

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MODEL BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNDE YANGIN ANINDAKİ
TAHLİYE OLANAKLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİMÜLASYON
PROGRAMLARI İLE PERFORMANS BAZLI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Koray ULUÇ

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA

Temmuz 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MODEL BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNDE YANGIN ANINDAKİ
TAHLİYE OLANAKLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİMÜLASYON
PROGRAMLARI İLE PERFORMANS BAZLI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Koray ULUÇ

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Bu tez .../.../2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Koray ULUÇ

01.07.2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocalarım Prof. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA, Dr.Öğr.Üyesi Gökhan COŐKUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek Lisans eğitimim boyunca dayanışma içinde bulunduğum, yardımları ile çalışmamı geliştirmeme vesile olan çalışma arkadaşlarım Sayın Furkan KADI ile Kerem İLBAY'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	x
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. YANGINDAN KORUNUM SİSTEMLERİ STRATEJİLERİ, TASARIMDA KULLANILAN YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR.....	3
2.1. Yangından Korunum Stratejileri	3
2.2. Yangından Korunum Sistemleri Tasarımında Yönergesel Tasarım Metodu	7
2.3. Yangından Korunum Sistemleri Tasarımında Performans Bazlı Tasarım Metodu.....	7
2.4. Performans Bazlı Tahliye Simülasyonu ile Yönergesel Bazlı Tasarım Metodunun Mukayese Örneği	11
2.5. Yangından Korunum Sistemleri Tasarımında Kullanılan Standartlar ve Yönetmelik	13
BÖLÜM 3. YANGIN TAHLİYE SİSTEMLERİ TASARIMI KRİTERLERİ.....	17
3.1. Yangın Tahliye Olanakları Bölümleri	17
BÖLÜM 4. DUMAN KONTROL SİSTEMLERİ TASARIMI KRİTERLERİ.....	26
4.1. Duman Tahliye Sistemleri Tipleri.....	26
4.2. Isı Yayılım Oranı (IYO).....	28
4.3. Yaşanabilir Ortam Kriteri	29
4.4. MGTS ve GGTS	32
4.5. Harekete geçme gecikme süresinin tayini	33

BÖLÜM 5. MATERYAL VE METOT	38
5.1. Hesaplama Yöntemi.....	38
5.1.1. Tahliye hızı	40
5.2. Simulasyon Yapılacak AVM Mimarisinin Tanıtımı.....	42
5.3. Yangın Senaryolarının Oluşturulması.....	44
5.4. Simüle Edilecek Yangın Türü ve Özellikleri	45
5.5. Simüle Edilecek Tahliye ve Özellikleri	50
5.6. Simüle Edilecek Duman Tahliye Sistemi ve Özellikleri	50
BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
6.1. Sonuçların Genel Planlar Üzerinden Değerlendirilmesi.....	51
6.2. Sonuçların Denekler Üzerinden Değerlendirilmesi.....	57
6.3. Çalışma Sonuç Değerlendirmesi	61
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AVM	: Alışveriş Merkezi
BSI	: İngiliz Standartları Enstitüsü (British Standards Institution)
BYKHY	: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
CFD	: Bilgisayar Destekli Akışkanlar Dinamiği
CSV	: Virgülle Ayrılmış Bindelik Değerler(Comma Separated Values)
DWG	: Çizim Dosyası Formatı (DraWinG)
EN	: Avrupa Birliği Standartları
EVAC	: Tahliye (Evacuation)
FDS	: Yangın Algılama ve Bastırma (Fire Detection and Suppression)
FED	: Kısmi etkili doz (Fractional effective dose)
GGTS	: Gerekli Güvenli Tahliye Süresi (RSET Required Safe Egress Time)
IYO	: Isı yayılım oranı (Heat release rate)
M	: Metre
MGTS	: Mevcut Güvenli Tahliye Süresi (ASET Available Safe Egress Time)
NFPA	: Ulusal Yangından Korunma Derneği (National Fire Protection Association)
NIST	: Ulusal standart ve teknoloji enstitüsü (National institute of standards and technology)
S	: Saniye
SFPE	: Yangından Korunma Mühendisleri Cemiyeti (The Society of Fire Protection Engineers)
SNİP	: Rusya yapı kodları ve yönetmelikleri
TSE	: Türk Standartlar Enstitüsü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yangın güvenliği ağacı	4
Şekil 2.2. Tutuşmayı önleme ağacı	4
Şekil 2.3. Yangından korunum konsepti ağacı	5
Şekil 2.4. Performans bazlı tasarım aşamaları	11
Şekil 2.5. Simülasyon yapılan bina perspektif görünümü.....	12
Şekil 2.6. Tahliye süresi karşılaştırılan kat planı	13
Şekil 2.7. Tasarım ve kurulum paydaşları.....	14
Şekil 2.8. BYKHY gereği tasarım kaynağı sıralaması.....	15
Şekil 2.9. Yurtdışı standartlar ve test kuruluşları.....	15
Şekil 3.1. Çıkışa ulaşım gösterimi	18
Şekil 3.2. Tek yönde ve çift yönde çıkış güzergahı gösterimi	19
Şekil 3.3. Çıkış	20
Şekil 3.4. Çıkıştan tahliye	22
Şekil 3.5. BYKHY'e göre kat bazında kullanıcı yüküne göre minimum çıkış sayısı	22
Şekil 3.6. Çıkıştan tahliye	23
Şekil 3.7. Çıkışların birbirinden uzak olması gerekliliği	24
Şekil 3.8. Çıkıştan tahliye	24
Şekil 3.9. Sprinklersiz binalarda merdiven çıkışının bina çıkışına mesafesi	25
Şekil 4.1. MGTS ve GGTS [18].....	32
Şekil 4.2. NFPA72 Pozitif alarm sıralaması algoritması	36
Şekil 5.1. AVM dıştan izometrik görünüş	42
Şekil 5.2. AVM yangın tahliye merdivenleri plan yerleşimi	43
Şekil 5.3. AVM giriş kat yangın başlangıç odası.....	43
Şekil 5.4. Birinci kat planı	43
Şekil 5.5. İkinci kat planı	44

Şekil 5.6. Üçüncü kat planı	44
Şekil 5.7. SFPE senaryo olasılık ağacı.....	44
Şekil 5.8. Yangın merkezi olan oda kapıları	48
Şekil 5.9. Mesh yapısı	49
Şekil 6.1. Senaryo2, 100. Saniye duman yayılımı	51
Şekil 6.2. Senaryo2, 400. Saniye duman yayılımı	52
Şekil 6.3. Senaryo2, 650. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir.)	52
Şekil 6.4. S02 senaryosu 675. Saniye görüş mesafesi ve sıcaklık değerleri	53
Şekil 6.5. S03 senaryosu vizibilite (görebilirlik) mesafeleri.....	54
Şekil 6.6. Senaryo3, 100. Saniyede duman yayılımı.....	54
Şekil 6.7. Senaryo3 400. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir)	55
Şekil 6.8. Senaryo3 650. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir)	55
Şekil 6.9. S04 senaryosu vizibilite (görebilirlik) mesafeleri.....	56
Şekil 6.10. Senaryo4 400. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir).....	56
Şekil 6.11. Senaryolar arası FED analizi karşılaştırması	58
Şekil 6.12. Senaryolar arası vizibilite değerleri karşılaştırması	59
Şekil 6.13. Senaryolar arası 5 metre altında geçirilen tahliye süresi karşılaştırması	60

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Bina özellikleri.....	12
Tablo 3.1. BYKHY'e göre Çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları ve birim genişlikleri	18
Tablo 3.2. BYKHY'e göre Kullanıcı yükü katsayısı tablosu	21
Tablo 4.1. Yangında ortaya çıkabilecek emisyon gazlarının ölümcül doz değerleri	30
Tablo 4.2. Kısmi etkili doz seviyesi ile popülasyon etkilenme oranları	31
Tablo 4.3. Kimi irite edici gazların tehlike sınırları.....	31
Tablo 4.4. Kimi zehirli gazların tehlikeli olma sınırı.....	31
Tablo 4.5. SFPE Tablo 3.13.1 Dakika olarak tahmini tahliye başlangıç gecikme süresi	35
Tablo 5.1. İnsan yürüme hızı deneysel sonuçları.....	40
Tablo 5.2. Merdiven için K Katsayısı.	41
Tablo 5.3. SFPE Tablo 38.4 Olasılık tanımlarına göre ilişkili değerler.....	45
Tablo 5.4. SFPE shopping center case study tablo 4	46
Tablo 5.5. BS 7346-4:2003 Tablo 1 Varsayılan tasarım yangını değerleri	47
Tablo 6.1. Senaryo bazında FED analizi sonuç tablosu.....	57
Tablo 6.2. Senaryo bazında deneklerin maruz kaldığı en düşük vizibilite değerleri (Metre).....	58
Tablo 6.3. Denekler için iki senaryoya göre vizibilitenin 5 metre altında olduğu tahliye süresi (Saniye)	60

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tahliye, acil durum, alışveriş merkezi, can güvenliği, duman, yangın, simülasyon, adım hızı, zehirlenme

Alışveriş merkezleri kullanıcı bakımından antropometrik değerleri çok farklı olan hemen hemen toplumda bulunan her tip ve yaşta insanın bulunabileceği mekânlardır. Bu mekânlarda gerçek anlamda bir tahliye tatbikatı yapılması ve deneysel sonuçlar edinilebilmesi geleneksel yöntemler kullanılarak oldukça güçtür ve günümüze kadar bu tip çalışmalar nadir olarak yapılabilmektedir. Yaşanan yangınların incelenmesi ile de bu tip binaların yangında can güvenliği performansının detaylı irdelenebilmesi, mimari olarak yaratıcı fikirler ile inşa edilen bu tip bir birinden oldukça farklı yapılar için uygulanabilir değildir. Günümüzde bu tip binalardaki yangınların sonuçlarının öngörülüp, irdelenebilmesi için bilgisayar destekli programlardan yararlanılabilmektedir. Bu çalışmanın konusu; örnek bir alışveriş merkezi yangınında can güvenliği performansının, bilgisayar destekli programlar yardımı ile farklı yangın senaryoları için tespit edilmesi ve çıkan sonuçların irdelenmesidir. Alışveriş merkezlerinde çıkan yangınlarda misafirlerin daha çok binaya girdikleri güzergâhtan panik halinde çıkmaya çalıştıkları tecrübe edilmiş bir durumdur. Zira kullanıcıların bina tahliye olanakları ile ilgili önceden bilgi alma ihtimalleri olmadığı gibi çok farklı eğitim seviyelerinde ve değişken sosyal statülerde olmaları nedeni ile yangında davranış hakkındaki ortak eğitim seviyesi olabilecek en düşük seviyededir. Ayrıca ülkemizde sıklıkla karşılaşıldığı üzere ekonomik kaygılar nedeni ile AVM güvenlik ve teknik personeli minimum sayıda tutulmakta ve acil durum planlamasında personelin işletmedeki sürekliliğinin de düşük olması nedeni ile yeterli seviyede nitelikli eğitim görememekte, eğitim alanlar kısa sürede değişmekte yeni gelenler tekrar eğitilmemektedir. Bu durum yangında tahliyeyi yönlendirici olarak görev alacak personelin de görevini layığı ile yapamamasına neden olabilmektedir. Yasal mevzuatlar ülkemizde yangın tahliye olanaklarının sadece yönergesel yöntemler ile boyutlandırmasına müsaade etmektedir. Bu yöntem ile tasarlanmış bir binada bina tahliye performansının ölçülmesi bir zaruret değildir. BYKHY (Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmelik) gereği tüm binalarda senede en az bir sefer tahliye tatbikatı yapılmalıdır, AVM binalarında ise yönetmelikte yer almasına karşın uygulanabilir olmadığı için tam tahliye tatbikatı hiçbir zaman yapılmamaktadır. Bu nedenlerden ötürü AVM binaları sıradan ofis, fabrika gibi binalara nazaran yangında tahliye performansı öngörülebilir veya kontrol edilebilir yapılar değildir. Yönergesel olarak tasarlanan bir can güvenliği sisteminin performans bazlı bir ölçüm metodu kullanılarak değişik senaryolar için sınanması ve senaryolar arasındaki performans farklarının incelenebilmesi bu çalışmanın öne süreceği görüşlere dayanak oluşturacaktır. Yapılan çalışma sonucunda bu tip bina yangınlarında duman kontrol sistemi tasarımı bakımından görülebilirlik sınırının FED kriterinden daha konservatif

bir tasarım verisi olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca sprinkler sisteminin kullanımının duman kontrol sistemi kullanımına nazaran daha etkin bir can gvenliği önlemi olduğu grş kuvvetlenmiştir.

PERFORMANCE-BASED EVALUATION OF MEANS OF EGRESS IN A MODEL SHOPPING MALL INCASE OF FIRE WITH COMPUTER AIDED SIMULATION SOFTWARES

SUMMARY

Keywords: Egress, emergency, shopping mall, life safety, smoke, fire, simulation, walking speed, poisoning

Shopping malls are places where people of all types and ages can be found in the society with very different anthropometric values in terms of occupants. It is very difficult to carry out a real evacuation exercise and to obtain experimental results in these places using traditional methods and such studies have rarely been carried out until today. Examining the life safety performance of this type of buildings in detail by examining the fires experienced is not applicable for these types of buildings, which are built with architecturally creative ideas, which may not be very similar to each other. Today, computer aided programs can be used to examine the consequences of fires in such buildings. The subject of this study is to determine the life safety performance in a sample shopping mall fire with the help of computer aided programs for different fire scenarios and to examine the results. It is an experienced situation that shopping malls' fires, guests mostly try to get out of the path they entered the building in a panic. Because the users are not likely to receive prior information about building means of egress and because they have very different education levels and varying social statuses, the common education level on fire behavior is at the lowest possible level. In addition, as it is often encountered in our country as a result of economic concerns, shopping malls' security and technical personnel in numbers are kept to minimum and due to the low continuity of the personnel in the emergency planning, they cannot receive adequate training, the trainees change in a short time, and the newcomers are not retrained. This situation may cause that the personnel who will act as a guide for the evacuation in the fire cannot perform their duties properly. Legal regulations allow sizing fire evacuation possibilities in our country only with prescriptive methods. It is not a necessity to measure the building evacuation performance in a building designed with this method. In accordance with Turkish regulation on fire protection of buildings, evacuation drills must be performed at least once a year in all buildings, whereas full evacuation drills are never carried out in shopping mall buildings as it is not applicable, although it is included in the regulation. For these reasons, shopping mall buildings are not predictable or controllable structures in fire evacuation performance compared to ordinary buildings such as offices and factories. Testing a life safety system designed as a directive for different scenarios by using a performance-based measurement method, and examining the performance differences between scenarios will form the basis for the results that this study will put forward. As a result of the study, it was evaluated that the visibility limit in terms of smoke control system design in this type of building fires is a more conservative design data than the FED criterion. In addition, the thought that the use

of the sprinkler system is a more effective life safety measure than the use of the smoke control system has been strengthened.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

AVM binaları içerisinde bulunan insan özellikleri çok çeşitli olabilmektedir. Kimi zaman hareket engelli yardıma muhtaç insanların olabileceği bu yerleşkelerde her yaşta insan bulunabilmektedir. Yerleşkede bulunan insanların eğitim seviyeleri ve yangın anında verecekleri tepkiler de değişiklik gösterebilmektedir. Yangının çıktığı bölge ve insanlara etkisinin şiddeti neticesinde panik ve izdiham yaşanması mümkün mekânlardır.

Son zamanlarda bu tip binalarda sıklıkla konumlandırılan ebeveynlerin alışveriş yaparken çocuklarını belirli sürelerde teslim ettikleri oyun parkları birçok yardıma muhtaç çocuğun bulunması ve tahliyenin ters yönünde çocuklarına ulaşmak isteyen ebeveynlerin yaratacağı sıkışıklıklar nedeni ile de öngörülmesi zor tahliye engelleri yaratabilecektir.

AVM binaları çocuklukla en üst katlarından yoğun insan bulunduran sinema salonları barındırmaktadır, bu hali ile mağazadan çok birer toplanma amaçlı bina olarak değerlendirilmeleri doğru olacaktır.

AVM binaları genellikle geniş atriumlara sahip mimarileri ile bilinmektedirler, bu halleri ile tahliye yolları alt katta çıkan bir yangın sebebi ile kısıtlı bir zaman içerisinde engelli hale gelebilmekte, kullanıcıların panik duruma geçmesine neden olabilmektedir.

Güncel AVM mimarilerinde sıkça kullanılan atriumlar BYKHY [1] gereği duman kontrol sistemleri ile korunmalıdır, fakat bu tip sistemlerin boyutlandırılabilmesi için yürürlükteki yönetmelikte ve referans standartlarda yangın mühendisliği bakış açısı ile tutarlı olabilecek yönergesel tasarım kriteri bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda

tasarım aşamasında CFD destekli yangın simülasyonları kullanılması gerekmektedir. Bu simülasyonların hesap başlangıç kriterinin içerisinde GGTS, gerekli güvenli tahliye süresi değeridir. Öyle ki gerekli tahliye süresi bulunacak bu süre boyunca yaşanabilir ortam kriterlerinin sağlanabilmesi için olası yangında ne kadar duman atılacağı hesaplanabilecektir. Bu değer sağlanabilmesi ise dizayn aşamasındaki bir AVM de bulunan Atrium bölümü için ancak tahliye performansı bilgisayar simülasyonu ile ölçülmüş ise belirlenebilir. Bu değer çok önemli bir can güvenliği sisteminin tasarım başlangıç kriteri olacağı için gerçek durumu yansıtabilecek şekilde hesaplanabilmesi ve olası olumsuzlukların dikkate alınabilmesi hayati önemdedir. Bu tip sistemlerin tasarlanmasında her zaman olası olumsuzluklar ve beklenmeyen durumlarda göz önünde bulundurularak belirli bir tolerans ile tasarım yapılması gereklidir. MGTS, yani mevcut güvenli tahliye süresi her zaman GGTS üzerinde bir süre olmalıdır.

Mühendislik nosyonu gerekliliği olarak optimum güvenli sistemlerin tasarlanması amaç olduğu için olası koşulların olabildiğince netleştirilebilmesi hem güvenli tasarımların yapılmasına hem de aşırı tasarımlardan kaçınılabilmesine olanak sağlayacaktır.

BÖLÜM 2. YANGINDAN KORUNUM SİSTEMLERİ STRATEJİLERİ, TASARIMDA KULLANILAN YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR

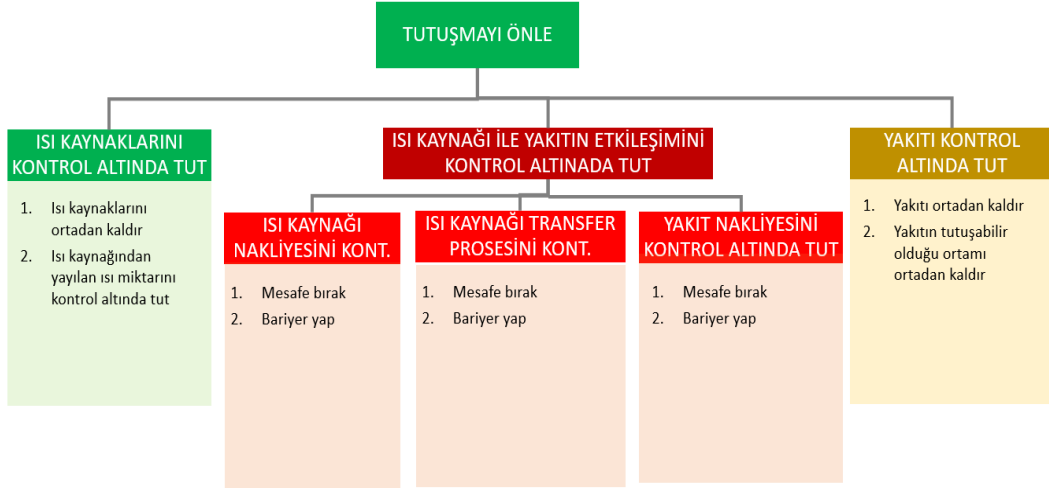
2.1. Yangından Korunum Stratejileri

Yangından korunum temelde iki şekilde sağlanabilir;

Tutuşmanın önlenmesi en etkili ve maliyet avantajlı korunum stratejisidir, bu stratejiyi yalnız başına kullanmak proseslerin ve ortam koşullarının nadir olarak izin verebileceği bir durumdur. Isı kaynakları ile yanıcı malzemeleri tümü ile ayırabilmek ve yangın riskini sıfıra indirmek çoğu zaman mümkün olmamaktadır, bu gibi durumlarda diğer yangından korunum stratejisini geliştirmek gerekmektedir “Yangının etkisini yönet” Bu strateji artık yangının oluştuğunu ve etkilerinin minimum seviyeye indirilmeye çalışıldığı aşamadır. Bu aşamada yangını yönetmek ve maruz kalanları (Yanıcı yükleri, eşyaları, yangının yayılmasına yardımcı olabilecek gaz tesisatı, malzeme deposu vs.) kontrol altına almak yangınla yapılan mücadelede başarı sağlanmasını sağlayacaktır.



