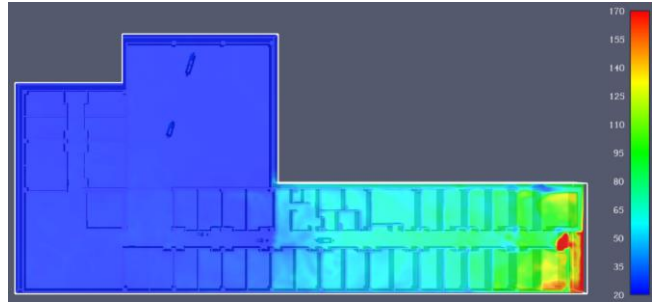
Şekil 7: Senaryo 2' de 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

Duman egzoz sistemi bulunmayan ve sprinkler tesisatı bulunan üçüncü senaryoda en yüksek sıcaklık 120 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 8: Senaryo 3' te 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

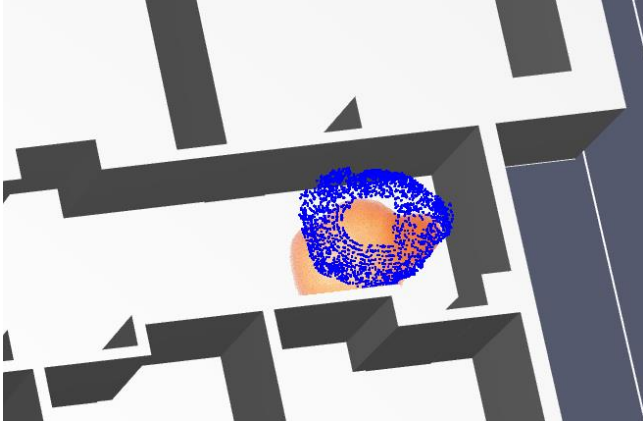
Duman egzoz sistemi ve sprinkler tesisatı bulunmayan dördüncü senaryoda en yüksek sıcaklık 170 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 9: Senaryo 4' te 500. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri

Şekil 6, 7, 8 ve 9' da her bir senaryoda aynı anda (500. saniye) ölçülen sıcaklık değerleri gösterilmektedir. Dört senaryodan alınan verilere bakıldığında, sprinkler tesisatı bulunmayan senaryo 2 ve senaryo 4' te sıcaklık 170 °C olurken; sprinkler tesisatı bulunan senaryo 1 ve senaryo 3' te ise 120 °C olmuştur. Bu durum sprinkler tesisatının ortam sıcaklığı üzerindeki etkisini ve güvenli tahliyeye sıcaklığı belirli bir değerin altında tutarak sağladığı katkıyı ortaya koymaktadır. Duman egzoz sistemi sıcak dumanı dışarı atarak görüş mesafesi için tahliye olan kişilere avantaj sağlamayı hedefler. Ancak egzoz yapılabilmesi için ortama belirli bir oranda taze hava girişi sağlanması gerektiğinden bir anlamda yangını dışarıdan alınan hava ve dolayısıyla oksijen sebebiyle beslemektedir.

Sprinkler tesisatı bulunan iki senaryoda, yangının çıktığı noktaya en yakın olan sprinkler 20. saniyede aktive olmuştur.



Şekil 10: Yangın kaynağına en yakın sprinkler aktivasyonu

Şekil 10’ da yangının başladığı noktaya en yakın konumda bulunan sprinklerin aktivasyonu ve attığı suyun dağılımı görülmektedir. BU noktadaki sprinkler yangına ilk müdahale eden söndürme ekipmanıdır.

Tahliye simülasyonu yazılımından alınan veriler doğrultusunda binadaki kişilerin maruz kaldığı sıcaklık değerleri Tablo 5’ te özetlenmiştir.