Şekil 2.1. Yangın güvenliği ağacı



Şekil 2.2. Tutuşmayı önleme ağacı



Şekil 2.3. Yangından korunum konsepti ağacı (Guide to the fire Safety concept tree NFPA550 [6])

Tezin konusu yangın sonrasını kapsadığı için bu noktada yangını yönetmek ile ilgili stratejiler ön plana çıkarılacaktır;

Yangının etkileri mimari aşamada dikkate alınmalıdır, bu aşamada hem bina yapısal yangın dayanımı göz önünde bulundurulmalı hem de dumanın bina içerisindeki hareketi öngörülebilmelidir.

Zira yangın durumunda yapısal bütünlüğünü, stabilitesini sağlayamayan bir yapı hem tahliye aşamasında hem de yangın sonrası bina içerisinde yapılacak kurtarma, söndürme ve arama çalışmalarında can güvenliğini tehlikeye atacaktır. Binalar tasarlanırken yapısal yangın dayanımları yapıların tiplerine göre ilgili yönetmelik ve standartlarca öngörülmüştür, yüksek katlı binalarda, tahliyenin zor olduğu yatalak hastaların bulunduğu binalarda, kalabalık binalarda daha uzun sürede yangın dayanımı istenmektedir.

Yapısal yangın dayanımı başlığı altında tutuşmanın oluşabileceği yerleşkelerin binanın geri kalanından yangın dayanımlı zarf ile ayrılması da pasif yangından korunum tedbirlerinin başında gelmektedir. Örnek olarak AVM'lerde ana pano odasında yangın çıkması yüksek olasılıktır, bu odanın bağlı bulunduğu tesisat şaftından ve binanın geri kalanından yangın dayanımlı zarf ile ayrılması olası yangında binanın yangının

etkisinden yangın dayanımı süresince etkilenmemesini sağlamakta bu süre içerisinde bina tahliye edilebilmekte ve profesyonel ekipler yangına müdahale edebilmektedirler.

Bilindiği üzere yangınlarda insanlar büyük oranda duman zehirlenmesi nedeni ile ölmektedirler, duman yangın sonucu açığa çıkan birçok zehirli gazdan oluşmaktadır ve bunun insan sağlığı üzerindeki etkileri bilimsel çalışmalar ile ortaya konmuş olup bu tez konusu çalışma için kaynaklar oluşturulmuştur. Tezin ilerleyen bölümlerinde duman etkisi konusunda ve yangının diğer etmenleri üzerine daha detaylı açıklamalar yapılacaktır.

Duman tahliye ve yangına müdahale yolları üzerinden makul süreler için uzak tutulması binayı tahliye eden veya bina içerisinde kurtarma, arama, söndürme çalışması yapan personelin can güvenliği için çok önemlidir. Bina mimari tasarımı aşamasında duman havuzları, duman atım kapakları, duman perdeleri, duman geçirimsiz bölümler tasarlanarak bu hedefe ulaşılabilir.

Yangının aktif sistem ile kontrol altında tutulması da yangına müdahalede kullanılacak diğer pasif korunum sistemlerine göre daha az güvenilir fakat pasif korunumların yetersiz kaldığı noktalarda kullanılması şart, pasif korunumun yeterli olduğu noktalarda ise kullanımı güvenliğini arttırıcı unsurlardır.

Yangında bina içerisinde bulunan kişilerin tahliye edebilmesi için öncelikle yangının en erken evrede algılanması, doğrulanması ve olabildiğince çabuk tüm binayı kapsayacak şekilde ihbar edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada özellikle AVM gibi kalabalık ve farklı insan profillerinin bulunduğu mekânlarda insan sesi ile yapılan anonslar en etkili yangın ihbar sistemleridir.

Yangının algılanması sonrası tahliye süresinin uzun tutulabilmesi yani MGTS süresinin uzun tutulabilmesi etkili bir söndürme sisteminin ve duman kontrol sisteminin mevcudiyeti ile doğru orantılıdır. Her ne kadar otomatik söndürme sistemleri kullanılsa dahi her zaman yeterli kapasitede manuel müdahale olanakları da binada tesis edilmiş olmalıdır, unutulmamalıdır ki insan çoğu zaman en iyi yangın

algılama sistemidir ve eğitimli personel yangına müdahalede özellikle yangının başlangıç aşamasında çok daha etkilidir.

2.2. Yangından Korunum Sistemleri Tasarımında Yönergesel Tasarım Metodu

Ülkemizde kullanılabilir tek tasarım yöntemi bu tasarım yöntemidir, bu yöntemde önceden belirlenmiş ve tarif edilmiş tasarım kurallarına bağlı kalarak bina tasarlanır kural dışı tasarımlar ve daha önceden yapılmamış yerleşkeler tasarlamak ancak uzun süreli standart revizyonları ile hayata geçebilir, bu yöntemde alternatif yangından korunum sistemleri kullanılması mümkün değildir. Bu nedenlerden hayal gücü ve güncel teknoloji ile sınırlı estetik mimari tasarımlara, günün koşullarına göre çok hızlı değişim gösteren endüstriyel bina tasarımlarına yönergesel tasarım metodu kullanılarak her zaman cevap verebilmek mümkün olmamaktadır.

Yönergesel tasarım kriterleri bina özelliklerini önceden konulmuş sınırlar dâhilinde tutmayı amaç edinmiştir, bu kriterler haricinde tasarım yapılmasını engellemektedirler.

Örnek yönergesel tasarım kriterleri;

- Çıkışa ulaşım mesafesi
- Tahliye yolu genişliği
- Yangın merdiveni genişliği
- Alternatif çıkışların birbirinden uzak olması gerekliliği
- Kullanıcı sayısına göre çıkış sayısı
- Yerleşke tipine ve kullanım amacına göre alınması gereken en az seviyedeki tedbirler

2.3. Yangından Korunum Sistemleri Tasarımında Performans Bazlı Tasarım Metodu

Performans bazlı tasarımda tasarlanmak istenen sistem ve maruz kaldığı etmenler bilimsel yöntemler ile hesaplanarak tasarımın amacına uygun olup olmadığı kontrol

edilir, yapılan tasarım uygun değil ise geliştirilerek tekrar sınılanır ve bu süreç uygun tasarıma ulaşana kadar tekrarlanır.

Can güvenliğinin amaç olarak edinildiği tasarımlarda ise performans bazlı tasarımın en basit olarak ifadesi olası yangında ortamdaki Mevcut Güvenli Tahliye Süresi (MGTS) ile Gereken Güvenli Tahliye Süresinin (GGTS) bilimsel yöntemler ile hesaplanarak yerleşkenin yangına karşı güvenli olmasını sağlamaktır.

MGTS > GGTS koşulu yerleşkenin güvenli olduğu durumdur.

Güvenli alan kriterlerine aşağıdaki koşullar örnek verilebilir [11];

Tahliye edenlerin hayatta kalması için performans kriterleri, zeminden 5 ft (1,5 m) yükseklikte aşağıdaki koşullar karşılanır:

- Sıcaklık 65°C değerini geçmez.
- Anlık karbon monoksit konsantrasyonu 10.000 ppm'yi geçmez.
- Kümülatif karbon monoksit konsantrasyonu yüzde 25 karbon monoksit hemoglobin düzeyini geçmez.
- Oksijen konsantrasyonu yüzde 14'te tutulur veya daha büyüktür.

Flashover'ın önlenmesine ilişkin kriterler şunlar olabilir:

- Üst katman sıcaklığı maksimum 600°C
- Kattaki radyan ısı akısı 20 kW/m²'yi geçmez (veya eşik 1,8 Btu/sn/ft² olarak belirtilebilir, bu aşağı yukarı aynıdır).

Performans bazlı tasarım aşamaları aşağıdaki gibidir;

- Proje konusu

Bu bölümde çalışma yapılacak bina mimarisi ve özellikleri tanımlanır (kullanım amacı, yüksekliği, yapı elemanları vs.)

- Maksatın belirlenmesi

Mimari estetiğin sağlanması, duman kontrolünün sağlanarak hasarın minimize edilmesi, bu bölümde yer alabilecek birbirine tezat iki hedefe örnek olarak gösterilebilir.

- Amaçların tanımlanması

Örnek olarak bir atrium alanında dumanın kontrol edilebilmesi için alınacak farklı önlemler gösterilebilir. Dumanın atrium dolmasına müsaade edilerek daha yüksek bir debi ile duman tahliyesi yapılabileceği gibi katlarda hapsederek daha düşük debilerde duman tahliyesi yapılabilir veya yangın yükü atrium alanında sınırlandırılabilir.

- Yangın senaryolarının oluşturulması

Bina karakteristik özellikleri, kullanıcı özellikleri ve olası yangın özellikleri senaryoların oluşturulmasında irdelenmesi ve kullanılması gereken hususlardır.

Atrium yangınından örnek vermek gerekirse bina özelliği olarak atriumun yüksekliği, genişliği, en üst kullanılır alan ile tavan arasındaki mesafe gibi veriler kullanılır, kullanıcı yoğunluğu ve davranış karakteri değerlendirilir, olası yangın yükü, yanıcı malzeme miktarı, tipi, yangın hızı, söndürme sistemleri, emisyon gazları değerlendirilir.

- Deneme tasarımının geliştirilmesi

Tüm proje katılımcıları ile yapılacak değerlendirmeler sonucunda kurulması gereken sistem ve boyutları hakkında çalışma yapılarak analiz edilecek tasarımlar belirlenir.

- Deneme tasarımlarının sınanması

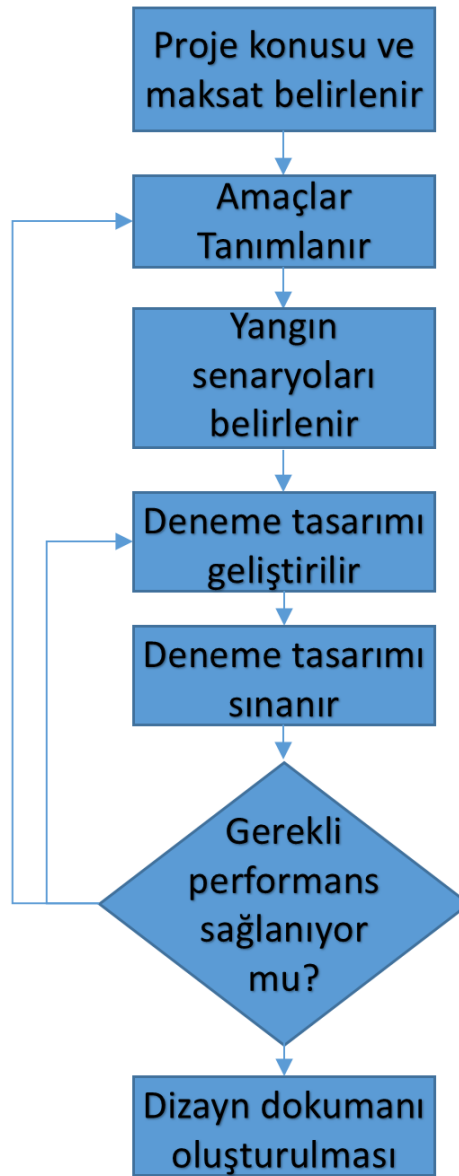
Bu aşamada hem duman hem de tahliye simülasyonları çalışmaları yapılarak çeşitli sistemler için performans analizleri yapılarak sonuçlar çıkarılır.

- Final tasarımın seçilmesi

Yapılan denemeler sonucunda tasarlanacak sistem seçilir. Örnek olarak atriumda çıkan bir yangın için duman kontrolünün cebri veya doğal duman atım sistemleri ile atılması veya atriumun bir duman rezervuarı olarak duman kontrolü yapılmaksızın kullanılması gibi tasarımlar eğer yapılan analizlerde başarılı olmuşlar ise değerlendirilerek seçilirler.

- Dizayn dokümanlarının oluşturulması

Bu aşamada dizayna konu olan alan ve girdi verilerinin belirlenerek tüm katılımcılarca onaylanması sağlanır, bu veriler içerisinde mekânda bulunabilecek maksimum kullanıcı, ortamda bulunabilecek maksimum yanıcı malzeme miktarı, bulundurulma biçimi ve yeri gibi veriler ve analiz sonuçları yer alır.



Şekil 2.4. Performans bazlı tasarım aşamaları [8]

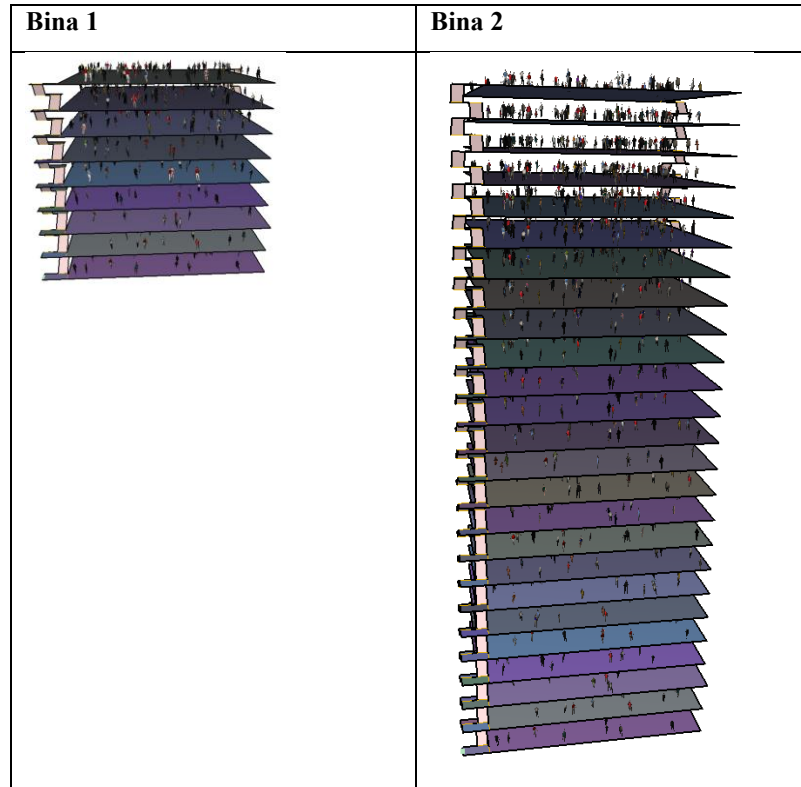
2.4. Performans Bazlı Tahliye Simülasyonu ile Yönergesel Bazlı Tasarım Metodunun Mukayese Örneği

Yönergesel tasarımların önerdikleri genel prensipler kullanılarak modellenen binalarda tahliye simülasyonları kullanıldığında dikkate değer farklılıkların oluşabildiği durumlar gözlemlenebilmektedir.

Bu bölümde aşağıdaki özelliklerde yönergesel tasarım metodu ile tasarlanmış iki binanın tahliye olanakları bakımından farkı performans bazlı tasarım metodu aracı kullanılarak kıyaslanması yapılmıştır.

Tablo 2.1. Bina özellikleri

	Bina 1	Bina 2
Kat Sayısı	9 Normal Kat	25 Normal Kat
Bina Yüksekliği	27 Metre	75 Metre
Merdiven Adedi	2 Adet	2 Adet
Merdiven Genişliği	120 cm	120 cm
Çıkış kapısı Genişlikleri	100 cm	100 cm
Kattaki Toplam Kullanıcı	75 Kişi	75 Kişi
Binadaki Toplam Kullanıcı	675 Kişi	1875 Kişi
Bina Kullanım Amacı	Ofis	Ofis
Kat Alanı	750m ²	750m ²

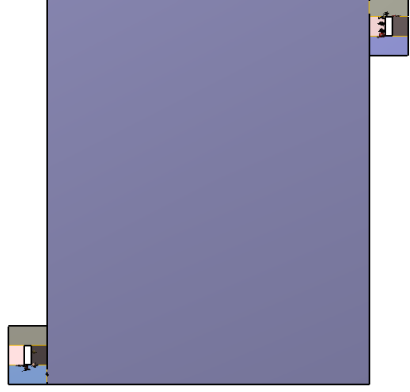
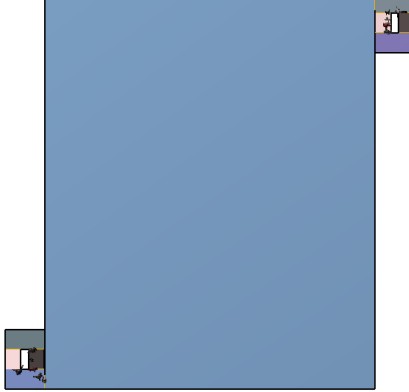


Şekil 2.5. Simülasyon yapılan bina perspektif görünümü

Her iki bina içinde Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmelik gereklilikleri yukarıda belirtilen tahliye olanakları ile sağlanabilmektedir.

Bu binalar için tahliye simülasyonu yapıldığında ve merdivende oluşabilecek sıkışıklığın gözlemlenebileceği en üst katın bir altındaki kat için kattaki kullanıcıların

tahliye süresi ölçüldüğünde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Tahliye hareket modeli olarak SFPE hareket modeli kullanılmıştır.

Bina 1 en üst katın bir altı (21 metre kotu)	Bina 2 en üst katın bir altı (69 metre kotu)
<p>Floor 21,00</p> 	<p>Floor 69,00</p> 
Tahliye başlangıcından 200 saniye sonra kat boşalmıştır.	Tahliye başlangıcından 480 saniye sonra kat boşalmıştır.

Şekil 2.6. Tahliye süresi karşılaştırılan kat planı

Yapılan çalışmada her ikisi de yönergesel tasarım metoduna göre aynı tahliye olanakları gerektiren iki binanın tahliye süresi simülasyonun iki katından daha fazla bir fark oluşturabileceğini göstermiştir.

2.5. Yangından Korunum Sistemleri Tasarımında Kullanılan Standartlar ve Yönetmelik

Yangından korunum sistemlerinin tasarlanmasında kurulumunda ve işletmesinde genel anlamda dört etmen vardır;



Şekil 2.7. Tasarım ve kurulum paydaşları

Yönetmelikler tasarımın hangi standartlara göre yapılacağını tarif eden kanunlar, tüzükler ile belirlenmiş tasarım, işletme, bakım, kurulum, kapsam, sorumluklar gibi konuların bütününe teşkil eder. Yönetmelikler konu ettikleri konularda anayasa, kanun ve tüzüklerin altında standartların üzerindedirler.

Ülkemizde binaların yangından korunması hakkındaki yönetmelik (BYKHY) 2002 senesinden bu yana bulunmakta olup en son revizyonunu 2021 senesinde geçirmiştir.

Standartlar ise bir tasarım yöntemlerini, tasarımın nasıl yapılacağını, tasarım kriterlerini ihtiva eden dokümanlardır. Genellikle yönetmelikler tasarım kriterleri içermeden ilgili sistem tasarımları için ilgili standartları belirtmektedir fakat BYKHY içerisinde Türk standartlarında belirtilen tasarım kriterlerine uyum olmayan tasarım kriterleri de verilmiştir, bu gibi durumlarda yönetmelik standartların üzerinde olduğu için BYKHY gereklilikleri tasarımlarda uygulanmalıdır.

BYKHY öncelikli olarak Türk standartlarının kullanılmasını bu standartlarda yer almayan konularda Avrupa standartlarının kullanılmasını bu standartlarda da yer almayan konularda ise yurt dışı standartların kullanılmasını istemektedir.



Şekil 2.8. BYKHY gereği tasarım kaynağı sıralaması

Yetkili merci, tasarımın kabul edilebilir olduğunun onaylandığı merciidir, ülkemizde bu ruhsat vermeye yetkili belediyeler, organize sanayi bölgeleri kimi durumlarda ise çevre ve şehircilik bakanlığıdır. Bazı özel durumlarda, binalarda yetkili merci kanun ile belirlenmiş farklı kamusal birimlerde olabilmektedir.

Ayrıca iş yeri çalışma ruhsatı alınacağı zamanlarda ilgili belediyenin yönlendirdiği itfaiye denetim birimi de yetkili merci olarak görev alabilmektedir. İtfaiye denetim birimi genellikle işin tamamlanması sonrasında kontrol amaçlı hizmet verebilmektedir.

Kimi durumlarda yetkili merci tek bir birim olmamakta yukarıda da bahsedildiği üzere belediye, itfaiye denetim birimi yanında sigorta firması risk değerlendirme birimi de yetkili merciler içerisinde bulunabilmektedir.

Yapılan tasarımın uygunluğunun bu üç birim onayına tasarım aşamasında sunulması sonradan yaşanabilecek problemlerin önüne geçilebilmesi için kritiktir.

Uygulanan tasarımda kullanılan ekipmanların, sistemlerin istenen performansta çalışabilir olduğunun garantisi ise ancak sertifikasyon ve test kuruluşlarınca verilecek hizmet ve denetim neticesinde mümkün olabilmektedir.