Tablo 5: Maruz kalınan sıcaklıkların senaryo bazlı karşılaştırılması

Senaryo no	Kişi no	Zaman(sn)	Sıcaklık (°C)
1	60	451	46,7
2	58	490	52
3	58	419	50,2
4	57	387	57

Tablo 5’ e göre en yüksek sıcaklıklara maruz kalan kişi senaryo 4’ te 57 numaralı bina kullanıcısı olmuştur. Bu kişi hasta bakıcılardan biridir ve pek çok kez yangın mahaline geri dönerek asiste edilmesi gereken hastaların tahliyesini sağlamıştır.

Yukarıdaki değerler 44,8 °C’ nin üzerinde olduğundan 57 nolu bina kullanıcısının vücut yanıklarına maruz kalması kuvvetle muhtemeldir.

6.4. FED Değerlerinin Kıyaslanması

Yangın emisyonları olan duman ve zehirli gazların toksik etkisi her bir senaryo için ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre senaryo bazında elde edilen değerler Tablo 6’ da özetlenmiştir.

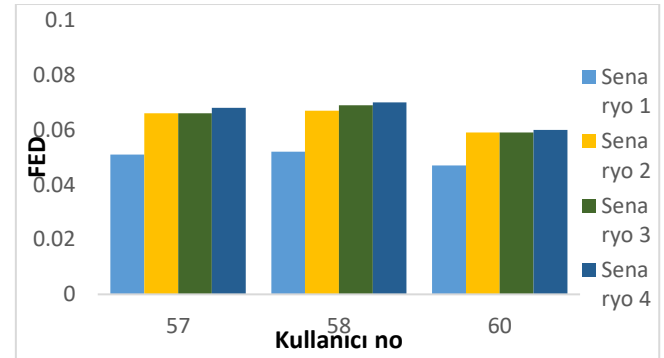
Tablo 6’ daki değerlere bakıldığında en yüksek FED değerinin duman egzoz sistemi ve sprinkler tesisatı bulunmayan senaryo 4’ te tespit edildiği görülmektedir. En düşük değer ise hem sprinkler tesisatı hem de duman egzoz sistemi bulunan senaryo 1’ de elde edilmiştir. Duman egzoz

sistemi bulunan senaryo 1 ve 2 için elde edilen FED değerleri, duman egzoz sistemi bulunmayan senaryo 3 ve 4’ e göre daha düşüktür. Bu da duman egzoz sisteminin yangın emisyonu duman ve toksik gazların etkisinin bina kullanıcıları için azaltılmasında ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değerler daha büyük ve tahliye mesafesi ile süreleri daha uzun bir binada daha da kritik olabilecektir. Sprinkler tesisatının da FED değerinin düşürülmesine etki ettiğinden bahsedilebilir.

Tablo 6: FED değerlerinin senaryo bazlı karşılaştırılması

Kişi no	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
	FED değeri			
57	0,051	0,066	0,066	0,068
58	0,052	0,067	0,069	0,070
60	0,047	0,059	0,059	0,060

Şekil 11’ de senaryoların her birinde ölçülen FED değerleri bir grafik halinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 11: FED analizlerinin senaryolara göre kıyaslanması

FED analizi değeri dumana maruz kalınan süreye göre artış gösterecektir. Bu bağlamda bu çalışmada sürekli hareket halinde olan personeller ve onların tahliye ettiği hastalar dışında unutulmuş veya geç tahliye edilen bir hasta olması durumunda dumana ve zehirli gazlara maruziyet süresi artacağından FED değerleri daha yüksek çıkacak, dolayısıyla toksik gazdan dolayı zehirlenme veya boğucu gaz etkisiyle boğulma ihtimali çok daha yüksek olacaktır.

Yangın emisyonu olan boğucu gazların etkisi program sonucunda veri olarak alınmadığından değerlendirilememiştir. Her ne kadar FED analizi sonuçlarında zehirli gazların insanlar üzerindeki etkisi ihmal edilebilecek düzeyde görünse de boğucu gazların etkisi ve görüş mesafelerinin de düşmesi sonucu bina kullanıcılarının nefes

almada güçlük yaşaması, hatta boğulması ihtimali de oldukça yüksektir.