Şekil 2.9. Yurtdışı standartlar ve test kuruluşları

Yurt içinde kullanılan test kuruluğu TSE Türk standartları enstitüsüdür, TSE yangından korunum sistemleri bakımından birçok alanda test ve sertifikalandırma hizmeti verebilmekle beraber eksik kalınan noktalarda öncelikle EN standartları sonrasında yurt dışı standartları sıkça kullanılmaktadır. Maalesef yangından korunum sistemleri bakımından ülkemiz standartları ve yönetmeliği güncel, kapsamlı tasarım kriterleri içermediği için ülkemizde tasarımcılar sıklıkla NFPA, UL, FM, SFPE gibi Amerika birleşik devletleri kökenli standartlar, kodlar ve kaynaklar kullanmaktadırlar.

Yangından korunum ile ilgili standartlar yapılan deneysel çalışmalar ile sürekli olarak geliştirilmektedir. Dolayısı ile bu konuda en çok araştırma, geliştirme yapan ve bu sayede güncel tutulan standartlar sigorta firmalarınca da talep edilen olmaktadır. Global ölçekli sigorta firmaları, franchise veren firmalar (Oteller, Restoranlar vs.), global faaliyet gösteren firmalar merkezi sigorta poliçeleri neticesinde güncel olan ve geliştirilen, zaman içerisinde yaşanan kayıplarda alınan dersler neticesinde hızlı bir şekilde düzeltilen bu standartları tasarım kriteri olarak kabul etmektedirler.

Bu tez çalışmasında da performans bazlı yangın tahliye ve duman kontrol sistemleri hesaplamalarında da ağırlıklı olarak Amerika birleşik devletleri kaynaklı tasarım kriterleri kullanılmıştır.

BÖLÜM 3. YANGIN TAHLİYE SİSTEMLERİ TASARIMI KRİTERLERİ

3.1. Yangın Tahliye Olanakları Bölümleri

Yangın durumunda tahliye olanaklarının sağlanması can güvenliğinin temini bakımından çok önemlidir. Mimari olarak yangından kaçış yolları güvenliği temini yanı sıra yangın tahliye olanaklarının yardımcı elektromekanik tesisatlar sayesinde yangın durumunda kullanılabilir kalması temin edilmelidir.

Yangın tahliye olanakları BYKHY’de kaçış yolları olarak isimlendirilmektedir. Kaçış yolu BYKHY’de “Oda ve diğer müstakil hacimlerden çıkışlar, katlardaki koridor ve benzeri geçişler, kat çıkışları, zemin kata ulaşan merdivenler ve bina son çıkışına giden yollar dâhil olmak üzere binanın herhangi bir noktasından yer seviyesindeki cadde veya sokağa kadar olan ve hiçbir şekilde engellenmemiş bulunan yolun tamamını” olarak tarif edilmiştir.

Yangın tahliye olanakları üç ana temelde değerlendirilir [2];

- Çıkışa ulaşım
- Çıkış
- Çıkıştan tahliye

Çıkışa ulaşım:

Kat bazında güvenli yangın hollerine kadar ulaşımı kapsar ve çıkışa kadar maksimum seyahat mesafesi, tek yönde zorunlu seyahat mesafesi, ölü koridor maksimum uzunluğu, çıkışa ulaşım koridoru yapısal özellikleri, çıkışa ulaşım yolu üzerindeki

kapıların özellikleri, çıkışların birbirinden minimum uzaklığı gibi kriterler üzerinden standartlarda ön görülen limitlerde binalar tasarlanmalıdır.



Şekil 3.1. Çıkışa ulaşım gösterimi

Çıkışa ulaşım mesafeleri yönetmeliklerce veya yönetmeliğin referans ettiği standartlarca yönergesel tasarım metodu kullanılan binalar için verilmiştir.

BYKH yönetmelik Ek 5-B’de tek yönde ve çift yönde seyahat mesafeleri kapı, koridor, son çıkış kapısı birim genişlikleri, çıkmaz koridor uzunlukları yerleşke sınıfına göre belirtilmiştir.

Tezin konusu olan AVM binaları kullanımları karışık olduğu için hem Toplanma amaçlı binalara hem de mağazalar, dükkanlar ve marketlere girmektedir. Bu tip binalarda her iki yerleşkeden en tutucu olanı için tasarım yapılmalıdır. Ayrıca kazan dairesi, jeneratör odası gibi bölgelerde yüksek tehlikeli yerler için gerekliliklerin yerine getirilmesi sağlanmalıdır.

Tablo 3.1. BYKHY’e göre Çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları ve birim genişlikleri [1]

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık (m)		İki yön en çok uzaklık (m)		Birim genişlik için kişi sayısı				Çıkmaz koridor en çok uzaklık(m)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli	Kapı Açıklıklarında Dışarı çıkış kapısı	Diğer kapılar ve koridor kapıları	Kaçış Merdivenlerinde	Rampalar ve Koridorlarda	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli
Yüksek Tehlikeli Yerler	10	20	20	35	50	40	30	50	10	20

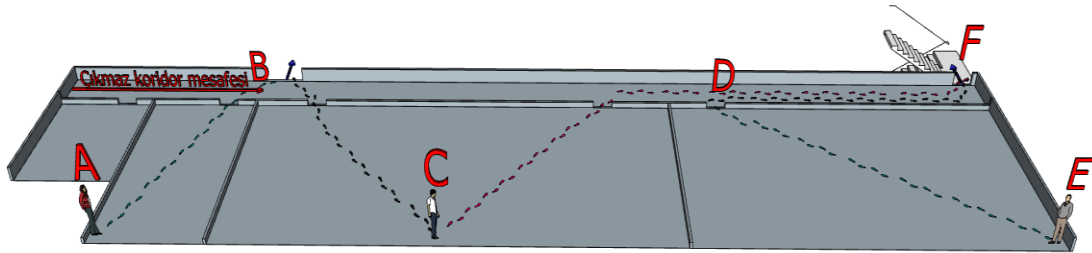
Tablo 3.1. (Devamı)

Endüstri Amaçlı Yapılar ⁽¹⁾	15	25	30	60	100	80	60	100	15	20
Yurtlar, Yatakhaneler	15	30	45	75	50	40	30	50	15	20
Mağazalar, Dükkânlar, Marketler	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Büro Binaları	15	30	45	75	100	80	60	100	15	20
Otoparklar ve Depolar	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Okul ve Eğitim Yapıları	15	30	45	75	100	80	60	100	15	20
Toplanma Amaçlı Binalar	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Hastaneler, Huzurevleri	15	25	30	45	30	30	30	30	15	20
Oteller, Pansiyonlar	15	20	30	45	50	40	30	50	15	20
Apartmanlar	15	30	30	75	50	40	30	50	15	20

(1) Kolay alevlenici malzeme üretimi yapmayan endüstriyel amaçlı yapılarda tek ve iki yönlü uzaklık $\frac{1}{2}$ oranında artırılabilir.

Not: Kaçış mesafeleri için, dış kaçış geçitlerinde yağmurlama sistemli binalardaki, açık otoparklarda ise yağmurlama sistemli otopark kaçış mesafeleri esas alınır.

Tabloda belirtilen tek yönde ve çift yönde seyahat mesafeleri, çıkmaz koridor tabirleri aşağıdaki şekildeki gibi çıkışa ulaşım yolu üzerindeki gibi seyahat güzergâhlarıdır. Bu sınırlamaların amacı binadaki kullanıcıların tehlikeli bölgeyi terk etme sürelerini kısıtlamak, alternatifli çıkış olanaklarının tasarlanmasını sağlamaktır.



Şekil 3.2. Tek yönde ve çift yönde çıkış güzergâhı gösterimi

A noktasından kaçan bir kişinin tek yönde ve çift yönde seyahat mesafesi A-B arası seyahat mesafedir.

C noktasından kaçmaya başlayan bir kişi için tek yönde seyahat mesafesi yoktur, başlangıç noktasında en az 2 çıkış için alternatifi vardır.

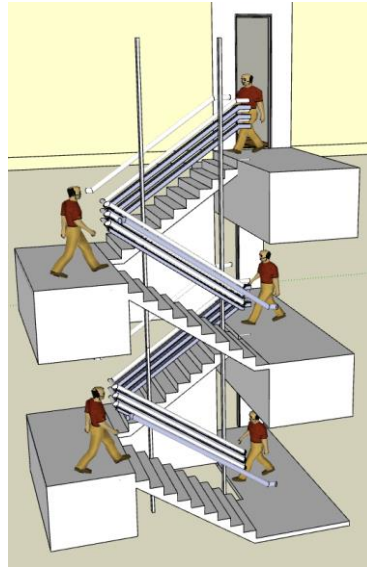
E noktasından kaçıma başlayan bir kişi için tek yönde seyahat mesafesi E-D arası seyahat mesafedir. Bu kişi için D noktasından sonra B ve F noktalarına iki kaçış imkanı vardır.

C noktasından kaçan kişi için çift yönde kaçış mesafesi çıkışa gideceği en kısa mesafe olan C-B arası seyahat mesafedir.

E noktasından kaçan kişi için çift yönde kaçış mesafesi E-F arası seyahat mesafedir.

Çıkış:

Çıkış, çıkıştan tahliye ile çıkışa ulaşım arasındaki bölümdür. Bu bölüm tek katlı bir binada sadece çıkış kapısı iken çok katlı binalarda yangın holü kapısından başlayıp yangın holü, yangın merdiveni kapısı, yangın merdiveni ve tahliye katı çıkış kapısının özelliklerini kapsar.



Şekil 3.3. Çıkış

Çıkışların sayısı ve boyutları aynı çıkışa ulaşım yollarında olduğu gibi kullanıcı yüküne bağlı olarak belirlenir. Kullanıcı yükü hesabında kullanılan BYKHY tablosu ise EK-5/A'dır. Kullanıcı yükü hesabı üzerinden net alana veya bazen brüt alana göre

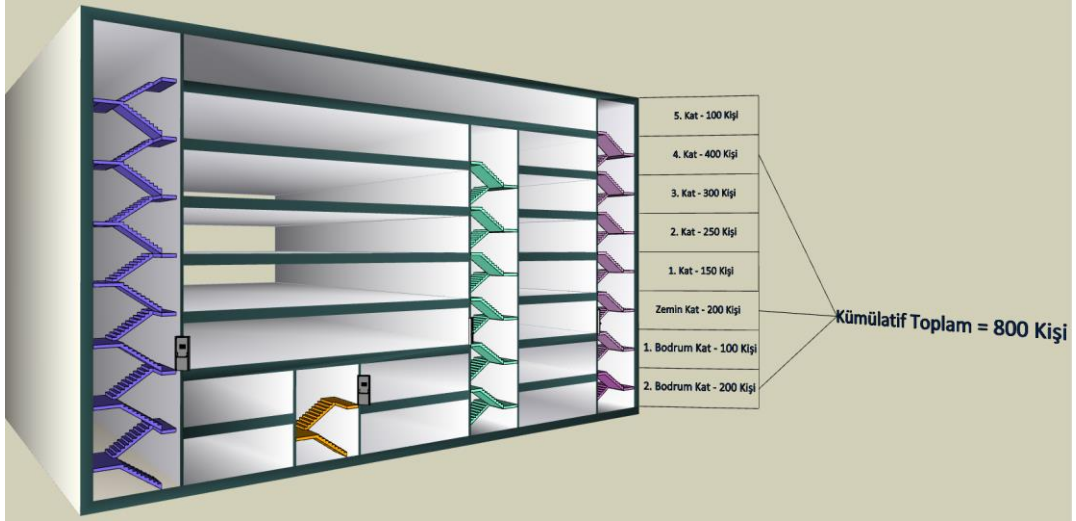
yapılmalıdır. Eğer mimaride tefrişat üzerinden sayılan kişi sayısı ile hesap edilen kullanıcı yükü bu tablo gerekliliklerinden fazla ise fazla olan değere dikkate alınmalıdır.

Tablo 3.2. BYKHY'e göre Kullanıcı yükü katsayısı tablosu [1]

	Kullanım Alanı	m ² /kişi	
1	Konferans salonu, çok amaçlı salonlar (balo vs), lokanta, kantin, bekleme salonları, konser salonları, sinema ve tiyatro salonları, topluma açık stüdyo, düğün salonu vb.	1.5	
2	Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler	Oturulan kısımları için	1.0
		Ayakta durulan kısımları için	0.5
3	Sergi alanları, stüdyolar (film, radyo, televizyon, kayıt)	1.5	
4	Terminallerin yolcu geliş gidiş bekleme salonları	3	
5	Derslikler, bilgisayar odaları, seminer salonları	1.5	
6	Resepsiyon alanları, bekleme alanları, atrium zemini	3	
7	Çok amaçlı spor tesisleri	3	
8	Süpermarketler, mağazalar, dükkânlar	5	
9	Sanat galerileri, müzeler, atölyeler	5	
10	Fitnes merkezleri, aerobik salonları, okuma salonları	5	
11	Ofisler, dernek merkezleri, halk kütüphaneleri	10	
12	Öğrenci yatak odaları	10	
13	Paketleme yerleri, fabrika üretim alanları	10	
14	Hastane yatak odaları, hemşire odaları	20	
15	Mutfaklar, çamaşırhaneler	10	
16	Otel yatak odaları	20	
17	Hastane laboratuvarları, eczaneler	20	
18	Muayenehane, öğrenci laboratuvarları	5	
19	Depolar, ambarlar, makina daireleri	30	
20	Otoparklar	30	
Kullanıcı yükü; gerekli kaçış ve panik hesaplarında kullanılmak üzere 1, 2, 3 ve 4. satırlarda yer alan kullanım alanlarında net alana, diğer satırlarda yer alan kullanım alanları için brüt alana göre hesaplanır. Kişi sayısı belirli olan mahallerde, yukarıdaki değerlere göre hesaplanan değerden az olmamak üzere, belirtilen kişi sayısı esas alınır.			

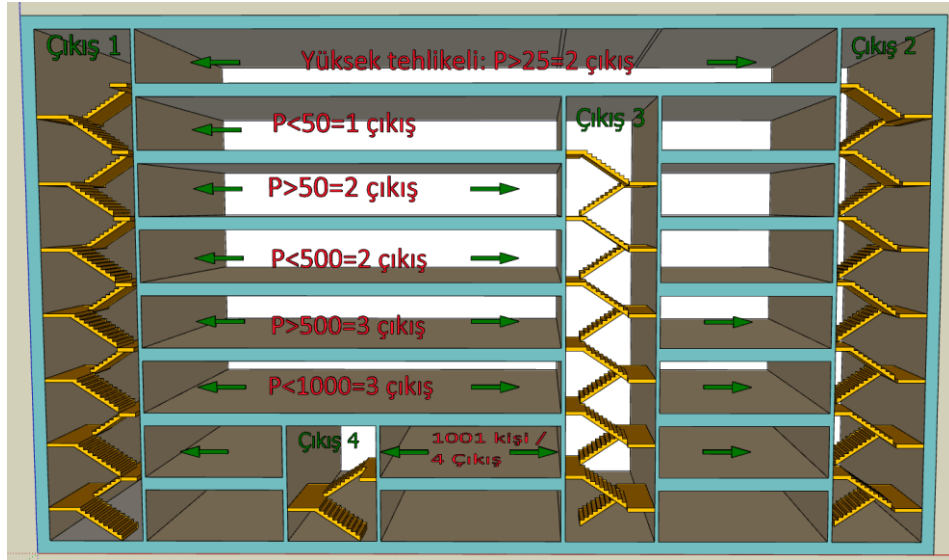
Merdivenlerin boyutlandırılmasında üst katlardan gelen kullanıcı yükleri arasındaki en fazla kişi sayısı olan ile çıkış katında katılan kullanıcı sayısı ve bodrum katlardan gelen en fazla kişi sayısı olan katın kullanıcı sayısı toplanarak bulunur. Bu şekilde yönergesel tasarım standardı en üst kattan tahliye etmeye başlayan birisi ile çıkışın bir üzerindeki kattan tahliye eden kişilerin aynı katta buluşamayacakları gerçeğini hesaplama mantığına oturtmuştur.

Bu mantık doğru olsa da kat bazında aynı kullanıcı yüküne sahip çok yüksek katlı binalar ile yüksek katlı binaların tahliye simülasyonu ile sınılanması durumunda farklı sonuçların oluştuğu görülmüştür.



Şekil 3.4. Çıkıştan tahliye

BYKHY'e ve benzer yönergesel tasarım kriterleri sağlayan dünyadaki standartlarda bir yaklaşım da kullanıcı sayısına göre kat bazında minimum çıkış sayısının belirlenmesidir. Aşağıdaki görsel gösterildiği üzere kattaki kullanıcı sayısına ve yerleşkenin tehlike sınıfına göre gerekli olan çıkış sayıları değişmektedir.

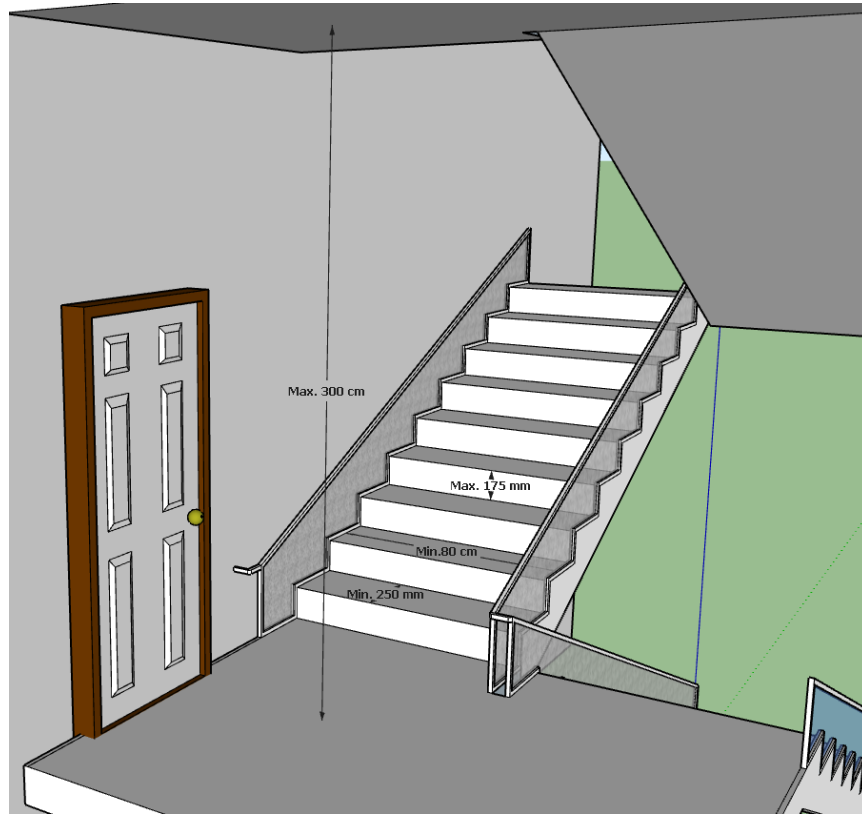


Şekil 3.5. BYKHY'e göre kat bazında kullanıcı yüküne göre minimum çıkış sayısı

BYKHY yönetmelikte bir çıkış elemanı olan yangın tahliye merdivenlerinin boyutsal özellikleri tanımlanmış, merdiven tipi, küpeşte gereklilikleri belirtilmiştir. Tüm bu

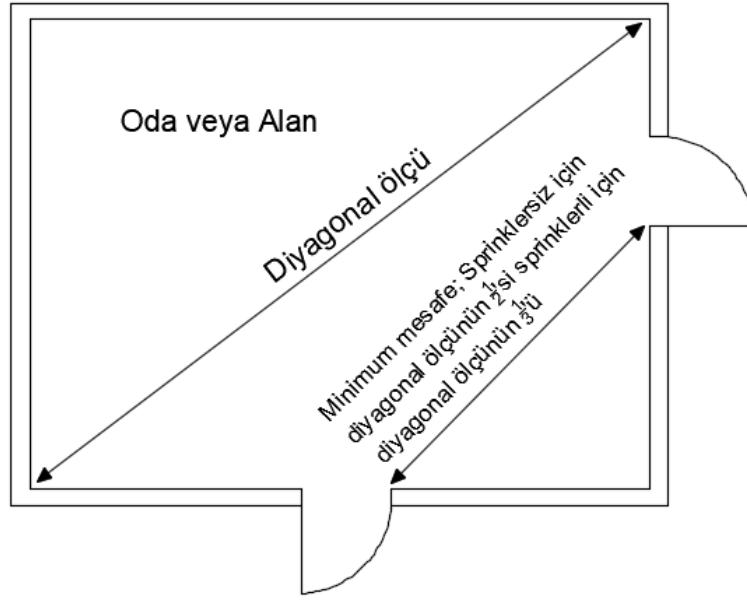
detaylar tahliye sürecinde oluşabilecek sıkışıklık, takılma, yorgunluk ve kazaların önlenmesi kaygısı ile detaylandırılmıştır.

BYKHY'e göre merdiven adım yüksekliği maksimum 175 mm, genişliği minimum 80 cm, adım basma genişliği minimum 25 mm olmalı sahanlıklar arası mesafe de minimum 300cm olmalıdır. Bu ölçüler insanların yorulmadan takılmadan merdivenleri kullanması amaçlanmıştır benzer merdiven özellikleri NFPA101 kodunda daha detaylı olarak talep edilmekle beraber genelde benzerdir.



Şekil 3.6. Çıkıştan tahliye

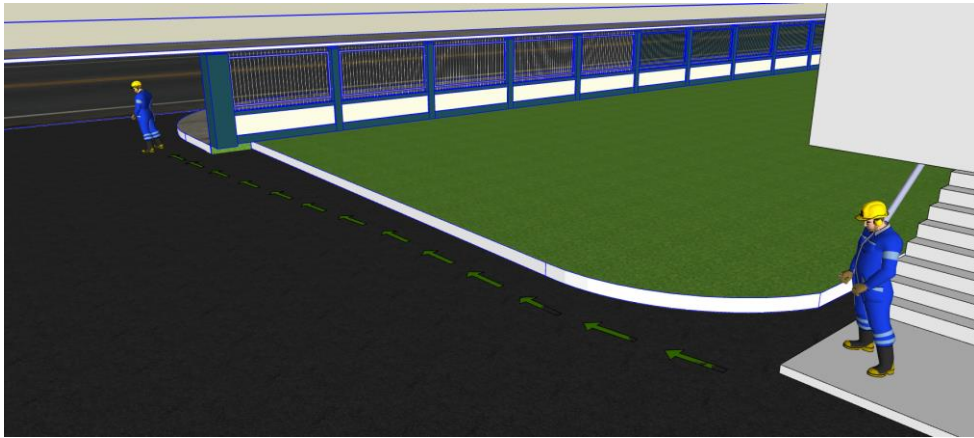
Yönetmelik gereği aynı zamanda binadan çıkışların ve alternatif çıkış olması gereken odalarından çıkışların da birbirinden uzak konumlandırılması gerekmektedir. Bu sayede yangın nerede çıkar ise çıkışın her iki çıkışı da bloke edememesi hedeflenmiştir.



Şekil 3.7. Çıkışların birbirinden uzak olması gerekliliği [2]

Çıkış tahliye:

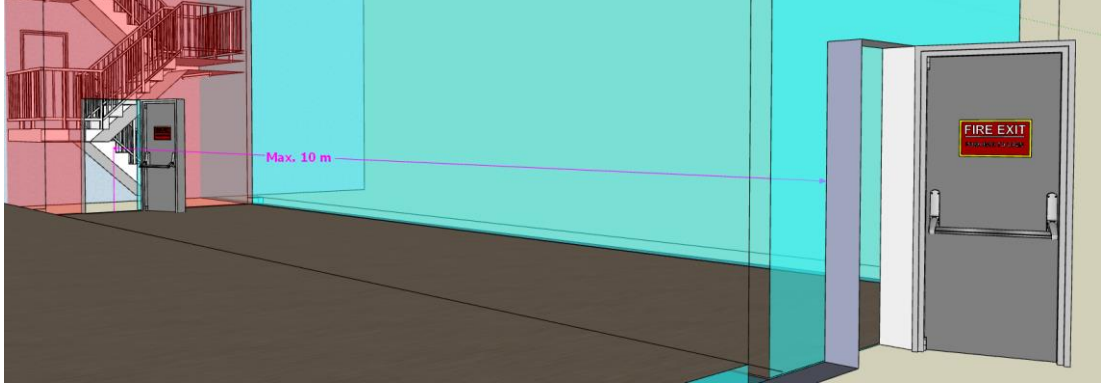
Çıkış tahliye yangın merdiveninden çıktıktan sonra en yakın güvenli halka açık yola çıkana kadarki bölümü ifade eder. Yangın merdiveninden binayı tahliye eden insanların çıkıştan çıktıktan sonra tehlikeye maruz kalmadan ve sıkışmadan güvenli bir yola çıkması gereklidir.



Şekil 3.8. Çıkıştan tahliye

Binalardan çıkışları sağlayan merdivenlerden en az kapasite olarak yarısının direkt olarak dışarıya çıkması BYKHY'de istenmektedir, benzer standartlardaki aynı talebin

amacı tahliye katında çıkan bir yangında en az yarı kapasitedeki alternatifin kullanılabilir kalmasıdır. Bina tahliye katı içerisine açılan merdiven için ise binanın dışına çıkış mesafesi sınırı konulmuştur, bu sınır sprinklerli binalarda en fazla 15 metre iken sprinklersiz binalarda en fazla 10 metredir.



Şekil 3.9. Sprinklersiz binalarda merdiven çıkışının bina çıkışına mesafesi [1]

BÖLÜM 4. DUMAN KONTROL SİSTEMLERİ TASARIMI KRİTERLERİ

4.1. Duman Tahliye Sistemleri Tipleri

Duman tahliye sistemleri cebri veya doğal duman atım sistemleri olabilmektedir. Cebri duman atım sistemleri duman egzoz fanları marifeti ile ortamdaki dumanın çekilmesi ve taze havanın da ortama doğal veya cebri yöntemlerle verilmesi neticesinde çalışırlar.

Duman atım sistemlerinin tasarlanmasında amaç tahliye süresini olabildiğince uzatmakla birlikte yangına müdahale edecek itfaiye personelinin binaya girişini ve yangının merkezini tespit etmesine olanak sağlamaktır.

Mülkün korunmasına yönelik tasarlanan yangından korunum sistemlerinde, yangına manuel müdahalenin geç olacağı ve can güvenliği riskinin düşük olduğu yangınlarda, eğer sprinkler sistemleri var ise, yangına sprinkler sistemi ile müdahale edilmesine olanak tanımak ve duman egzozunu otomatik olarak yapmamak daha uygun bir yangın ile savaşıma stratejisidir.

Zira duman egzoz yapılırken ortama taze hava verilmesi bir zorunluluk olup yanmayı körükleyecek oksijen girişine müsaade edilmiş ve olası yangının oksijene doyurulması ile daha verimli yanmasına neden olunur.

Tabii ki tahliye süresince ortamın yaşanabilir kalması ve manuel müdahalenin gerekli olduğu AVM yangınları gibi koşullarda yangının taze hava beslenmesi ve körüklenmesi durumu güvenli ortamın uzatılması için yangının kontrol edilmesi amacıyla fedakârlık edilmesi gereken bir durumdur.

Doğal duman atım sistemlerinde mekânın mümkünse en üst noktasından atmosfere açık konumlandırılmış duman atım klapeleri marifeti ile dumanın ortamdaki havadan ısı farkını kullanarak klapeleler üzerinden doğal akış ile tahliye edilmesi sağlanarak atılması amaçlanır, Taze hava girişinin bu tip sistemlerde doğal yöntemler ile sağlanması tavsiye edilir, cebri hava besleme sistemleri tasarlanması zorunlu ise dikkatli bir tasarım yapılması gerekir, duman kirlenmiş hava olarak tanımlanmaktadır, doğal duman atım sistemlerinde dumanın olabildiğince çalkalanmadan dolayısı ile daha fazla duman oluşturmadan atılması hedeflenmektedir.

Her iki yöntemde de dumanın atılabilmesi için ortama taze hava girişi olması vazgeçilmez bir gerekliliktir. Taze hava ortama bina cidarından sızıntı ile girebilse de bu oran atılan dumana nazaran çok küçük bir değerdir, bu nedenle NFPA92 gerekliliği olarak en az %95 oranında taze hava beslemesi yapılabilmelidir [6].

BYKHY’de atriumlarda duman atım yöntemi olarak cebri duman kontrol sistemleri zorunlu tutulmamıştır (Madde 24-5) atriumlarda cebri veya doğal duman atım sistemlerinin tasarlanabileceği belirtilmiştir [1].

İlgili madde aşağıdaki gibidir;

“Atriumlu bölümlere, sadece düşük ve orta tehlikeli sınıfları içeren kullanımlara sahip binalarda müsaade edilir. Atrium alanının hiçbir noktada 90 m²’den küçük olmaması esastır. Alanı 90 m²’den küçük olan atrium boşluklarının çevresi her katta en az 45 cm yüksekliğinde duman perdesi ile çevrelenir ve yağmurlama sistemi ile korunan binalarda duman perdesinden 15 ila 30 cm uzaklıkta, aralarındaki mesafe en çok 2 m olacak şekilde yağmurlama başlığı yerleştirilir. Atriumlarda doğal veya mekanik olarak duman kontrolü yapılır.”

Yönetmelikçe doğal duman atıma izin verilmesi ve bu sistemin cebri sistemden daha düşük performanslı olması nedeni ile yapılacak simülasyonda farkın daha iyi anlaşılabilmesi için performansı daha stabil ve iyi olan AVM binası atriumunda cebri duman kontrol sistemi kullanılması kararlaştırılmıştır.

4.2. Isı Yayılım Oranı (IYO)

Duman kontrol sistemlerinin tasarımında ısı yayılım oranı (IYO) karar verilmesi çok önemli olan bir tasarım başlangıç parametresidir. Hali hazırda küçük ölçekte çeşitli malzemelerin ısı yayma oranları laboratuvarlarda ölçülerek eğrileri ile birlikte kayıt altına alınmıştır fakat bir mağazada çıkan yangının birçok farklı yanıcı malzemeyi farklı zamanlarda tutuşturacağı her bir grubun farklı ısı yayılım eğrileri olacağı ve belirli zaman diliminde kümülatif eğrinin nasıl olacağı konusunda parametreleri çokluğu nedeni ile bilimsel dökümü yapılmış bir eğri mevcut değildir. Genellikle alışveriş merkezlerinde yangınlar 5,5 MW gibi değerler üzerinden performans bazlı tasarım için girdi olarak kullanılmakla beraber kimi zamanda 1335 MJ/m² (3,7MW/m²) yangın yükü ısı yayılım oranı olarak kullanılmaktadır. Bu ısı yayılım oranları depolama alanları yüksek olabilecek yapı marketleri veya süper marketler gibi alanlarda yangın çıkması durumunda oldukça yetersiz kalabileceklerdir. BS 7346-4 (Components for smoke and heat control systems- Part 4: Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing steady state design fires —Code of practice) Tablo 1 [9] dikkate alınır ise, mağaza içerisinde çıkan bir yangın için standart tepki süreli sprinkler kullanılması halinde hesaba sokulması gereken ısı yayılım oranı 0,625MW/m²'dir. Yangının yayılım alanı ise 10m² alınmalı yangının çapı 12m alınmalıdır. Yangını toplam 10m² yayıldığı düşünülüğünde hesaba sokulması gereken toplam yangın yükü 6,25MW olarak bulunmaktadır. Bu değerler sabit eğriye sabit yangın kabulünde ve yanıcı malzeme yükü dört metrenin altında olan mekânlar için geçerlidir, yüksek raflı depolama olacak bir yerleşke için malzeme miktarı ve raf düzeni üzerinden IYO öngörüsü yapılmalıdır.

BS 7346-4 Tablo 1 [9]'e göre sprinkler sistemi olmayan bir mağaza için ise bu değer tüm mağaza alanı yangın alanı olarak değerlendirilmeli ve ısı yayılım oranı 12MW/m² olarak alınmalıdır, yangın çapı ise mağazanın kapısı kadar alınmalıdır. Cam vitrini olan bir mağaza için bu vitrin boyu olacaktır. Bu değer büyük mağazalar için olası taban alanı üzerinden kullanılması halinde gerçekçi olmayacak büyük yangın yükleri sonucunu çıkaracağı aşikârdır ve bilimsel olmadığı değerlendirilmektedir. Zira her

yangının oksijen yeterliliği ile sınırlı olduğu bilinmektedir, bu tezde kullanılacak en yüksek yangın yüklü senaryolarda sprinklersiz ortam için oksijen yeterliliği üzerinden maksimum yangın yükü hesaplaması yapılacaktır.

4.3. Yaşanabilir Ortam Kriteri

Yangın atıklarına maruz kalan kişilerde çeşitli etkiler görülebilir;

1. Ölüm: Bu, yangına maruziyeti sırasında veya yangından sonra patolojik veya
2. maruziyetten kaynaklanan patofizyolojik travma.
3. Yetersizlik: Bu, ölümcül olmayan en ciddi etkidir ve kişiyi daha fazla riske açık hale getirebilir. Durumun devam etmesi halinde muhtemelen ölüme yol açar.
4. Daha uzun bir çıkış yolu seçimi gibi düşük çıkış hızı veya davranış değişikliği.
5. Bu, aşağıdaki nedenlerden kaynaklanabilir:
 - Merkezi sinir sistemi depresyonu ile sonuçlanan boğucu toksik maddelere maruz kalmaya bağlı fizyolojik etkiler solunumu etkileyen depresyon, duyuşal/üst solunum ve pulmoner tahriş ediciler ve/veya ısı ve dumanın verdiği kafa karışıklığı etkisi.
 - Kişinin tehlike algısının bir sonucu olarak psikolojik kaçış bozukluğu
6. Uzun süreli fizyolojik etkiler: Bunlar, tek bir olayda bir kişinin deneyimleyebileceği gibi, çok seferde, yangına müdahale edenlerin yaşadığı gibi kronik maruziyetten kaynaklanabilir [17].

Duman kontrol sistemlerinin amacı GGTS süresince yaşanabilir ortam koşullarını sağlayabilmektir ancak bu şekilde binayı tahliye edecek herkesin güven içerisinde tahliyeyi gerçekleştirebileceğinden emin olunabilir.

Yaşanabilir ortam koşulları eskiden ortam sıcaklığı ve dumanın etkisi olarak değerlendirilen tek kriter olan vizibilite (görüş mesafesi) üzerinden değerlendirilmekteydi. Bu kriterlere göre baş mesafesinde konservatif olarak yerden 2 m mesafede 65°C sıcaklık değerinin aşılması ve en az 5-10 m görüş mesafesinin kaçış yolları üzerinde GGTS boyunca sağlanması gerekmektedir.

Optik olarak yoğun duman, çıkış seçimini ve kaçış kararlarını etkiler, yol bulma yeteneği ve yolcuların hareket hızı duman konsantrasyonuna (optik yoğunluk) bağlıdır.

İnsanlı yapılan deneylerde, İnsanların dumanla dolu bir koridorda yürümesi istendiğinde, Jin [13] tahriş edici olmayan duman (Duman gözleri ve üstü solunum yollarını tahriş eder.) içinde yürüme hızının duman yoğunluğu ile azaldığını ve 0,5 OD/m optik yoğunlukta (tükenme katsayısı 1,15) yürüme hızının yaklaşık 1,2 m/s'den (dumansızken ki hız) 0,3 m/s'ye kadar azaldığını göstermiştir. Bu şartlar altında yapılan testte insanlar zifiri karanlıktaymış gibi davranmışlar ve yollarını duvarlar boyunca dokunarak bulmuşlardır [20].

Günümüzde bu değerlendirme kriterlerinin yanına dumanda oluşan zehirli gazların etkisinin değerlendirilmesi de girmiştir. Aynı zamanda FED (Fractional Effective Dose) yani kısmi etkili doz değerleri de izlenmektedir. Çeşitli kaynaklara göre FED Kabul edilebilir sınırları değişiklik göstermektedir.

$$FED_{in}(t) = \int_0^t [(F_{i, co} + F_{i, cn} + F_{i, nox} + FLD)V_{co_2} + F_{o_2}] dt \quad (4.1)$$

$$FLD(t) = \sum_{i=1}^N \frac{X_i(t)}{FLD_i} \quad (4.2)$$

Tablo 4.1. Yangında ortaya çıkabilecek emisyon gazlarının ölümcül doz değerleri [7]

Gaz	FLD (Ölümcül doz) (ppmxdak)
HCl	114 000
HBr	114 000
HF	87 000
SO ₂	12 000
NO ₂	1 900
C ₃ H ₄ O (Akrolein)	4 500
CHOH (Formaldehid)	22 500

Tablo 4.2'de belirtilen etkilenme, insanların normal işleri veya hareketleri yapamamasını tarif etmektedir, genelde güvenlik limiti FED=0,3 alınmakla beraber FED=0,1 limitinin kullanılması daha tutucu bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir [10], [16].

Tablo 4.2. Kısmi etkili doz seviyesi ile popülasyon etkilenme oranları

FED	Tahmin edilen etkilenecek popülasyon oranı
0,0 - 0,3	0 - 11%
0,3 - 1,0	11 - 50%
1,0 - 3,0	50 - 89%

ISO 13571'e göre $FIC > 1$ koşulunda maruz kalan popülasyonun %50 sinde hareket kabiliyetinde kayıp yaşamaktadır [19].

$$FIC = \frac{\text{Kişinin maruz kaldığı tahriş edici konsantrasyon}}{\text{Kaçış kabiliyetinin bozulmasına neden olacak tahriş edici konsantrasyon}} \quad (4.3)$$

Tablo 4.3. Kimi irite edici gazların tehlike sınırları [7]

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

Tablo 4.4. Kimi zehirli gazların tehlikeli olma sınırı [15]

Zehirli Gazlar	Tehlike sınırı (ppm)
Karbonmonoksit	50-100
Formaldehit	2
Formikasit	5
Metil alkol	200
MGKSik asit	10
Hidrojen klorür	5
Hidrojen siyanür	10
Azotoksit (ler)	5
Kükürtdioksit	5
Kükürtlü oksijen	10
Amonyak	25

Yukarıdaki tablolardan anlaşılacağı üzere artık yangının nasıl bir emisyon oluşturduğu da analizlere dahil edilmesi gereken bir veri olmuştur. Zira sadece yangın yükü, ısı ve görüş mesafesi kriterleri üzerinden yapılan analizler ya çok toleranslı ya da kimi zaman hatalı sonuçlar verebilmektedir.

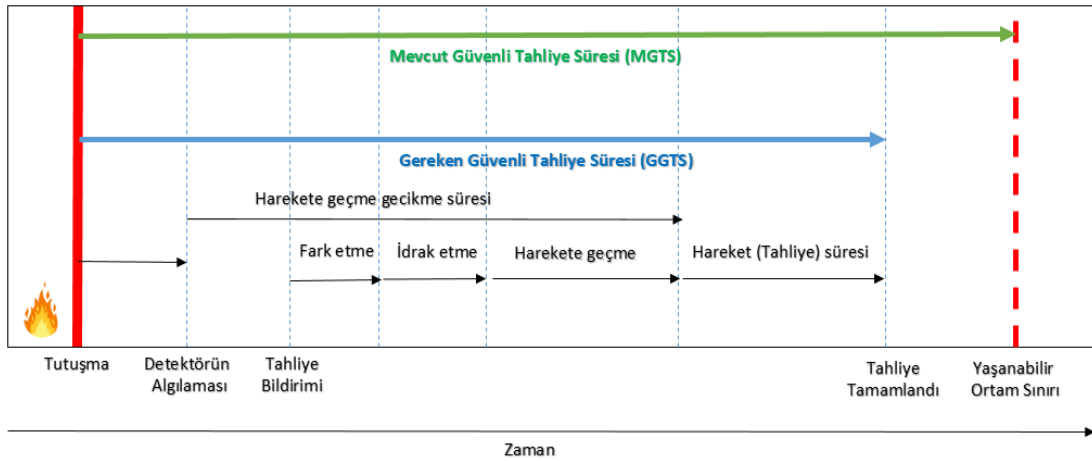
CO ve CO₂ genelde etkili olacağı düşünülen emisyon gazları olmasına rağmen, yanan malzeme ve söndürme ajanına bağlı olarak kimi zaman NO_x (Azot oksit), HCN (Hidrosiyanik asit) etkili emisyon gazları olabilmektedir.

4.4. MGTS ve GGTS

Performans bazlı tasarımda Mevcut güvenli tahliye süresi (MGTS) ve gerekli güvenli tahliye süresinin (GGTS) analizi yapılarak binanın güvenli olup olmayacağına karar verilebilmektedir.

MGTS yangının başlangıcından yangının etkileri nedeni ile ortam koşullarının elverişsiz hale gelmesi neticesinde yerleşkeden tahliye yapacak kişilerin etkisiz, hareketsiz kalacağı tahmin zamana kadar geçecek süreyi tarif etmektedir.

GGTS yangının başlangıcından itibaren tüm kişilerin güvenli bir alana tahliye etmesi için gerekli tüm süreyi ifade etmektedir [14].



Şekil 4.1. MGTS ve GGTS [18]

Gerekli güvenli tahliye süresi hesabı tutuşmadan sonra eğer otomatik bir yangını algılama sistemi mevcut ise dedektörlerin yangını algılama süresinin harekete geçme süresi ile ve tahliye süresi ile toplanması ile bulunmaktadır.

Harekete geçme süresi ise içerisinde fark etme süresi, idrak etme süresi ve harekete geçme sürelerini içermektedir.

Hesabın yapılabilmesi için bu verilerden algılama süresi algılama yapacak dedektörün seçilmesi ve simülasyona girilmesi ile bulunabilmektedir. Dedektör özellikleri ve dedektörün pozisyonu duman simülasyonuna dahil edilebilir. Tabi ki bu veri çeşitli senaryolar için farklı sonuçlar doğursa da hesaplanan değer bütününe bakıldığında alternatifler arasındaki değişim sonuç hesapta büyük sapmalara neden olmayacaktır.