6.5. Öneriler

Elde edilen sonuçlar ışığında yatay tahliye seçeneğinin; tahliye açısından dezavantajlı olan, yardıma muhtaç kişilerin bulunma ihtimali yüksek olan bir hastane binasında ne kadar avantaj sağladığı, tüm senaryolarda benzer tahliye sürelerinin elde edilmesiyle ortaya çıkmıştır. Ülkemizde güncel yönetmelik ve standartlarda yatay tahliye olanağı bulunmayan bina tipleri için de kullanılabilmesi uygun olacaktır. Bu konu yeni yönetmelik ve standartlar hazırlanırken göz önünde bulundurulmalıdır ve kullanımının yolu açılmalıdır. Bu sayede tahliye mesafeleri ve süreleri bağlamında tasarruf sağlanabilecek ve can güvenliği seviyesi, mevcut durumdan daha yüksek hale getirilebilecektir.

Uygulanan tüm senaryolarda görüş mesafeleri hedeflenen değerin altında kalmıştır. Yoğun dumanın görüş mesafesini azaltmasının bir sonucu da yönlendirme işaretlerinin görülmesinin zorlaşması olacaktır. Zemin seviyesinde ek yönlendirme işaretleri yerleştirilerek bu risk azaltılabilir.

Yangın sırasında ortam sıcaklığının mümkün olduğunca düşük tutulması ve dolayısıyla bina kullanıcılarının bu sıcaklıktan etkilenme oranlarının minimuma indirilebilmesi için sprinkler (yağmurlama) sistemi çok önemli bir görevi yerine getirmektedir. Sprinkler tesisatı mal ve bina güvenliğine katkısının yanı sıra can güvenliğine de büyük katkılar sunmaktadır. Yönetmelik ve standartların zorunlu kıldığı bina tiplerinde yasal zorunluluk olarak sprinkler sistemleri kurulmaktadır. Bunlar dışında kalan bina tipleri için sprinkler tesisatı kurulması, genellikle ilk yatırım maliyeti açısından yatırımcıya yük olarak görülmektedir. Bu düşünce yatırım maliyeti açısından bakıldığında doğru gibi görünse de can güvenliği açısından bakıldığında yanlış olarak değerlendirilebilir.

Duman egzoz sistemlerinin bulunduğu senaryolar ile bulunmadığı senaryolar kıyaslandığında yangın emisyonu olan duman ve zehirli gazların insanlar üzerindeki etkisini önemli oranda azalttığı görülmektedir. Özellikle bu tip, görece daha dar koridorları bulunan ve hacimsel olarak küçük bölümleri bulunan binalarda duman egzoz sistemi etkisi daha da önem arz etmektedir. Bu sistemler kurulurken büyük oranda kuralcı

tasarım kullanılmaktadır ve çoğunlukla gerçekte ihtiyaç olan kapasiteden daha yüksek kapasiteler ortaya çıkmakta, dolayısıyla ilk yatırım maliyeti fazla olmaktadır. Performansa dayalı tasarım ile daha düşük kapasitelerde duman egzoz sistemlerinin yeterli olabileceğinin çeşitli yazılımlar kullanılarak ispatlanması durumunda maliyetler önemli ölçüde azaltılabilecektir.