Dedektörün algılama yapması ile tahliyenin bildirilmesi arasında bir süre geçecektir. Bu süre için ilerleyen bölümlerde standartlar üzerinden yaklaşım hesabı yapılmıştır.

Tahliye süresi yapılacak simülasyon sonucu belirlenecek olup sonuçta hesaplanan gereken güvenli tahliye süresi (GGTS) yani binanın tamamen tahliye edilmesi için yangının başlangıcından itibaren geçen sürenin Mevcut güvenli tahliye süresinden (MGTS) az olup olmadığı tahliye süresi sonundaki ortam yaşanabilirlik koşulları ve tahliye eden numunelerinin zehirlenme oranları üzerinden değerlendirilecektir.

4.5. Harekete geçme gecikme süresinin tayini

Harekete geçme süresi anonsun okunması, fark edilmesi idrak edilmesi ve harekete geçme süresinden oluşacaktır.

Fark Etme Süresi: İnsanların yapılan tahliye anonsunu fark edip dinlemeye başladığı zaman aralığıdır.

İdrak Etme Süresi: İnsanların yapılan tahliye anonsunu anlayıp idrak ettiği süredir.

Harekete Geçme Süresi: İnsanların yangın çıktığını anladıktan sonra harekete geçme için karar aldığı süredir, genelde eğitim seviyesi yüksek tatbikatlara katılmış kişilerde bu süre kısa olup, daha önce hiç böyle bir durum ile karşılaşmış veya hatalı ihbarlarla çok karşılaşmış kişilerde bu süre uzun olmaktadır. Bu kişiler harekete geçen birilerinin

varlığı veya yangının fiziki etkilerini (duman, ısı, ses vs.) görmeleri durumunda harekete geçmektedirler. Acil durumun anons ile insan sesi ile verilmesi de harekete geçme süresini siren benzeri sesli uyarı cihazlarına göre kısaltmaktadır.

Kalabalık ortamlarda tercih edilen ve BYKHY Madde 81-7 de belirtildiği üzere [1].

“ Aşağıda belirtilen yerlerde, otomatik olarak yayınlanan ses mesajları ve yangın merkezinden mikrofonla yayınlanan canlı ses mesajları ile binada yaşayanların tahliyesini veya bina içerisinde yer değiştirmelerini sağlayacak şekilde anons sistemleri kurulması mecburidir:

- Binadaki yatak sayısı 200’den fazla olan otel, motel ve yatakhanelerde,
- Yapı inşaat alanı 5000 m²’den büyük olan veya toplam kullanıcı sayısı 1000 kişiyi aşan topluma açık binalarda, alışveriş merkezlerinde, süpermarketlerde, endüstri tesislerinde ve benzeri binalarda”

Örnek yapılan çalışmada binanın Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmeliğe uygun olacağı bu nedenle yangın ihbar sisteminin acil durum anons sistemi olarak kurulacağı düşünülecektir.

Harekete Geçme Gecikme Süresi dedektörlerin yangını tespitinden sonra harekete geçme süresinin başlangıcına kadar geçen süreyi kapsamaktadır. Bu süre yangının çıktığı bölüm ve yangının fiziki özelliklerinin maruz kalanlarca hissedilme seviyesine bağlı olarak değişiklik gösterecektir.

Harekete geçme süresi ise tamamen eğitim durumu, sosyo ekonomik profil ve çevrede bulunanların hareketleri yangının etkilerinin hissedilebilmesi ile birçok değişkene bağlıdır. Yaşanan olaylarda çok farklı harekete geçme süreleri ile karşılaşmıştır. Ülkemizde bu konuda yeterli veri ve araştırma sonucu olmadığı için bu konuda SFPE el kitabı [7] Tablo 3.13.’de de belirtildiği üzere toplam 3 dakikalık bir harekete geçme süresi gecikmesi kayıt edilmiş ses ile sesli anons sistemi kullanılan bir AVM binası için uygun bir yaklaşımdır.

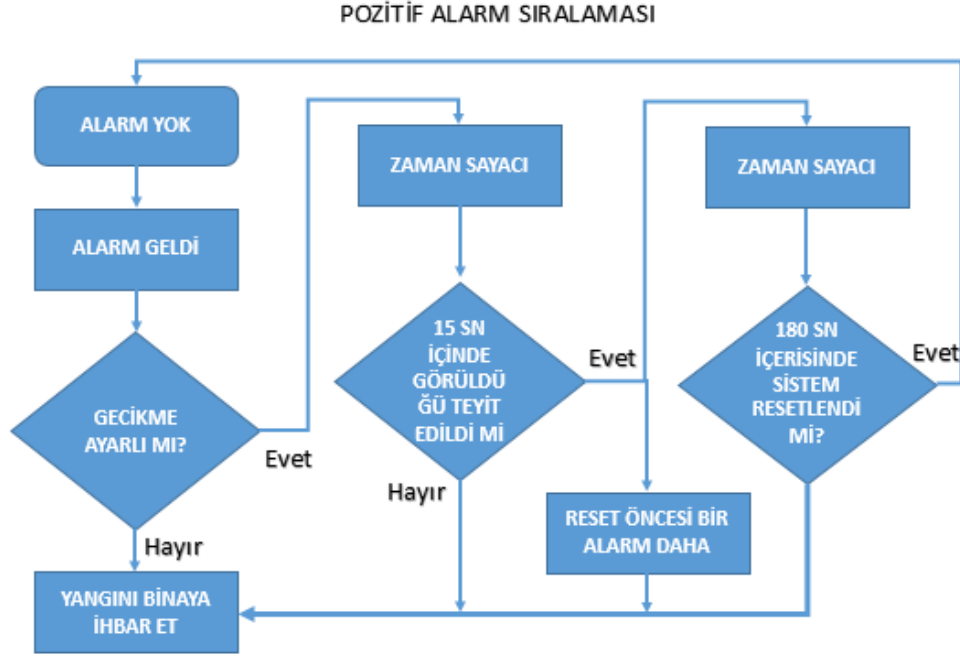
Tablo 4.5. SFPE Tablo 3.13.1 Dakika olarak tahmini tahliye başlangıç gecikme süresi

Yerleşke tipi	W1	W2	W3
Dükkan, mağaza, spor merkezleri, toplanma alanları (İnsanlar uyanık, bulunduğu yere, alarm sistemine, tahliye prosedürüne yabancı)	<2	3	>6
<p>W1: Kapalı devre televizyon sistemi ile canlı sesli komuta sistemi bulunan, üniformalı , iyi eğitilmiş personel tüm insanlar tarafından görülecek ve duyulacak şekilde direktifler verebiliyor ise.</p> <p>W2: Önceden kayıt edilmiş anons sistemi bilgilendirme uyarısı yapıyor ve görsel olarak personel tarafından yönlendirme yapılabilir ise.</p> <p>W3: Uyarı sistemi anons olmayan ve personelin eğitim almadığı durumlarda.</p>			

Çalışma yapılan AVM’de BYKHY gerekliliği olarak tesis edilmiş TS EN 54 standardına uygun vasıfta tüm binayı kapsayacak şekilde otomatik bir yangın algılama ve ihbar sistemi mevcut olduğu varsayıp, pozitif alarm sıralaması metodu ile yangın ihbarı yapılacağı düşünülmüştür.

Dedektörler algıladıktan sonra standartlarca izin verilen en uzun sürede alarmın geciktirilebilmesi pozitif alarm sıralama metodunun kullanılması ile mümkündür. Ülkemizde uygulamalara bakıldığında standartlara bağlı kalmaksızın bu gecikme sürelerinin oldukça uzun olarak bırakıldığını hatta çoğu AVM de yaşanan yanlış alarmlar neticesinde alarm sisteminin yönetmeliğe uygun olmayacak şekilde manuel olarak çalıştırıldığını da görmekteyiz zira bu konuda ilgili yangın algılama ihbar sistemi kurulumu standardında ve yönetmelikte somut veri ve sınırlama bulunmamaktadır [1], [12].

Pozitif alarm sıralaması NFPA72 de ; sistem resetlenmez ise bir alarm ile sonuçlanan otomatik bir sıralama olarak tanılanmaktadır [4].



Şekil 4.2. NFPA72 Pozitif alarm sıralaması algoritması

Yukardaki algoritmaya göre çalışacak sıralamanın tanımını aşağıdaki gibidir;

Alarm teyit Prosedürü, alarmın alınmasından sonra 15 sn içerisinde alarmı gördüm teyidinin güvenlik tarafından yangın ihbar paneline yapılması ile 3 dakikalık araştırma süresi başlayacaktır. Alarmı gördüm teyidi 15 sn içerisinde yapılmaz ise yangın ihbarı sahaya otomatik olarak panel tarafından verilecektir. 3 dakika araştırma süresi içerisinde herhangi bir ikinci dedektör alarm konumuna geçer ise ihbar sahaya otomatik olarak yangın ihbar paneli üzerinden verilecektir. 3 dakika araştırma süresi içerisinde alarm yangın ihbar paneli üzerinden iptal edilmez ise yangın ihbar yangın alarm paneli üzerinden direkt olarak sahaya verilecektir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında en kötü durumda yangının tespit edilmesi sonrasında 15 saniye sonra alarmın görüldüğü ve kontrol süresinin başlatıldığı düşünülerek teyitten sonra 180 saniye kontrol süresince panelin resetlenmediği veya ikinci bir alarmın düşmediği kabul edilir ise ilk alarmdan 195 saniye sonra ihbarın verilebileceği öngörülebilir.

Anons metninin iki dil ile okunması ve fark edilmesinin, ikinci defa dinlenerek idrak edilmesinin de SFPE'ye göre 3 dakika(180 saniye) süreceği kabulü ile tahliyenin parçalı olarak yangının algılanmasından sonra 375 saniye sonra başlayabileceği öngörülebilir [7].

BÖLÜM 5. MATERYAL VE METOT

5.1. Hesaplama Yöntemi

Yangının ve ürünlerinin seçili mimari çerisindeki hareketinin ve durumunun simüle edilmesinde NIST tarafından geliştirilmiş açık kaynaklı Fire dynamic simulator ve smoke view programını taban alan Thunderhead engineers firması ürünü Pyrosim programı kullanılacaktır.

Pyrosim, Fire Dynamics Simulator (FDS) 6.7.4 sürümü için bir grafik kullanıcı arabirimidir. FDS, PyroSim'e yakından entegre edilmiştir. FDS modelleri, yangınlar sırasında duman, sıcaklık, karbon monoksit ve diğer maddeleri tahmin edebilir. Bu simülasyonların sonuçları, inşaat öncesi binaların güvenliğini sağlamak, mevcut binaların güvenlik seçeneklerini değerlendirmek, kaza sonrası inceleme için yangınları yeniden yapılandırmak ve itfaiyeci eğitimine yardımcı olmak için kullanılır.

Fire dynamic simulator, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde (NIST) geliştirilmiş güçlü bir yangın simülatörüdür. Fire dynamic simulator, düşük hızlı, termal olarak yönlendirilen akış için optimize edilmiş hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) kullanarak yangın senaryolarını simüle eder. Bu yaklaşım çok esnektir ve ocaklardan petrol depolama tanklarına kadar değişen yangınlara uygulanabilir. Ayrıca binalarda havalandırma gibi yangın içermeyen durumları da modelleyebilir.

PyroSim arabirimi, anında giriş geri bildirimini sağlar ve Fire dynamic simulator giriş dosyası için doğru formatı sağlar.

PyroSim karmaşık yangın modellerini hızlı ve güvenilir bir şekilde oluşturulmasına yardımcı olması için üretilmiştir.

Tahliye simülasyonu için Thunderhead engineers firması ürünü Pathfinder programı kullanılacaktır.

Pathfinder, ajan (tahliye eden birey) tabanlı bir çıkış ve insan hareketi simülatörüdür. Simülasyon tasarımı ve uygulaması için grafiksel bir kullanıcı arayüzünün yanı sıra sonuç analizi için 2D ve 3D görselleştirme araçları sağlar.

Pyrosim yazılımı, yangın ürünlerinin çözümlenmesini aşağıdaki denklemler ile gerçekleştirir;

Kütlenin Korunumu

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad (5.1)$$

Momentumun Korunumu

$$\rho \left(\frac{\delta u}{\delta t} + (u \cdot \nabla) u \right) + \nabla p = \rho g + f + \nabla \cdot \tau \quad (5.2)$$

Enerjinin Korunumu

$$\frac{\delta(\rho h)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho h u - \frac{Dp}{Dt} = \dot{q}''' - \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot k \nabla T + \nabla \cdot \sum_1 h_1 (\rho D)_1 \nabla Y_1 \quad (5.3)$$

Maddenin Korunumu

$$\frac{\delta(\rho Y_1)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho Y_1 u = (\rho D)_1 \nabla Y_1 + w_i''' \quad (5.4)$$

Pyrosim üzerinden girilen veriler ile Fire dynamic simulator programınca hesaplanan yangın etkileri ve emisyonları sonuç dosyaları Pathfinder ile yapılmış tahliye simülasyonu programına aktararak bütünleştirilecek ve tahliye simülasyonunda seçili denekler üzerinden yangın emisyonlarının etkileri değerlendirilecektir.

5.1.1. Tahliye hızı

Tahliye hızları gerçek hayatta insanların fiziki kondisyonları, cinsiyeti, kıyafeti, eşlik ettikleri kişiler, yaş ve maruz kaldıkları dış etmenlere göre değişiklik göstermektedir, tahliye hızları çıkışa ulaşım yolları üzerinde geniş alanlarda, kapılarda, düz koridorlarda, sıkışık düzende ve rahat yürüme koşullarında da farklılık göstermektedir. Bu konuda SFPE el kitabında [7] belirtilen aşağıdaki deneysel sonuçlar edinilmiştir.

Tablo 5.1. İnsan yürüme hızı deneysel sonuçları [7]

Etkileyen faktörler		Hız (m/s)	Ortalama hız (m/s)
Yürüme çeşidi	Serbest ilerleme		1,2-1,8
	Çıkışa ilerleme		0,8-1,5
Yürüme koşulları ortam yoğunluğuna göre	Düşük	1,4	
	Optimum	0,7	
	Hafif yoğun	0,39	
	Çok yoğun	0,1	
Tahliye olan kişilerin kategorileri	Çocuk	1,08	
	Kadın ihtiyar	1,04	
	Erkek ihtiyar	1,05	
	İhtiyar	1,04	
	Kadın yetişkin	1,24	
	Erkek yetişkin	1,30	
	Yetişkin	1,27	

Tahliye simülasyonda kullanılan Pathfinder programı SFPE modunda tahliye hesapları yaptırılarak kullanılmıştır, SFPE modunda tahliye hızı yoğunluğun bulunan bölgenin ve SFPE temel diyagramına bağlı bir hız eğrisinden çekilen fonksiyondur.

Oda kullanıcı yükü yoğunluğu tahliye yapacak kişilerin hızları üzerinde etkili olduğu için simülasyon programı tarafından hesaplanarak denklemlerde kullanılmaktadır.

Oda kullanıcı yükü yüzey metrekaresinde 0 ile 3,55 birey arasında değişmektedir.

Bu değer üzerinden kapı ve merdiven akışı hesaplanmaktadır.

Geçiş sınırı (GS), kapıların geçiş hızı üzerindeki etkisini belirler.

Bu etki aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$W=2 \times GS \quad (5.5)$$

W= Kapı temiz genişliği

Geçiş sınırı değeri tahliye anında kapılarda oluşan yoğunluğa istinaden tahliye hızlarının ayarlamasını sağlamaktadır.

$$V_b = V_{maks} \times V_f(D) \times V_{ft} \quad (5.6)$$

V_b : Baz alınan hızı temsil etmektedir.

V_{mak} , Tahliye eden kişinin çıkabileceği maksimum hız değeridir.

$V_f(D)$: Ortamın yoğunluğunun hıza bağlı olarak oranıdır.

$$V_f(D) = f(x) = \begin{cases} 1, & D < 0.55 \text{kişi/m}^2 \\ \text{maks}[V_{fmin}, 1/0.85(1 - 0.266d)], & D > 0.55 \text{kişi/m}^2 \end{cases} \quad (5.7)$$

V_{fmin} : Tahliye edecek kişinin minimum hızıdır.

D: Hesap yapılan oda kullanıcı yükü yoğunluğudur.

V_{ft} : Tahliye eden kişilerin merdiven, oda, kapı gibi çıkış elemanları üzerindeki anlık hızıdır.

$$V_{ft} = k / 1.4 \quad (5.8)$$

Eğimli koridorlar ve odalar için $k=1,4$ m/s olarak alınır.

Merdiven basamak yüksekliği ve genişliğine göre k değeri aşağıdaki gibi alınır.

Tablo 5.2. Merdiven için K Katsayısı [7].

Basamak Yüksekliği (mm)	Basamak Genişliği (mm)	k
190	254	1,00
178	279	1,08
165	305	1,16
165	330	1,23

SFPE de kapı geçişlerinde duraklama süreleri hesaplanarak yoğunluğun kapı geçişlerine etkisi simülasyona aktarılmaktadır.

Kapı üzerinden geçişte diğer mekandaki yoğunluk da hesaba dâhil edilmektedir

Her kapı, kullanıcıların geçiş yönüne ve kapıdan sonra ki mahallin türüne göre farklı bir akış gerçekleştirebilmektedir. Bir kapıdan belirli bir yön için akış şu şekilde hesaplanır.

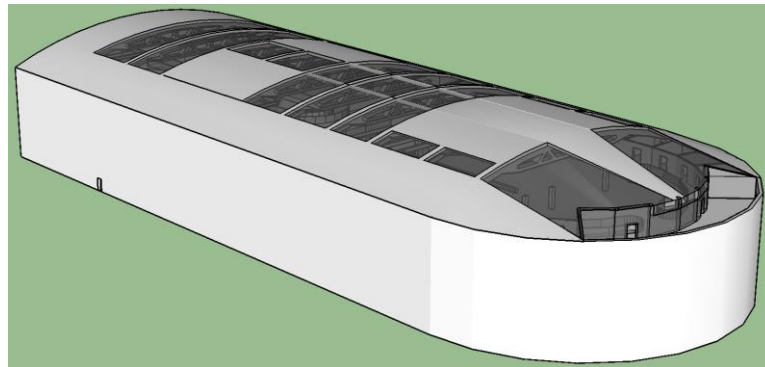
$$F_s = (1 - .266 \times D) \times k \times D \quad (5.9)$$

k: Tahliye hız sabiti, kapıdan önceki mahallin yapısına bağlıdır.

D: Kapının birleştirdiği mekânın en fazla insan yükü yoğunlukları; 1,9-3,0 kişi/m² arasında yapılmaktadır. Bu değerler, simülasyonda düşük ve yüksek yoğunluklarda kapı geçişi hızının ayarlanmasını sağlamaktadır.

5.2. Simulasyon Yapılacak AVM Mimarisinin Tanıtımı

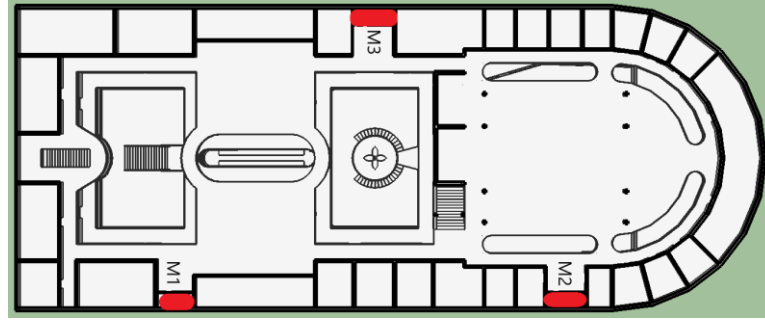
Simülasyon yapılacak AVM örnek binası bir girişi 3 normal kat olmak üzere toplam 4 kattan oluşmaktadır, AVM de tüm katlara hitap eden toplam 3 adet yangın merdiveni ve katlar arası değişken ara dolaşım merdivenleri vardır.



Şekil 5.1. AVM dıştan izometrik görünüş

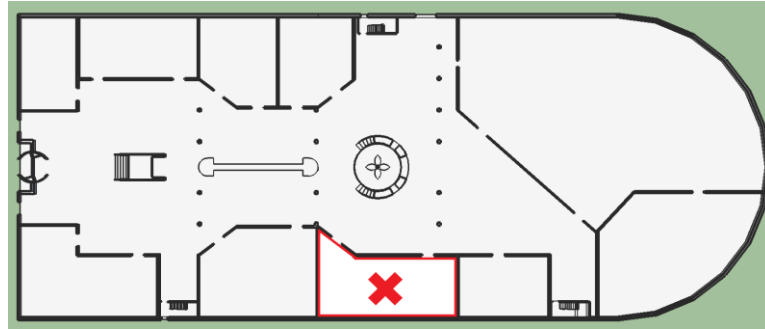
Her kata hitap eden kaçış merdivenleri yerleşimi M1, M2,M3 aşağıdaki gibidir yangın merdiveni yerleşimleri BYKHY gerekliliklerini sağlayacak şekilde yapılmıştır yangın

merdivenlerinin hem BYKHY hem de NFPA5000 de belirtildiği üzere duman sızdırmaz ve yangın dayanımlı olacağı kabul edilecektir, simülasyonda merdiven içerisine giren bina sakinleri yangının emisyonundan ve etkilerinden etkilenmeyeceklerdir [1], [3].

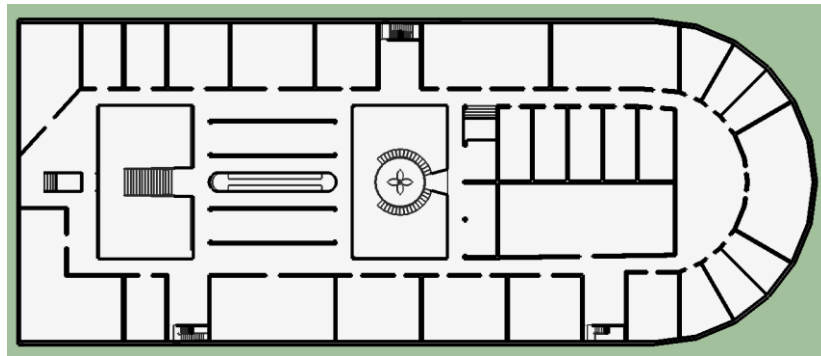


Şekil 5.2. AVM yangın tahliye merdivenleri plan yerleşimi

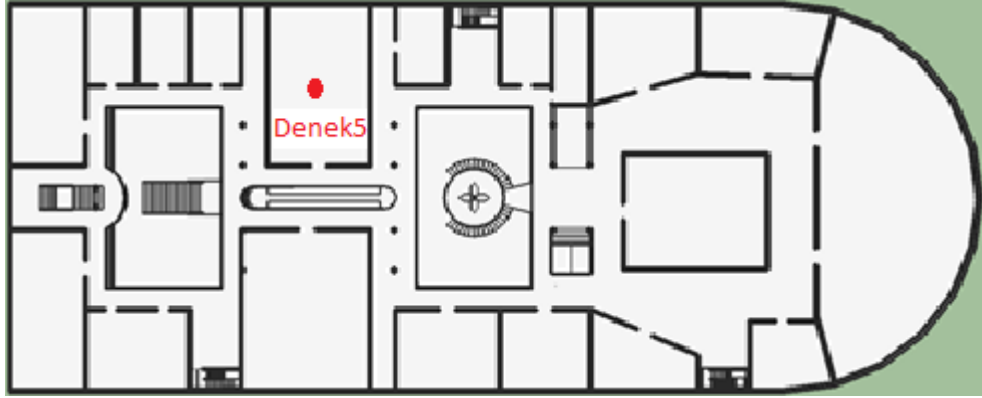
Yangın başlangıç noktası AVM binası giriş katında yer alan aşağıdaki oyuncakçı mağazası olacaktır;



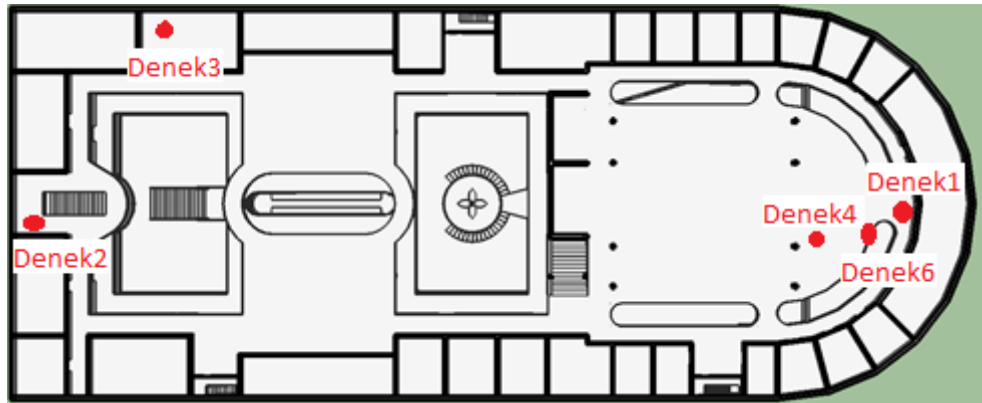
Şekil 5.3. AVM giriş kat yangın başlangıç odası



Şekil 5.4. Birinci kat planı



Şekil 5.5. İkinci kat planı



Şekil 5.6. Üçüncü kat planı

5.3. Yangın Senaryolarının Oluşturulması

Atrium bölgesinde çıkacak yangın ve bu yangın için çeşitli senaryolar ile simülasyon başlangıç kriterlerinin oluşturulmasında SFPE 5. Addition kullanılmıştır [7].

YANGIN LOKASYONU	OTOMATİK SÖNDÜRME	DUMAN EGZOZ SİSTEMİ	SENARYO NO	SENARYO OLASILIK
Atriuma açılan mağaza	Evet (0,7)	Evet (0,7)	S01	0.49
		Hayır (0,3)	S02	0.21
	Hayır (0,3)	Hayır (0,3)	S03	0.09
		Evet (0,7)	S04	0.21

Şekil 5.7. SFPE senaryo olasılık ağacı [7].

Analize göre hem sprinkler sisteminin hem de duman kontrol sisteminin devrede olup başarılı olma olasılığı %49 oranlarındadır bu durumun senaryo numarası S01 dir. S02 senaryosundaki duman egzoz sisteminin başarısız olup sprinkler sisteminin yangını kontrol altına alma olasılığı %21'dir.

En kötü senaryo S03 olup hem sprinkler sistemi hem de duman egzoz sisteminin başarısız olması durumu olup olasılığı %9 dur. İkinci kötümser S04 ve S02 tarafından paylaşılmaktadır. S04 senaryosunda otomatik sprinkler sisteminin başarısız olması ve duman egzoz sisteminin başarılı olması olasılığı S02 ile aynı olup %21 dir.

Aşağıdaki SFPE Tablo 38.4.'de belirtildiği üzere irdelenecek senaryoların olasılığı düşük ile oldukça düşük arasındadır.

Tablo 5.3. SFPE Tablo 38.4 Olasılık tanımlarına göre ilişkili değerler [7]

Niceliksel tanım	İlişkili değer
Çok düşük	0,05
Düşük	0,3
Ortalama	0,5
Yüksek	0,7
Çok yüksek	0,95

Atriumlarda duman kontrol sisteminin sadece CFD çalışması yapılarak tasarlanmasının mümkün olduğu bu tezin önceki bölümlerinde belirtilmiştir, bu nedenle yapılacak analizde duman egzoz sistemi kapasitesi en kötü senaryolar dikkate alınarak S04, S02 ve S03 senaryoları için irdelenecek duman kontrol sisteminin ve sprinkler sisteminin bu tip binalarda can güvenliği bakımından önemi irdelenecektir. S03 Senaryosu SFPE tablosuna göre çok düşük olasılığa yakın bir senaryodur, S02 ve S04 için düşük olasılığa yakın bir senaryo tanımı uygun olacaktır.

5.4. Simüle Edilecek Yangın Türü ve Özellikleri

Olası yangının ve büyüme eğrisinin tespit edilebilmesi için standartlar üzerinden veriler kullanılmalı ve bilimsel kabuller yapılmalıdır.

AVM'lerde sıklıkla zemin katta yer alan oyuncak mağazaların yangınlık bakımından tehlikeli plastik malzemeleri nispeten yüksek depolama şeklinde mağaza içerisinde bulundurabildikleri görülmektedir, bu mağazaların kapıları genellikle açık konumda bulundurulmaktadır, olası yangında oluşacak dumanın bu açık kapı üzerinden yayılarak pencere tipi bir salınım gösterip atrium bölgesini doldurmasının olası riskler bakımından dikkate alınması gereken bir durum olduğu düşünülmektedir.

Oyuncak mağazalarında çıkacak yangının plastik yığın yangını olacağı düşünülmektedir.

SFPE shopping center case study Tablo 4.'de belirtildiği üzere plastik malzemeler için hızlı yangın salınımı öngörüsü yapılmaktadır. Yangın büyüme parametresi ilgili tablodan 0,047 kJ/s³ olarak seçilebilir [7].

Tablo 5.4. SFPE shopping center case study tablo 4 [21]

Katagori	Yangın büyüme oranı	Örnekler	Yangın büyüme parametreleri kJ/s ³
1	Yavaş	Banka holü, limitli yanıcı malzeme	0,0029
2	Orta	Yığın karton kutular, tahta paletler	0,012
3	Hızlı	Balya termoplastik cips, yığma plastik ürünler, yığma kıyafetler	0,047
4	Ultra hızlı	Yanıcı parlayıcı sıvı, şişirilmiş plastik, sünger	0,188

Yapılacak çalışmalar sonucunda kıyaslama yöntemi kullanılacağı için yangının pik noktaya çıkma hızının her simülasyonda yüksek hızlı olması nedeni ile yangın gelişim süreci göz ardı edilerek pik yükte yangın simüle edilecektir.

Yanma ve emisyonları yangının oyuncak mağazasında çokça bulunabilecek plastik malzemeler nedeni ile, Pyrosim programında SFPE Handbook'da tanımlanmış olan polyurathane_GM27(Active) reaksiyonu ile tanımlanmıştır [7]. Bu reaksiyonda yakıt tipi basit kimyasal model ile tanımlanmıştır. Yanan malzeme molekülünün sadece C (Karbon), H (Hidrojen), O (oksijen) ve N (Azot) atomları barındırdığı varsayılmıştır atomların oranları C=1, H=1,7, O=0,3, N=0,08 şeklindedir.

Yangının emisyonunda CO verimi: 0.042, Kurum verimi: 0, 198 Hidrojen fraksiyonu 0,1 olarak alınmıştır. Radyant ısı fraksiyonu 0,35 alınmıştır.

Yangının pik durumdaki enerjisi için sprinkler sisteminin çalıştığı ve çalışmadığı senaryolarına göre değişecektir BS 7346-4:2003 Tablo 1’de yer alan veriler ışığında [5] RTI (Response time index) değeri 80 ms^{1/2} ‘e eşit veya üzerinde olan sprinkler (Standart tepkili sprinkler) kullanılacağı düşünülmüştür. Bu durumda yangın alanı 10m² olacaktır ve toplam yangın yükü 6250kW (6,25MW) olacaktır.

Tablo 5.5. BS 7346-4:2003 Tablo 1 Varsayılan tasarım yangını değerleri [23]

Yerleşke	Yangın alanı m ²	Yangın çapı m	Isı yayılım oranı kW/m ²
Perakende satış alanları;			
Standart tepkili sprinklerler	10	12	625
Hızlı tepkili sprinklerler	5	9	625
Sprinklersiz	Tüm oda	Oda açıklığı genişliği	1200

Aynı standartta belirtilen sprinkler sisteminin çalışmaması için yangın alanı tüm mağaza olacaktır kabulü aşırı tasarım olarak değerlendirilmiştir, bu kabulün yerine yangın anında tüm havalandırma sisteminin yangın kontrol sisteminde durdurulacağı neticesinde oluşabilecek maksimum yangın boyutunun mağazanın müsaade ettiği doğal havalandırma olanakları ile sınırlı kalacağı düşünülmektedir. Mağazanın içinde oluşabilecek pik yangın yükü için doğal havalandırma sınırı aşağıdaki Walton ve Thomas 2008 denklemi kullanılarak hesaplanabilir [7];

$$Q_{vl} = 1500 \frac{kw}{m^{5/2}} A_0 \sqrt{h_0} \quad (5.10)$$

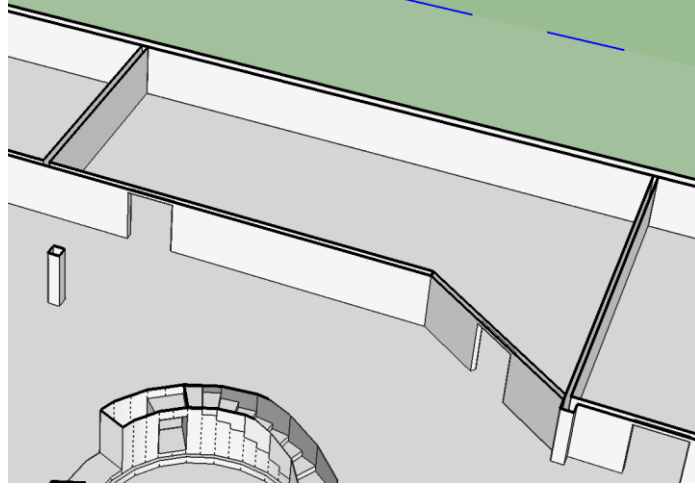
Q_{vl} =Doğal havalandırma ile sınırlı yangın büyüklüğü (kW)

h_0 = Açıklığın yüksekliği (m)

A_0 = Açıklığın alanı (m²)

Modelde yangının çıkacağı alan olarak belirlenen oyuncak mağazasının iki adet kapısı vardır, kapılar 2,4 metre yüksekliğinde ve 2 metre genişliğindedir.

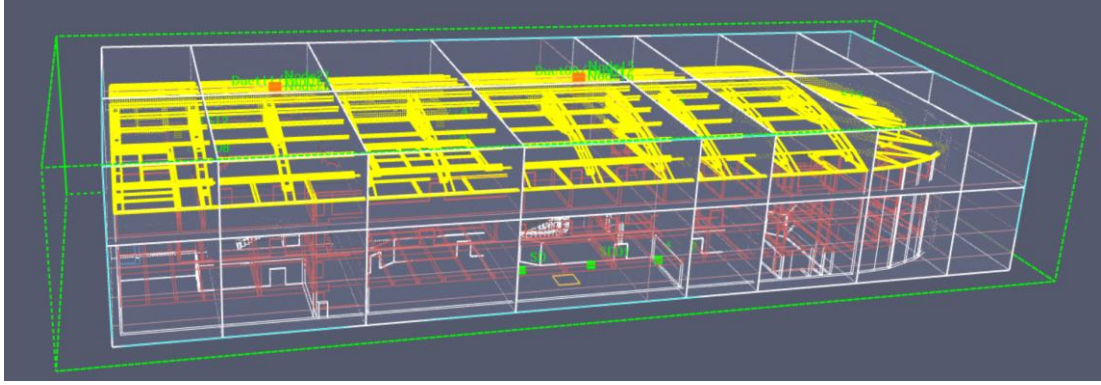
Formül üzerinden hesaplandığında her iki kapıdan girebilecek taze hava miktarı ile bu alanda klima santrallerinin yangın ihbar üzerine durması ile sadece kapılardan doğal hava sirkülasyonu olacağı kabulü ile 14.400kw (14,4 MW) olacaktır.



Şekil 5.8. Yangın merkezi olan oda kapıları

Hesaplar duman kontrol sisteminin çalışmadığı ama sprinkler sisteminin çalıştığı senaryo olan 6,25MW yangın yükü için, ne sprinkler sisteminin çalıştığı ne de duman kontrol sisteminin çalıştığı 14,4 MW yangın yükü için ve sadece duman kontrol sisteminin çalıştığı 14,4 MW yangın yükü için yapılacaktır.

Binanın büyük hacimli olması nedeni ile bina yapısı 32'ye bölünmüştür, simülasyon mimarisi toplam 5.765.067 adet mesh kullanılarak oluşturulmuştur, hesaplamada kullanılan bilgisayar 32 çekirdekli AMD markalı bir işlemci olup hesaplama süresinin işlemci maksimum verimde kullanılarak olabildiğince kısaltılmaya çalışılmıştır. Mevcut hali ile yapılan CFD hesaplamalar en yüklü olan duman kontrol sistemli (S04) hesap için yaklaşık 168 saat sürmüştür.



Şekil 5.9. Mesh yapısı

Mesh boyutları yaklaşık 30 cm'lik küpler olarak hesaba girilmiştir, mesh boyutları NIST tarafından yayınlanan 1018 numaralı özel yayında tarif edildiği üzere [22] D^* (Karakteristik yangın çapı) üzerinden hesaplandığında 14.400 kW yangın yükü için $D^*/10$ değerine yakın olup, 625 kW yüklü yangın için $D^*/5$ değerine yakındır, hesaplamalar ve D^* (Karakteristik yangın çapı) hesap formülü aşağıdaki gibidir;

$$D^* = \left(\frac{\theta}{\rho \cdot c_p \cdot T \cdot \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad (5.11)$$

$$D^*/\partial = \text{Nominal mesh boyutu} \quad (5.12)$$

bu değer yangının karakteristik boyutunu bölen hesaplama hücreleri sayısı olarak değerlendirilebilir, ∂ değeri 5,10 veya 20 gibi bir değer alınabilir, bu değer ne kadar yüksek olur ise özellikle yavaş gelişen yangınlarda çözünürlüğü daha keskin hesaplamalar yapılmasına yarayacak mesh boyutu belirlenebilir.

θ = Isı yayılım oranı, kW

ρ = Yoğunluk 1.204 kg/m³

c_p = Özgül ısı, 1.005kJ/kg-K

T = Sıcaklık, 293 K

g = Yerçekimi ivmesi, 9.81 m/sn²

Yapılan hesaplamada 625kW yangın için $D^*/5$ değeri 15 cm olarak, 14.400kW yangın için $D^*/10$ değeri 27,8 cm olarak bulunmuştur. Bu değerler ışığında yeterli sonuçların 30 cm'lik mesh yapısı alınarak alınabileceği düşünülmüş ve hesap bu boyut üzerinden yapılmıştır.

5.5. Simüle Edilecek Tahliye ve Özellikleri

Simüle edilecek tahliye için AVM içerisindeki kullanıcı yükü, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik [1] dikkate alınarak 5m² taban alanında 1 kişi olacak kabulü ile yapılmıştır. Toplam kullanıcı yükü 2920 Kişi olmuştur.

Simülasyonun başlangıcındaki bekleme süresi yapılan CFD çalışması dikkate alınarak her iki duman dedektörünün yangının merkezinde alarma geçtikleri süreden sonra 3 dakika idrak ve harekete geçme süresi dikkate alınarak belirlenmiş ve tahliye 230. Saniyede başlatılmıştır.

Tahliye simülasyonunda kaçış merdivenleri ile birlikte tüm iç erişim merdivenlerinin de kullanılabilmesi öngörülmüştür. Bu şekilde yapılan tahliye simülasyonu sonucunda yaklaşık 675. Saniyede yerleşkedeki kişilerin güvenli alanlara ulaştıkları ve yangının etkilerine maruz kalmadan dışarı çıkabildikleri görülmüştür. Bu nedenle CFD çalışması 675 saniye için yapılmıştır.

5.6. Simüle Edilecek Duman Tahliye Sistemi ve Özellikleri

Simülasyonda çatıya yerleştirilmiş 2 adet duman egzoz fanı kullanılacaktır her bir egzoz fanının debisi sabit olarak 33,3m³/saniye (119.880m³/saat) olacak toplam debi 66.6m³/saniye (239.760m³/saat) olacaktır. Duman egzoz fanları yangını merkezindeki duman detektörlerinden herhangi birisi aktive olduktan sonra 30 saniyelik bir bekleme süresi sonrasında devreye girecektir.

Taze hava bina zemin katında bulunan 4 adet kapının yangın anında otomatik olarak açılması ile sağlanacaktır.