Bu sistemlerin binada bulunması elbette önemlidir. Ancak belki de daha önemli olan nokta ise bu sistemlerin işletilmesidir. Ülkemizde ne yazık ki yangından korunum sistemlerin periyodik test ve bakımları büyük oranda ihmal edilmektedir. Yangından korunum sistemleri işletme ömürleri boyunca belki hiç çalışmayacak, belki sadece bir kez çalışacaktır. Önemli olan, bu sistemlere ihtiyaç duyacağımız o tek seferde hepsinin çalışmaya hazır ve tasarımına uygun şekilde görev yapabilecek durumda olmasını sağlamaktır. Bunu sağlamanın tek yolu ise periyodik test, denetim ve bakımlarının doğru ve zamanında yapılmasıdır. Yangın pompaları, sprinkler tesisatı, yangın dolabı tesisatı, itfaiye su alma ağız tesisatı ve çevre hidrant tesisatı gibi sistemlerin bakımları için günümüzde en kapsamlı ve detaylı içerikler NFPA 25 bakım formlarında bulunmaktadır. Bu formlar kullanılarak yapılan bakım ve testler sayesinde sistemler her an çalışmaya hazır durumda tutulabilir. Yangın algılama ve ihbar sistemi bakımları için ise TS EN 54 prosedürleri takip edilmelidir.

Performansa dayalı tasarımın kullanılmasıyla kuralcı tasarımın müsaade ettiği kısıtlı tasarımlar ve esnek olmayan seçenekler dışında farklı alternatifler ortaya çıkarılarak, hem can ve mal güvenliği seviyesi artırılıp hem de bina tasarım maliyetleri düşürülebilmektedir. Bina tasarım maliyetlerinin mimari, inşai, mekanik ve elektriksel olarak farklı kategorilerde ele alınması uygun olacaktır. Buna göre yatay tahliye olanağı kullanılarak mimari ve inşai açıdan gerekli olan ekstra çıkış kapısı ve merdiven sayısı azaltılabilmektedir. Mekanik sistemler açısından bakıldığında, kullanılacak sprinkler tesisatı ve duman egzoz sistemi kapasiteleri performansa dayalı tasarım metoduyla düşürülebilmektedir. Elektriksel olarak ise yangın algılama ve ihbar sistemleri tasarımında avantajlar elde edilebilmektedir. Bir bütün olarak bakıldığında performansa dayalı tasarım, tasarımcıya daha özgür düşünebilme ve yaratıcı fikirleri ortaya koyabilme imkânı tanır. Bu da tasarımcıya bir

yandan mesleki tatmin sağlarken, diğer yandan yangından korunum sistemlerinin günbegün olumlu yönde gelişmesi ve yeni teknolojilerin ortaya çıkması hususunda katkı vermektedir.

REFERANSLAR

- [1] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik-(20/11/2021)-31665, 2021.
- [2] NFPA 101: Life Safety Code, 2021 Edition
- [3] NFPA 5000: Building and Construction Safety Code, 2021 Edition
- [4] NFPA 99: Health Care Facilities Code, 2021 Edition.
- [5] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering-5th Edition-Morgan J_2015-2016.
- [6] J.R. Hall, Jr. Directions and Strategies for Research on Human Behavior and Fire, Are We Prepared to Support Decision-Making on the Major Themes, (2004), The Third International Symposium on Human Behavior in fire, London.
- [7] SFPE Guide to Human Behavior in Fire 2nd Edition.
- [8] ISO/TS 29761:2015 Fire safety engineering — Selection of design occupant behavioural scenarios.
- [9] ISO 19706:2011 Guidelines for assessing the fire threat to people.
- [10] ISO 13571:2012 Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires.
- [11] BS 7899-2:1999 Assessment of hazard to life and health from fire - Part 2: Guidance on methods for the quantification of hazards to life and health and estimation of time to incapacitation and death in fires
- [12] BS PD 7974-6:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 6: Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)
- [13] BS EN 1991-1-2:2002 Eurocode 1: Actions on structures Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire.
- [14] TS EN 12845:2015+A1:2019 Sabit yangın söndürme sistemleri - Otomatik sprinkler sistemleri – Tasarım, kurulum ve bakım
- [15] Fridolf, Karl, Walking Speed in Smoke: Representation in Life Safety Verificaitons, Elsevier Journal, 2018.
- [16] BS PD 7974-1:2019 Part 1: Initiation and development of fire within the enclosure of origin (Sub-system 1).