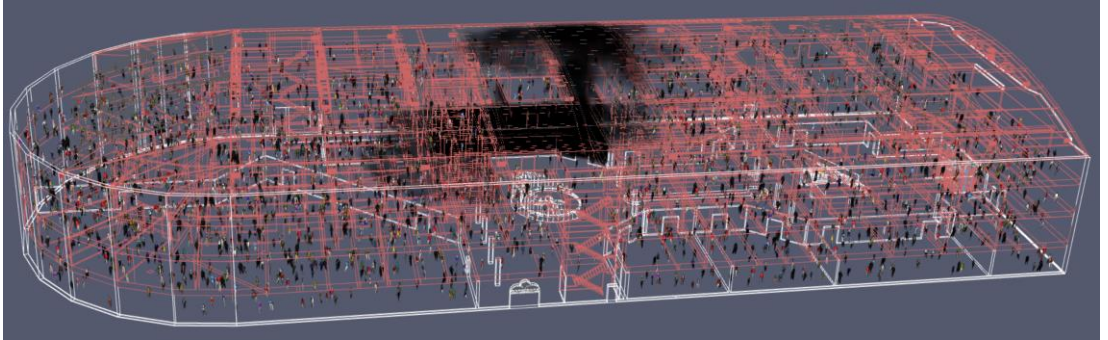
BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen veriler birbirleri ile karşılaştırılarak kullanılan can güvenliği olanaklarının kıyası yapılacaktır;

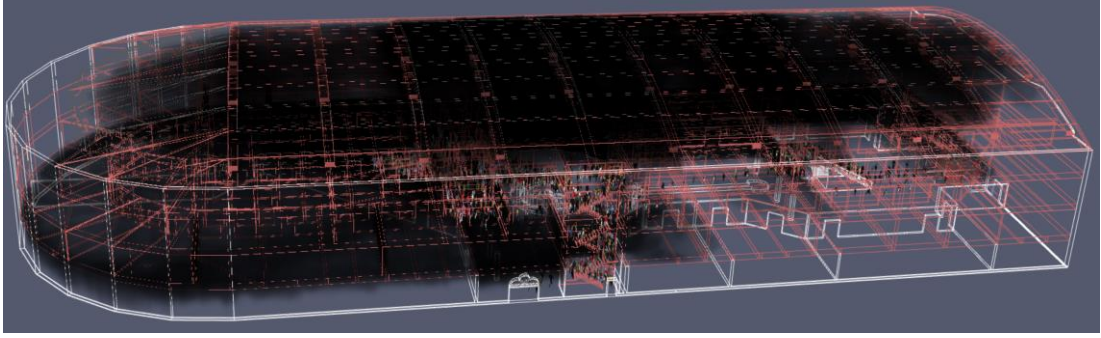
6.1. Sonuçların Genel Planlar Üzerinden Değerlendirilmesi

S02 Senaryosu yani sadece sprinkler sisteminin çalıştığı bu nedenle yangın yükünün 6,25MW ile sınırlı kaldığı senaryo can güvenliği bakımından en güvenli senaryo olarak belirlenmiştir, simülasyonun sonunda 675. Saniyede görüş mesafesi (Vizibilite) ve baş mesafesindeki sıcaklık değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

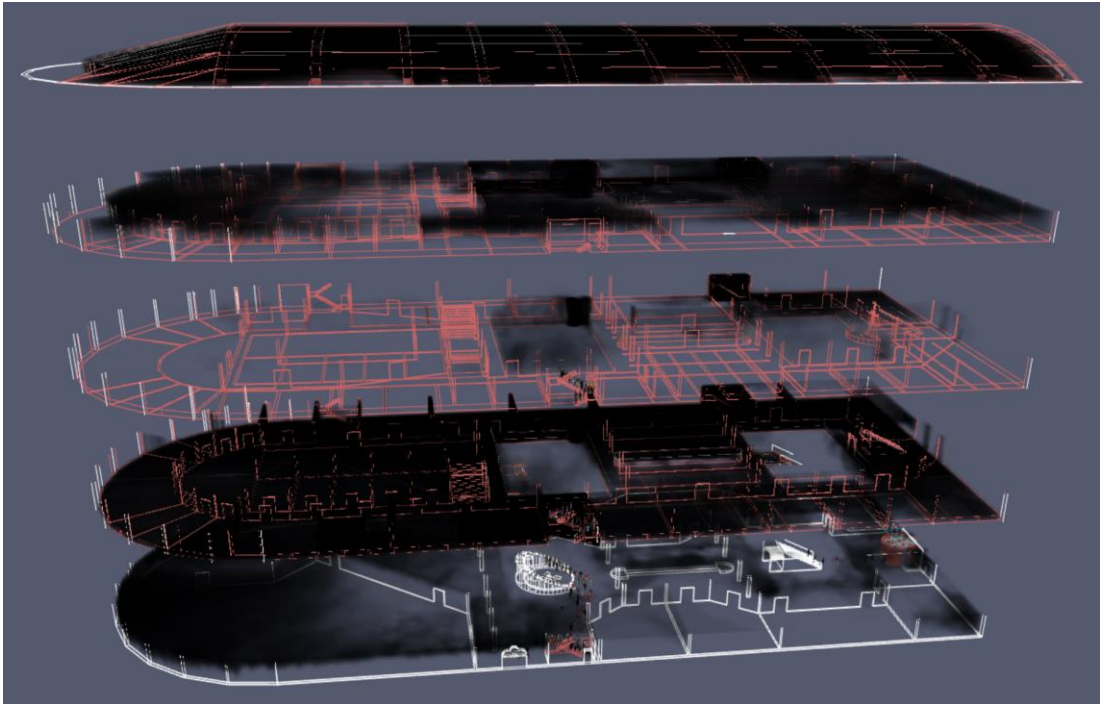
Görüş mesafesinin 5-10 metre civarlarında olması BS PD 7974-6:2019 'a göre uygundur [15]. Yangın merkezi hariç bina genelinde görüş mesafesinin 5 metre altına düşmediği simülasyon sonuçlarında görülmüştür.



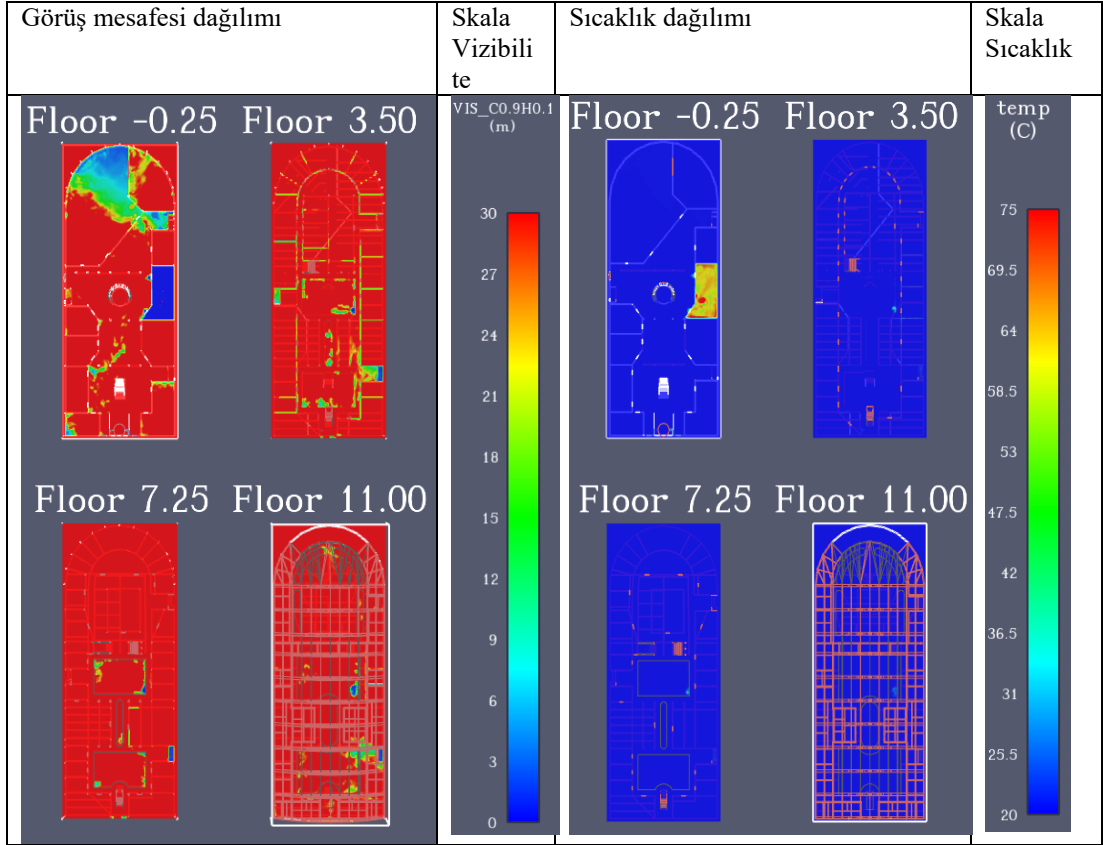
Şekil 6.1. Senaryo2, 100. Saniye duman yayılımı



Şekil 6.2. Senaryo2, 400. Saniye duman yayılımı



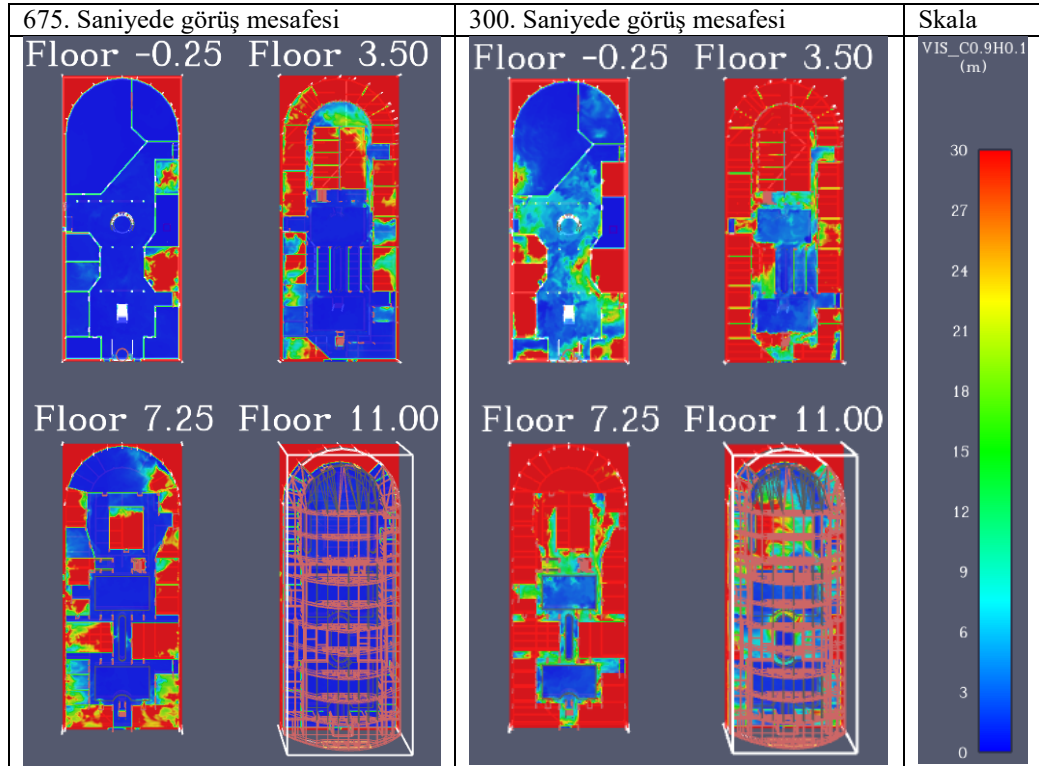
Şekil 6.3. Senaryo2, 650. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir.)



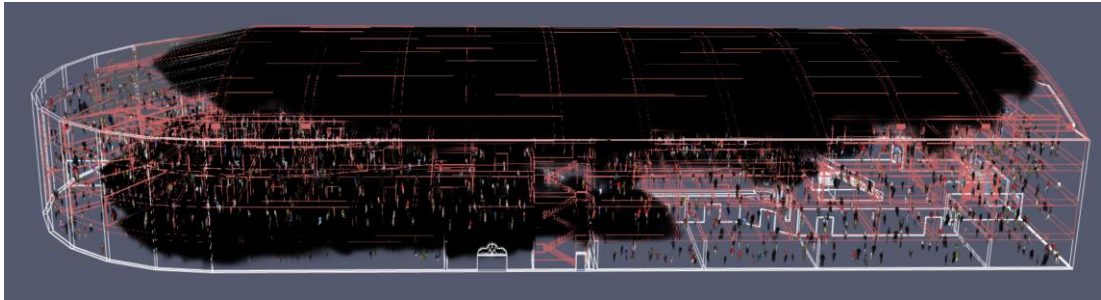
Şekil 6.4. S02 senaryosu 675. Saniye görüş mesafesi ve sıcaklık değerleri

S02 senaryosu bu hali ile sprinkler sisteminin varlığının dolayısı ile otomatik olarak kontrol altına alınmış bir yangın durumunun yangın kaynağı haricinde hesap süresinde ciddi bir can güvenliği tehdidi oluşturmadığını göstermiştir.

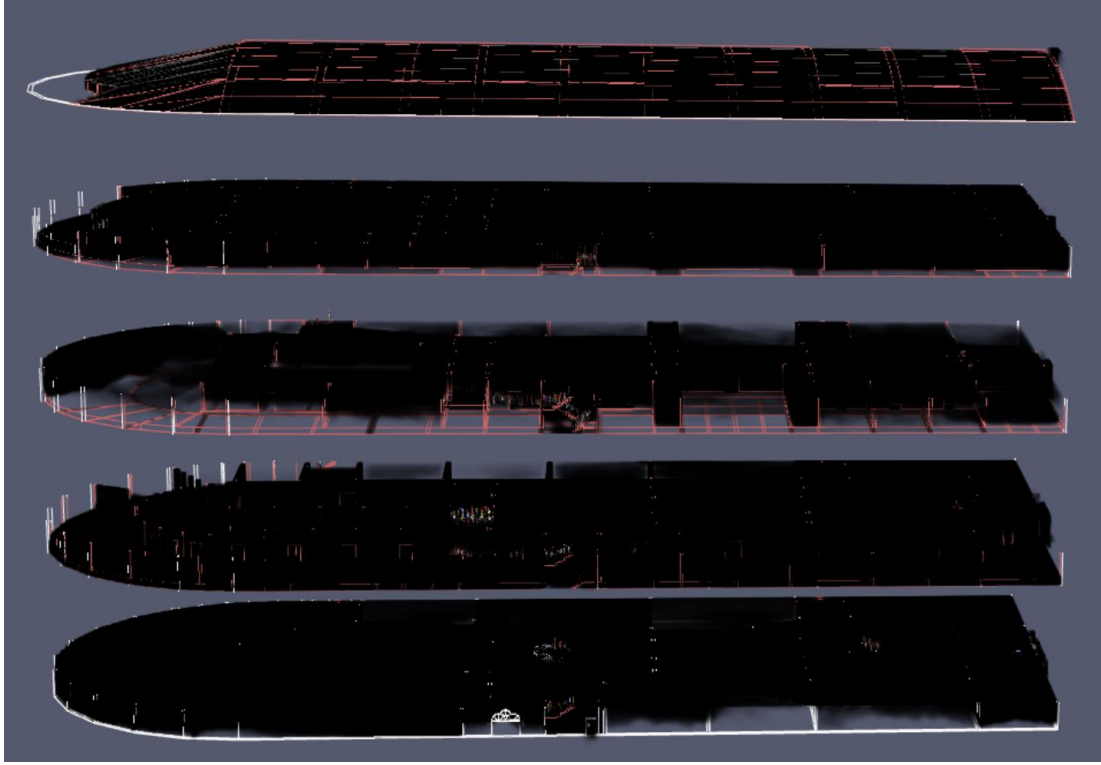
S03 Senaryosunda, duman egzoz sisteminin ve sprinkler sisteminin aktif olmadığı senaryoda 675. Saniyede görüş mesafeleri aşağıdaki görseldeki gibi olmuştur;



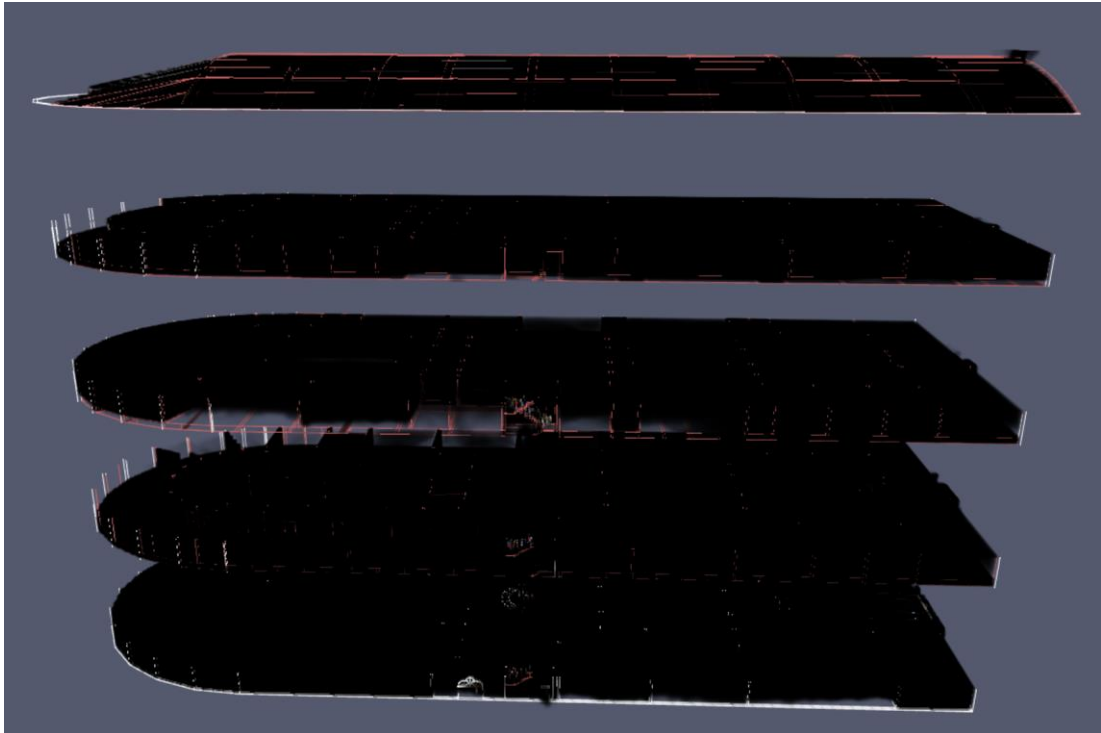
Şekil 6.5. S03 senaryosu vizibilite (görebilirlik) mesafeleri



Şekil 6.6. Senaryo3, 100. Saniyede duman yayılımı

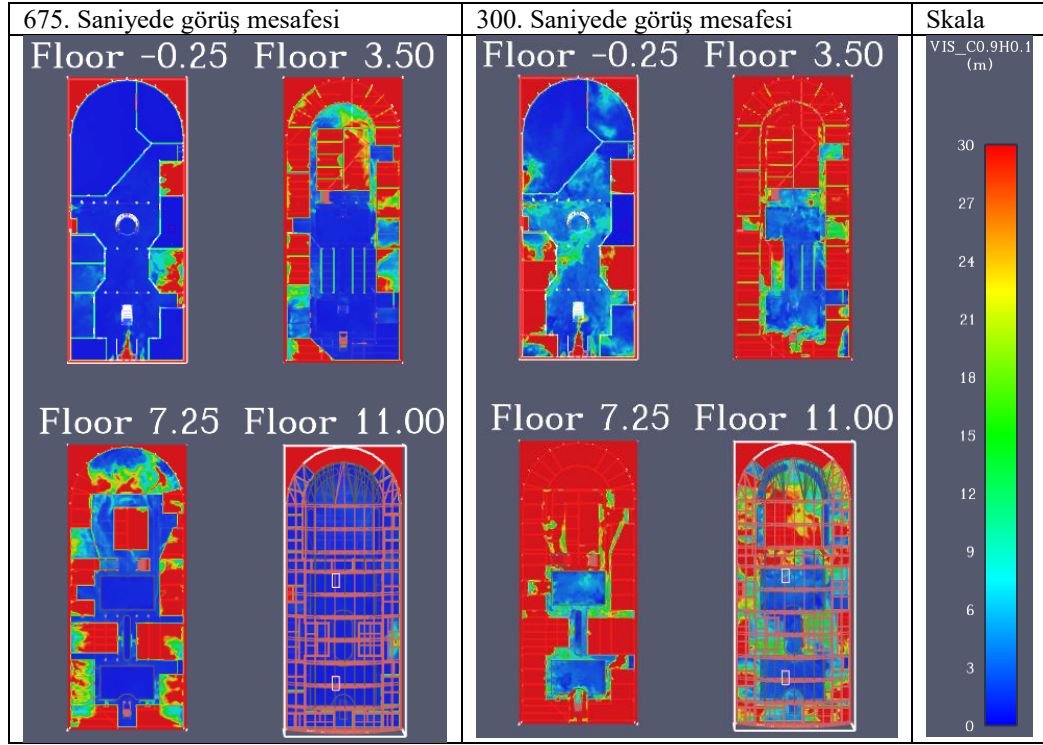


Şekil 6.7. Senaryo3 400. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir)

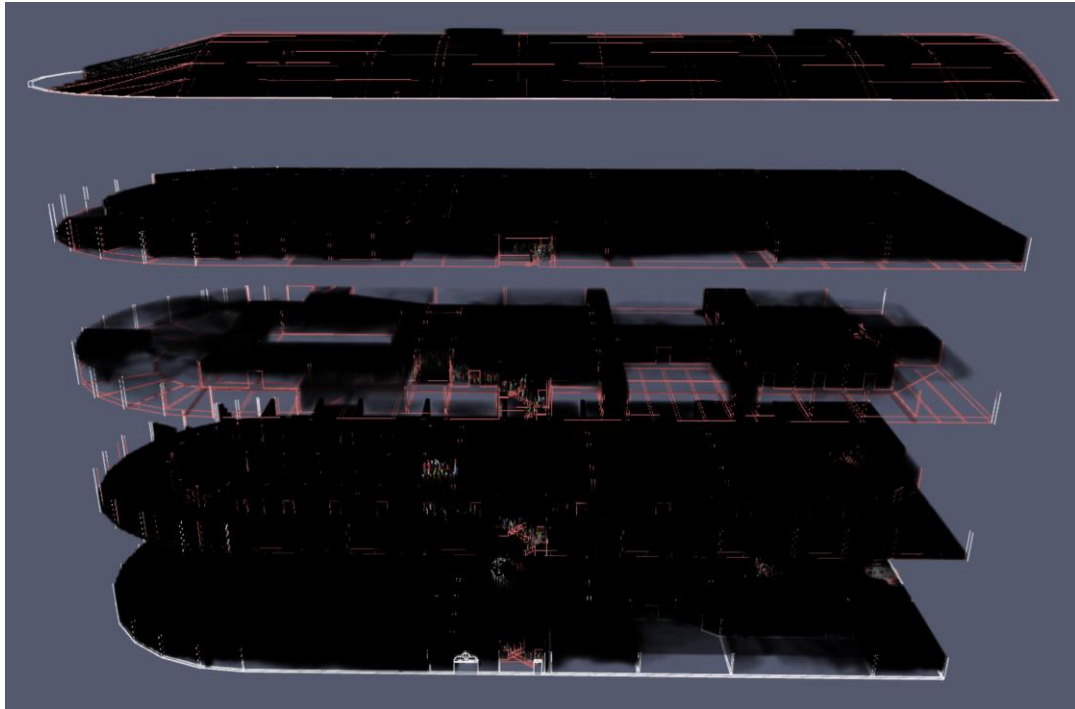


Şekil 6.8. Senaryo3 650. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir)

S04 Senaryosunda sadece duman egzoz sisteminin aktif olduğu senaryoda 300. Ve 675. Saniyede görüş mesafeleri aşağıdaki görseldeki gibi olmuştur;



Şekil 6.9. S04 senaryosu vizibilite (görebilirlik) mesafeleri



Şekil 6.10. Senaryo4 400. Saniye duman yayılımı (Görselde katlar birbirinden ayrılarak gösterilmiştir)

6.2. Sonuçların Denekler Üzerinden Değerlendirilmesi

Sonuçların bireyler üzerindeki etkilerinin incelenebilmesi için toplam 6 adet denek AVM içerisindeki çeşitli bölgelerde seçilerek tüm senaryolarda etkilenme durumları gözlemlenmiştir, bu sayede hangi korunma sistemlerinin insan hayatı üzerindeki etkileri ve olası sonuçları değerlendirilmeye çalışılmıştır.

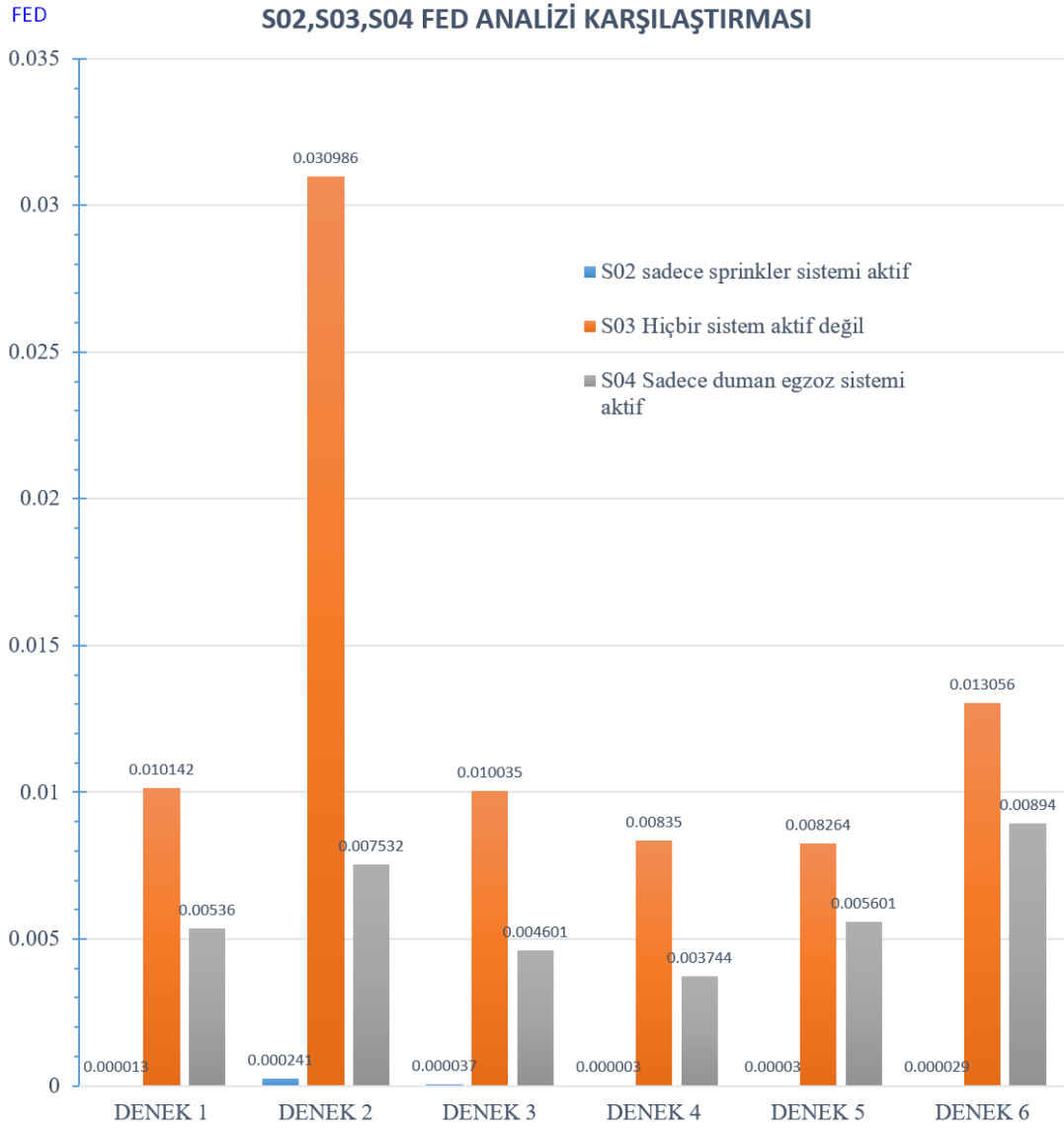
Senaryolarda denekler üzerinde oluşan sıcaklık 26.3 °C olarak gerçekleşmiştir, ortam sıcaklığı 20 °C olarak düşünülmüştür, bu durumda denekler üzerinde tahliye süresince hiçbir senaryoda sıcaklık artışı can güvenliğini tehdit edecek değerlere ulaşmamıştır.

Senaryolara göre FED (Kısmi etkili doz) karşılaştırması;

675. Saniye sonunda tahliye eden insanlardaki Fed oranları senaryolara kıyasla aşağıdaki gibidir;

Tablo 6.1. Senaryo bazında FED analizi sonuç tablosu

Denek No	Senaryo 2 (Sadece sprinkler)	Senaryo 3 (Hiçbiri)	Senaryo 4 (Sadece duman)
	FED		
1	0.000013	0.010142	0.00536
2	0.000241	0.030986	0.007532
3	0.000037	0.010035	0.004601
4	0.000003	0.00835	0.003744
5	0.00003	0.008264	0.005601
6	0.000029	0.013056	0.00894

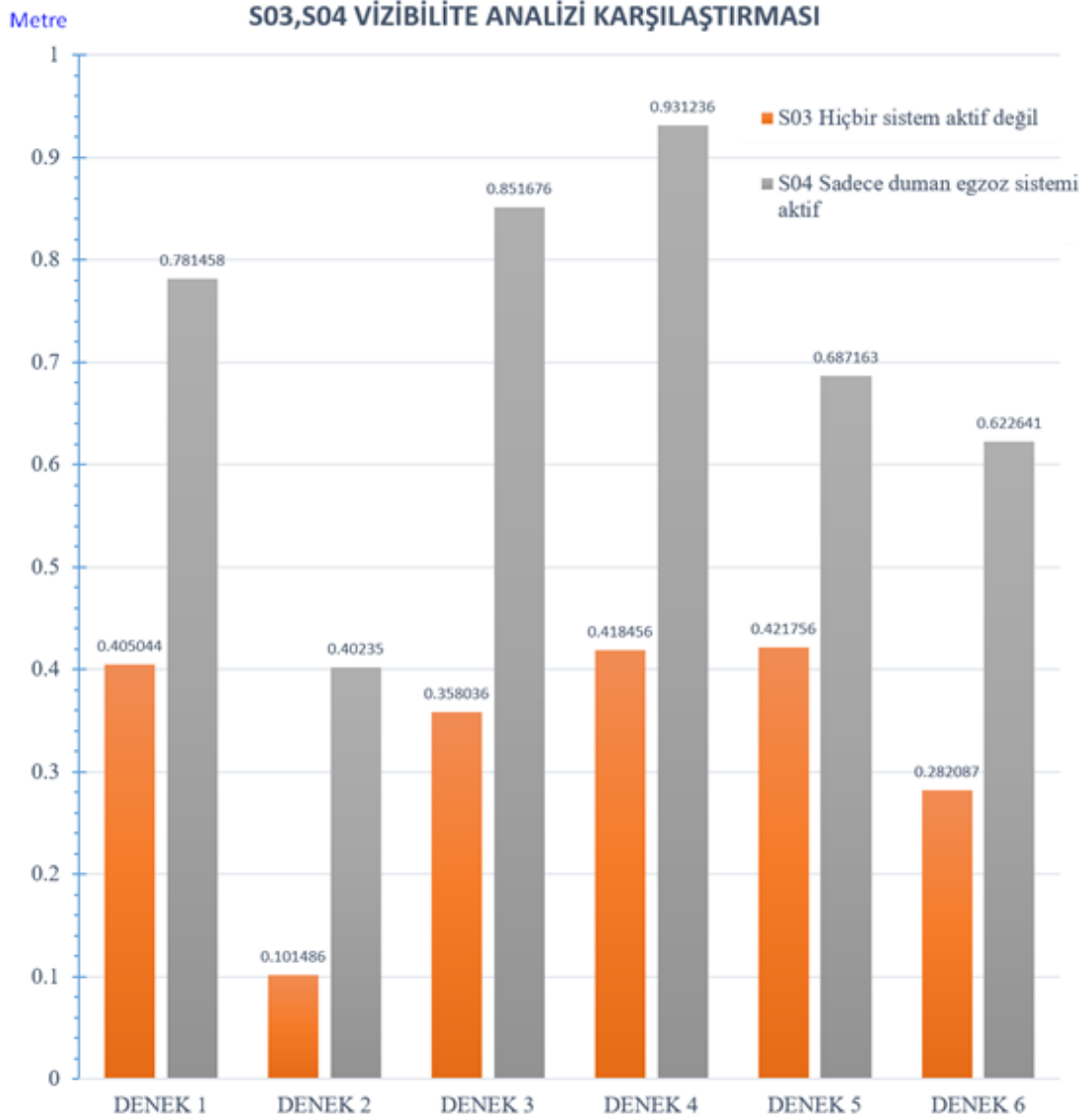


Şekil 6.11. Senaryolar arası FED analizi karşılaştırması

Tablo 6.2. Senaryo bazında deneklerin maruz kaldığı en düşük vizibilite değerleri (Metre)

Denek No	Senaryo 2 (Sadece sprinkler)	Senaryo 3 (Hiçbiri)	Senaryo 4 (Sadece duman)
	Vizibilite mesafesi (mt)		
1	27.510954	0.405044	0.781458
2	19.999107	0.101486	0.40235
3	15.464186	0.358036	0.851676
4	30	0.418456	0.931236
5	29.923721	0.421756	0.687163
6	30	0.282087	0.622641

Yapılan incelemede yukarıdaki tabloda belirtildiği üzere S02 senaryosu için vizibilite konusunda hiçbir denek için kritik eşiğin aşılmadığı görülmüştür, S03 ve S04 senaryolarında ise her denek için vizibilite sınırlarının aşıldığı tespit edilmiştir;

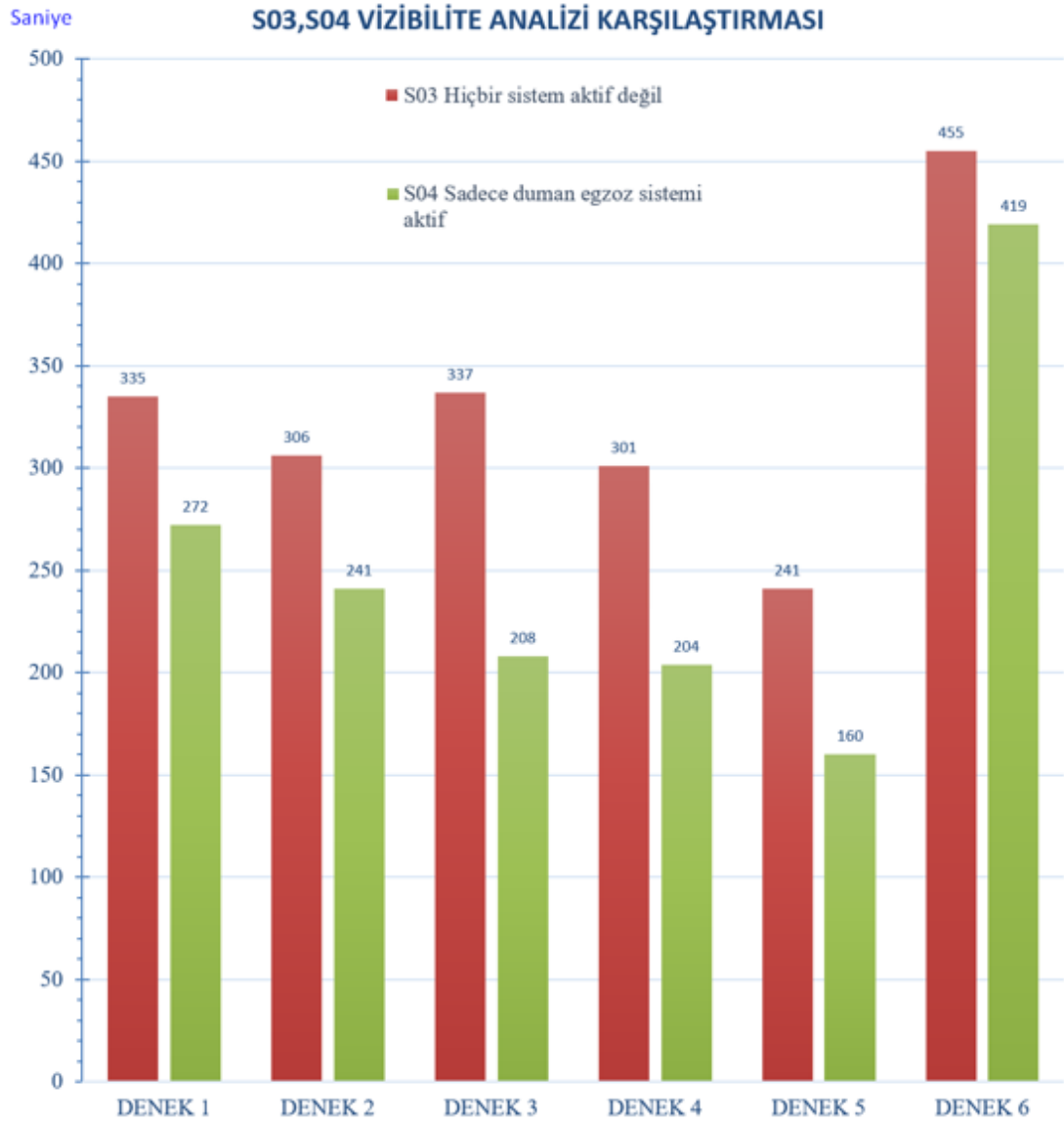


Şekil 6.12. Senaryolar arası vizibilite değerleri karşılaştırması

Her iki senaryo da vizibilite bakımından gerekli kabul değerlerini sağlamamasına rağmen duman kontrol sisteminin varlığı denekler geneline bakıldığında misli oranında pozitif yönde etki sağlayabilmiştir.

Tablo 6.3. Denekler için iki senaryoya göre vizibilitenin 5 metre altında olduğu tahliye süresi (Saniye)

Denek No	Senaryo 3 (Hiçbiri)	Senaryo 4 (Sadece duman)
	5 mt vizibilitenin kayıp olduğu süre (sn)	
1	335	272
2	306	241
3	337	208
4	301	204
5	241	160
6	455	419



Şekil 6.13. Senaryolar arası 5 metre altında geçirilen tahliye süresi karşılaştırması

6.3. Çalışma Sonuç Değerlendirmesi

Yapılan simülasyonlarda 675 saniyenin sonunda S02 senaryosu haricindeki senaryolarda 10 metre olan güvenli görülebilirlik sınırının zemin kat ve 3. Katta sıfır metrelere kadar düşerek aşıldığı görülmüştür. S03 senaryosunda 1. Ve 2. Katlardaki görülebilirlik oranı az bir oranla senaryo S04'e göre daha kötüdür, bu fark 300. Saniyede alınan veride daha belirgindir. Her iki senaryoda da aynı yangın yükü kullanılması nedeni ile duman kontrol sisteminin görülebilirlik oranı bakımından pozitif etkisi düşük bir oranda görülebilmektedir, bu farkın daha bariz olabilmesi için toplam egzoz debisinin katı oranında arttırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

S03 ve S04 senaryoları FED (kısmi etkili doz) oranı bakımından mukayese edildiğinde duman kontrol sisteminin kullanıldığı S04 senaryosunda belirgin şekilde FED oranları deneklerde daha düşük gözlemlenmiştir. 675 saniye sonucunda deneklerde hesaplanan FED oranları bu tezin ilgili bölümünde belirtilen 0,1 değerinin onda biri mertebelerinde kalmıştır. Bu veriler ışında bir AVM yangınında FED kriterinin duman kontrol sisteminin boyutlandırılmasında birincil etmen olmadığı ama iki senaryo arasındaki bariz fark neticesinde duman kontrol sisteminin pozitif etkisinin bu kontrol kaleminde bariz olarak gözlemlenebildiği görülmüştür. Çalışma sonucunda;

- Bu tip bina yangınlarında duman kontrol sistemi tasarımı bakımından görülebilirlik sınırının FED kriterinden daha konservatif bir tasarım verisi olduğu değerlendirilmiştir.
- Duman kontrol debisinin yetersiz seçilmesi durumunda bile FED bakımında pozitif etkinin kayda değer oranda görülebileceği değerlendirilmiştir.
- Yetersiz bir duman kontrol sistemi görülebilirlik (Vizibilite) konusunda duman kontrol sistemi yoksunluğu durumu ile benzer sonuçlar vereceği görülmüştür.
- Sprinkler sisteminin kullanımının duman kontrol sistemi kullanımına nazaran daha etkin bir can güvenliği önlemi olduğu görüşü kuvvetlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik -(09/07/2015)-29411, 2015.
- [2] NFPA 101: Life Safety Code, 2018 Edition
- [3] NFPA 5000: Building and Construction Safety Code, 2018 Edition
- [4] NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Cod, 2019 Edition
- [5] BS 7346-4 (Components for smoke and heat control systems- Part 4: Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing steady state design fires —Code of practice)
- [6] NFPA 92 Standard for smoke control systems
- [7] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering-5th Edition-Morgan J_2015-2016.
- [8] SFPE Performance-Based Fire Safety Design, 2015
- [9] H. Nelson, “Performance-Based Fire Safety,” in Proceedings: 1996 International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, MD (1996).
- [10] SFPE Guide to Human Behavior in Fire 2nd Edition
- [11] Fire Protection Handbook 20 th Edition
- [12] TS EN 54-14 Yangın algılama ve yangın alarm sistemleri - Bölüm 14: Planlama, tasarım, kurulum, devreye alma, kullanım ve bakım için rehber. Kasım 2018
- [13] JIN, T. Visibility through fire smoke. Part 5. Allowable smoke density for escape from fire. Report of Fire Research Institute of Japan. 1976, No.42, 12
- [14] ISO/TS 29761:2015 Fire safety engineering — Selection of design occupant behavioural scenarios

- [15] 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)
- [16] ISO 13571:2012 Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires
- [17] ISO 19706:2011 Guidelines for assessing the fire threat to people
- [18] CFPA-E Guideline No 19:2009 F – Fire safety engineering concerning evacuation from buildings
- [19] ISO 13571-2:2016 Life-threatening components of fire – Methodology and examples of tenability assessment
- [20] 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.
- [21] SFPE Shopping Center Case Study Mayıs 2016 Christine Pongratz (Arup), Darren Agnew (Hoare Lea) ve Sndy Killbourn (Gartcarron Fire Engineering)
- [22] NIST Special publication 1018 Sixth Edition Fire dynamics simulator technical referance guide volume 3: validation

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Koray ULUÇ

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi /Makine mühendisliği	1999
Lise	İstek vakfı Uluğbey Lisesi	1994

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2007-Halen	Vizyon Proje Ltd.Şti.	Makine Mühendisi
2001-2007	Emo Mühendislik Ltd.Şti.	Makine Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce