

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EĞİTİM KURUMLARINDA YANGIN ANINDA BİNADAN  
TAHLİYE EDİLEN KULLANICILARIN DUMANDAN  
ETKİLENME RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatih DENİZLİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gökhan COŞKUN**

**Aralık 2021**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİTİM KURUMLARINDA YANGIN ANINDA BİNADAN  
TAHLİYE EDİLEN KULLANICILARIN DUMANDAN  
ETKİLENME RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih DENİZLİ

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN  
GÜVENLİĞİ

Bu tez 11.02.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr.  
Gökhan COŞKUN  
Jüri Başkanı

Prof. Dr.  
Hakan Serhad SOYHAN  
Üye

Doç. Dr.  
Ali TÜRKCAN  
Üye

## **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.

Fatih DENİZLİ

10.11.2021

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez çalışması süresince bilgi ve tecrübesini benimle paylaşarak desteğini esirgemeyen ve bu bilgi aktarımının hiç bitmemesi dileğiyle değerli danışman hocam Doç.Dr. Gökhan COŞKUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın deneysel kısımlarında bana çok zaman ayıran ve tüm olanaklarını seferber eden okul idaresi ve eğitim kadrosunda ki tüm çalışanlarına, okulda çalışmanın asıl konusu olan geleceğimizin göz bebekleri güzel öğrencilerine teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam ve yüksek lisans eğitimim boyunca vermiş olduğu desteklerinden ve anlayışından ötürü çalışmakta olduğum Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İdarecilerime ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Zor geçen ve acı tatlı zamanları barındıran, tüm bu süreçte kahrımı çeken, kızdığım, üzüldüğüm, sevindiğim, şaşırdığım... Her türlü duygusal halimde yanımda olan sevgili eşim Filiz DENİZLİ'ye, çalışmanın yapıldığı okulda öğrenci olan ve okulda ki çalışmalarımnda hiç kaytarmadan üzerine düşen görevlerini yerine getiren evlatlarım Zehra DENİZLİ ve Ömer DENİZLİ'ye de ayrıca şükranlarımı sunuyorum.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ÖZET .....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
YANGIN ANINDA TAHLİYE.....	4
2.1. Tahliye Unsurları.....	4
2.1.1. Acil kaçış yolları.....	4
2.1.2. Acil durum merdiveni.....	5
2.1.3. Yangın dayanımlı kapılar.....	5
2.3.4. Acil durum aydınlatmaları.....	5
2.3.5. Acil durum yön levhaları.....	6
BÖLÜM 3.	
MEVZUAT.....	7
3.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.....	7
3.2. Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik.....	7
3.3. İş Yerlerinde Acil Durumlar Hakkındaki Yönetmelik.....	9

## BÖLÜM 4.

OKULARDA YANGIN EĞİTİMİ.....	13
4.1. Yangın Bilinci.....	13
4.2. Yangın Eğitimi.....	15
4.3. Yangın Tahliye Tatbikatı.....	16

## BÖLÜM 5.

SİMÜLASYON PROGRAMLARI.....	17
5.1. Petrack.....	17
5.2. Mass Motion.....	18
5.3. Building Exodus.....	18
5.3.1. Movement submodel.....	19
5.3.2. Behaviour submodel.....	19
5.3.3. Occupant submodel.....	20
5.3.4. Hazard submodel.....	20
5.3.5. Toxicity submodel.....	20
5.4. Simulex.....	21
5.5. Pathfinder.....	22
5.5.1. SFPE mod ile çözümlenme.....	22
5.5.2. Bağımsız yönlendirme modu (steering mod).....	26
5.6. Pyrosim.....	36
5.6.1. Fire dynamics simulator ve fractional effective dose.....	37
5.7. Yazılımlar Arası İnceleme.....	39
5.8. Yazılımlarda Kullanılacak Karbonmonoksit ve FED Zehirlenmeleri.....	40

## BÖLÜM 6.

ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI OKULUN ÖZELLİKLERİ.....	42
6.1. Yapının Fiziksel Özellikleri.....	42
6.2. Yapının Yangın Emniyet Tedbirleri.....	43
6.3. Yapının Coğrafi Konumu.....	44

## BÖLÜM 7.

MATERYAL VE METOD.....	46
7.1. Çalışma Planı.....	46
7.2. Uygulanan Çalışma Yöntemi.....	47
7.3. Gerçek Zamanlı Tatbikat ve Simülasyon Çalışma Verileri.....	47
7.3.1. Birinci senaryo.....	47
7.3.2. İkinci senaryo.....	50
7.3.3. Üçüncü senaryo.....	53
7.4. Duman Yayılımı.....	56

## BÖLÜM 8.

SONUÇ VE ÖNERİLERİ.....	58
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	71

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum
BYKHY	: Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik
CO	: Karbon monoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbon dioksit
FED	: Fractional Effective Dose
FDS	: Fire Dynamics simülatör
H	: Hidrojen
HAD	: Hesaplamalı akışkanlar mekaniği
KBB	: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
LES	: Large-Eddy
O <sub>2</sub>	: Oksijen

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. İlk yardım ve tahliye gerektirecek olay ve kazalar için acil durum müdahale yönetimi.....	11
Şekil 3.2. Tahliye planında kat planı örneği .....	12
Şekil 5.1. Petrack bilgisayar yazılımı .....	17
Şekil 5.2. Mass motion bilgisayar yazılımı ile hazırlanmış örnek çalışma.....	18
Şekil 5.3. Building exodus alt modelleri.....	19
Şekil 5.4. Building exodus yazılımı ile hazırlanmış zemin kat planı.....	20
Şekil 5.5. Simulex simülasyon yazılımından örnek bir çalışma.....	21
Şekil 5.6. Kullanıcıların ortalama boy vey anal ağırlığı.....	27
Şekil 5.7. Pyrosim yangın simülasyon programı örnek çalışması.....	37
Şekil 6.1. Çalışmanın yapıldığı özel okulun ön ve arka cephesi.....	43
Şekil 6.2. Okulda mevcut bulunan duman algılama ve ihbar sistemi, control paneli, yangın hortum dolabı, manuel ihbar botanları, yangın pompa grubu ve yangın pompalarını besleyen su deposu.....	44
Şekil 6.3. Okulun ve itfaiye müfrezesinin harita üzerinde ki konumu.....	45
Şekil 7.1. Birinci tatbikat kullanım merdiveni, okul çıkış kapısı ve okul bahçesi....	48
Şekil 7.2. Birinci tatbikat tahliye simülasyonu.....	49
Şekil 7.3. Birinci tatbikat seçilen öğrencilerin FED-Zaman grafiği.....	50
Şekil 7.4. İkinci tatbikat yangın merdiven çıkışı ve yangın merdiveni dış görünüm	51
Şekil 7.5. İkinci tatbikat tahliye simülasyonu.....	52
Şekil 7.6. İkinci tatbikat seçilen öğrencilerin FED-Zaman grafiği.....	53
Şekil 7.7. Üçüncü tatbikat ikinci kat yangın merdiveni çıkışı.....	54
Şekil 7.8. Üçüncü tatbikat tahliye simülasyonu.....	55
Şekil 7.9. Üçüncü simülasyon seçilen öğrencilerin FED-Zaman Grafiği.....	55
Şekil 7.10. Birinci kat duman yayılımı.....	56
Şekil 7.11. İkinci kat duman yayılımı.....	57

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Türkiyede ki 2020 yılı doğal afetler oranlaması.....	1
Tablo 4.1. KBB İtfaiye Dairesi Başkanlığı 2019 yılı müdahale edilen acil durum istatistik çizelgesi.....	14
Tablo 4.2. İlk hafta eğitim çizelgesi .....	15
Tablo 5.1. SFPE el kitabı k değerleri.....	24
Tablo 5.2. Ağırlıklar tablosu.....	34
Tablo 5.3. Karbon monoksit zehirlenme oranları.....	40
Tablo 5.4. FED zehirlenme oranları.....	41
Tablo 7.1. Yangın simülasyon programında kullanılan veriler.....	46
Tablo 8.1. Gerçek zamanlı ve tahliye simülasyonu ile elde edilen tahliye süreleri...	59

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Acil durum, yangın, tahliye, simülasyon, duman

Bu çalışmada, Kocaeli ili Darıca ilçesinde faaliyet gösteren bir özel okul bünyesinde eğitim gören öğrenciler üzerinde, meydana gelmesi muhtemel bir yangın anında ki davranışları, binanın mimari yapısına göre tahliyenin en kısa ve en sağlıklı şekilde nasıl yapılacağı, tahliye sırasında yığılmaların ve kargaşanın önlenmesi amacıyla uyulması gereken kurallar, asgari tahliye süresinin simülasyon programı yardımı ile belirlenmesi gibi konular üzerinde çalışılmıştır. Tüm bu çalışmalar gerçek zamanlı tatbikatlar ile birlikte, tahliye simülasyonu programı ve HAD(Hesaplı Akışkan Dinamiği) tabanlı yangın simülasyonu programları kullanılarak yapılmıştır.

Özel okulda ilkokul ve ortaokul öğrencileri üzerinde çalışılmıştır. Yapılan gerçek zamanlı tahliye tatbikatlarında gerçekçiliğin artırılması ve duman yayılımının da görülebilmesi için suni duman kullanılmış, öğrencilerin sergilediği yanlış davranışlar kamera kayıtları ve gözlemler ile belirlenmiş, bunların düzeltilmesi için eğitimler düzenlenmiştir. Ayrıca okulun mimari çizimi ve öğrencilerinde yürüme hızları, koşma hızları, boy uzunlukları gibi verileri tahliye simülasyonu ile yangın simülasyonu programlarına aktarılmış, tahliye ile yangın simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Yangın simülasyonu programı ile dumanın ilerleyişi, yayılma alanı ve yayılma süresi görülmüş, tahliye simülasyonu programı ile öğrencilerin tahliye süreleri, yığılma bölgeleri ve duman yayılımından elde edilen verileri ışığında öğrencilerin dumana maruz kalma süreleri ile öğrenci bazında Karbon monoksit, karbon dioksit ve azalan Oksijen değerine bağlı olarak FED zehirlenme verileri elde edilmiştir.

Bu çalışma ile simülasyon programlarından elde edilen verilerin, gerçek zamanlı tatbikatlar ile elde edilen veriler ile karşılaştırılması sağlanmış ve simülasyon programlarının doğruluk yüzdesine ulaşılmıştır. Bu sayede akla gelecek tüm senaryolarda gerçek zamanlı tatbikat yapılamayacağı için simülasyon çalışmaları ile denenmesi mümkün olabilmektedir.

# **RESEARCH FOR RISKS OF SMOKE EXPOSURE FOR EVACUATED USERS FROM THE BUILDING DURING THE FIRE AT EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

## **SUMMARY**

Keywords: Emergency, fire, evacuation, simulation, smoke

In this study, the behaviors of the students studying in a private school operating in Darıca district of Kocaeli province, in case of a possible fire, how to evacuate in the shortest and healthiest way according to the architectural structure of the building and the requirements to be followed in order to prevent crowding and confusion during the evacuation. Rules, determination of the minimum evacuation time with the help of the simulation program were studied. All these studies, together with real time exercises, were carried out using the evacuation simulation program and CFD (Computational Fluid Dynamics) based fire simulation programs.

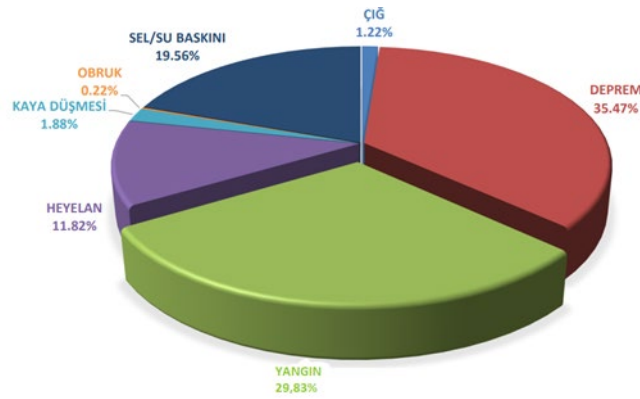
It has been studied on primary and secondary in a private school. Artificial smoke was used in real time evacuation exercises in order to increase the realism and to see the smoke spread. In addition, the architectural drawing of the school and the data such as walking speed, running speed and height of the students were transferred to the fire simulation with evacuation simulation and fire simulation studies were carried out. With the fire simulation program, the progression of the smoke, its spreading area and its spreading time were seen and in the light of the data obtained from the evacuation times, agglomeration zones and smoke spread of the students with the evacuation simulation program, the exposure time of the students to the smoke and the carbon monoxide, carbon dioxide and decreasing oxygen value on the student basis were determined. FED poisoning data is available.

With this study, the data obtained from the simulation programs were compared with the data obtained through real time exercises and the accuracy percentage of the simulation programs was reached. In this way, it is possible to test it with simulation studies, since real time exercises cannot be performed in all conceivable scenarios.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde doğal felaketler içerisinde istatistiksel olarak en çok karşılaşılan yangındır. Mal kaybı ile birlikte can kaybına da sebep olan yangın milli serveti yakıp kül ettiği gibi, nice evlere de yürek acısı düşürmektedir. Kontrolsüz yanma olayı olan yangından korunmak öncelikle bilinçle olmaktadır. “Önlemek ödemekten ucuzdur” mantığı ile sürekli iyileştirme bakış açısı geliştirilmeli, yangın ile mücadelede her birey desteklenmeli ve her görüşe değer verilmelidir [1]. Bazı firmalar, çalışanlarının iyileştirme getiren fikirlerini ödüllendirmektedir. Bu firmalar kendi aralarında kazasız gün sayısı üzerinden tatlı bir rekabet halindedir. Yangından korunma adına ilk 16 Ocak 1992 tarihinde “İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği” ismiyle İstanbul sınırları içinde geçerli bir yönetmelik yayımlanmıştır. Bunu takiben 26.07.2002 tarihinde resmi gazetede “Binaların Yangından Korunması Hakkında ki Yönetmelik” ismiyle bir yönetmelik yayımlanmıştır. 27.11.2007 tarihinde resmi gazetede revize olarak yayımlanan yeni yönetmelik 09.09.2009 ve 09.07.2015 tarihindeki değişikliklerle son halini almıştır. Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik ile birlikte belli bir alt sınırdan oluşturulmuştur.

Tablo 1.1. Türkiyede ki 2020 Yılı Doğal Afetler Oranlaması (AFAD, 2020)



Yangın anında ilk kurtarılacak olarak belirlenen evraklar veya değerli eşyalar gibi yangın anında ilk kurtarılacaklar geleceğimiz olan çocuklardır. Geleceğimizi kurtarmak için yangın bilincinin küçük yaşlarda çocuklara aşılması, ders olarak okutulması, tatbikatlar ile yaşatılması gerekir. Günümüzde Milli Eğitim Müdürlükleri'nin okullardan zorunlu olarak istediği acil durum eylem planlarında deprem konusuna daha çok öncelik verilmektedir. Aynı eylem planları için senede en az bir kez deprem tatbikatı yapılması gerekli iken, yangın konusu ise sadece kağıt üzerinde kalmaktadır. Bu tez çalışması sırasında özel okulun acil durum eylem planları içerisinde yapılan inceleme sonucunda, yangın ile ilgili sadece öğretmen kadrosundan söndürme ekibinin belirlenmiş olduğu, hatta bazı öğretmenlerin artık okulda görev yapmadığı görülmüştür. Okul içerisinde bulunan duman algılama ve ihbar sisteminin çalışmadığı gözlenmiş, habersiz ve eğitimsiz olarak ilk yapılan tatbikat sonucunda çocukların yangın anında ne yapacaklarını hiç bilmedikleri anlaşılmıştır.

Recai AKSOY 'Eğitim Kurumlarında Kullanıcıların Acil Durum Tahliye Tatbikatlarının Simülasyon Yöntemleriyle Karşılaştırmalı İncelenmesi' isimli yüksek lisans tez çalışmasında, özel bir eğitim kurumunda kullanıcıların gerçek tahliye sürelerini, yaş, cinsiyet ve antropometrik özelliklerini, hareket kabiliyetlerini, kaçış hızı parametrelerini, toplu hareket ile kullanıcıların sosyal davranışlarının acil durum tahliyesine etkilerini çalışmıştır [21]. Onur ÖZKAN 'Hastanelerde İtfaiye Müdahale Planı ve Tahliye' isimli yüksek lisans tez çalışmasında, İstanbul İtfaiyesi farklı müdahale planları incelenmiş, bir hastanedeki yaş, hareket kabiliyetini, hastaların kaçış hızlarını, yardımcı personelin taşıma hızları ve toplu hareket sonucu kullanıcıların sosyal davranışlarını incelemiştir [22]. Bülent AÇIL 'Kütüphane Binalarında Tahliye Yöntemi' isimli yüksek lisans tez çalışmasında, bir üniversite içerisinde bulunan çok katlı bir kütüphanede bulunan kullanıcıların acil durumda gerçek zamanlı ve simülasyon üzerinde tahliye sürelerini makroskobik ve mikroskobik modeller ile karşılaştırması incelenmiştir [23]. Hacı Ahmet KIRTAŞ 'Engelli Bireylerin Yangın Tahliyesinin Araştırılması' isimli yüksek lisans tez çalışmasında, 300 engelli bireyin tahliyesini, meydana gelebilecek acil durumlara

karşı alınabilecek önlemleri, davranış şekillerini, olaylara bakış açılarını, psikolojik tutularını çalışmıştır [24].

Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında tahliye üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada ise tahliye çalışması ile yangın aynı anda çalışılmaktadır. Diğer çalışmalarda bulunmayan duman yayılımı, gerçek zamanlı tatbikatlarda suni duman kullanımı, kullanıcıların duman ile ne zaman karşılaştıkları, duman ile maruz kalma sürelerine bağlı olarak zehirlenme miktarları, solunan dumanın hayati tehlike eşiklerinin karşılaştırılması, dumanla hiç karşılaşmadan tahliyenin ne şekilde yapılacağı, gerçek zamanlı tahliyelerde kullanılan suni duman ve simülasyon programın da elde edilen duman yayılımlarının karşılaştırılması gibi farklı konularda da çalışılmaktadır.

## **BÖLÜM 2. YANGIN ANINDA TAHLİYE**

Yangın, sadece yanan madde kaybına yol açmamaktadır. Yangınla beraber can, mal, kullanılmayacak duruma gelmiş malların tekrar temini için kaynak ve emek gibi birçok unsuru da yok eden bir felakettir. Tabi bu kayıplardan en önemli unsur can kaybıdır. Dolayısıyla yangın anında ilk kurtarılabilecek candır. Bunun için yangın önlemleri arasında tahliye ilk sırada yer alan önlemdir. Yangın sonucu meydana gelen can kayıplarında istatistik olarak %90 üzerinde sebep duman zehirlenmesidir. Bu nedenle tahliye alevden kaçmak olarak değil, dumandan kaçmak şeklinde tasarlanmalıdır.

### **2.1. Tahliye Unsurları**

#### **2.1.1. Acil kaçış yolları**

Acil durum kaçış yolları, acil durumlarda güvenli bölgeye kaçabilmek için tasarlanan yollardır. Bu yollar yüksek yangın dayanımlı veya yıkılmaya karşı yüksek mukavemet gösteren tünel veya koridor olabileceği gibi, kapalı ya da açıkta kurulmuş olan kaçış merdivenleri de kaçış yoludur. Acil durum anında herhangi bir kişinin bulunduğu yerden, güvenli yere ulaşana kadar kesintisiz devam eden tüm unsurlar kaçış yolunu oluşturur. Kaçış yolları engellenmemiş, yangında karşı dayanımlı malzemeler ile korunmuş, engelli kişilerinde kullanabileceği şekilde tasarlanmalıdır.

Örnek olarak Sağlık Bakanlığı Yangın Önleme ve Söndürme Yönergesi' ne göre aksi belirtilmedikçe tahliye kargır binalarda 3 dakika, ahşap binalarda 2 dakika tahliye için belirlenen sürelerdir [26].

### **2.1.2. Acil durum merdiveni**

Kaçış merdivenleri açıkta kurulmuş veya kapalı olabildiği gibi, dengelenmiş, dairesel veya sahanlıklı da olabilmektedir. Kaçış merdivenleri mevzuatlar içerisinde hangi ölçütlere göre yapılacağı belirtilmiştir. Örnek olarak Binaların Yangından Korunması Hakkında ki Yönetmelik gereği kaçış merdivenleri kapıları duman sızdırmaz ve yangında 120 ve 90 dakika dayanımlı olması gerekir. Kaçış merdivenlerinde en önemli unsur merdiven boşluğunun havalandırılmasıdır. Duman sızdırmaz şekilde tasarlanmaya çalışılan kaçış merdivenleri, acil durumun cinsine ve şiddetine veya kullanıcı hatası nedeniyle içeri duman girmesi durumunda dumanın tahliye edilmesi gerekmektedir. Zehirlenmeyi önlemek için doğal ya da mekanik havalandırma bu merdivenlerin olmazsa olmazıdır [1].

### **2.1.3. Yangın dayanımlı kapılar**

Yangın kapısı olarak da anılan bu kapılar genellikle 1 metre eninde , 2 metre boyunda üretilmektedir. Bu kapıların genel özelliği, istenilen süreye göre duman sızdırmaz ve yangının sirayetini engelleyici özellikte olmasıdır. Kapıların yangın dayanımını veren, bu kapının üretiminde gelen olarak kullanılan taş yünü veya muadili bir malzemedir. Bir okulda kullanılacak acil durum kapıları 120 dakika yangına mukavemet ve 90 dakika duman sızdırmaz özellikte olması beklenir [1].

### **2.3.4. Acil durum aydınlatmaları**

Acil durumlar için kullanılacak aydınlatmalar, elektrik kesilmesi veya karanlık bir ortamda kalınması durumunda, ortamdaki kişilerin yönlerini tayin edebilecekleri kadar aydınlatma sağlayan armatürlerdir. Yüksek riskli bölgelerde exproof elması istenilen bu aydınlatmalar, kendinden bataryalı olarak tasarlanmaktadır. Farklı mevzuatlara göre bu aydınlatmaların ne kadar ışık şiddeti ile çalışması ve ne kadar süre ile çalışması gerektiği belirlenmiştir.

### 2.3.5. Acil durum yön levhaları

Acil durum yön levhaları, acil durumda tahliye olacak kişileri buldukları yerden itibaren, en kısa yoldan güvenli bölgeye ulaştıracak şekilde düzenlenmelidir. Ülkemizde uygulama yeşil üzerine beyaz yazı ile 'Acil Çıkış' şeklinde olan tabela ya da kendinden ışıklı olabilmektedir [2].

Bu levhalar herkesi görebileceği yükseklikte ve okuyabileceği yazı puntosu ile yazılmış olmalıdır.



## **BÖLÜM 3. MEVZUAT**

Ülkemizde yangın gerçeği ile birlikte yaşamaktayız. Yangın ile mücadele bireysel çabalar ile veya herkesin bireysel öngörüsüne göre yapılamayacak kadar ciddi bir sorundur. Bu nedenle ülkemizde acil durumlar ile ilgili yürürlükte olan yasal düzenlemeler mevcut olup her geçen gün tecrübe ve risk analizleri ile birlikte geliştirilmektedir.

### **3.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu**

20.06.2012 tarih ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmesi ile yasa koyucunun amacı, iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak, mevcut sağlık ve güvenlik şartlarını iyileştirmek, işveren ve çalışanın görev, yetki, sorumluluk, hak vb... yükümlülüklerini düzenlemektir.

Kanun gereği işveren, iş sağlığı ve güvenliği konusunda risk analizi yaptırmalı ve bu analize göre iş sağlığı ve güvenliği uzmanının belirlediği eksikleri yerine getirmelidir. Kanun 11. Ve 12. maddelerinde acil durum planları, ilkyardım ve tahliye ile ilgili hükümler bulunmaktadır. Acil durumlar için yangınla mücadele ekibi, arama kurtarma ve tahliye ekibi ve ilkyardım ekibi oluşturulması gerekmektedir. (iş sağlığı ve güvenliği kanunu) Bu kanun yapılması gerekenlerin başlıklarını belirlerken, detayları yönetmelikler ile belirlenmektedir [3].

### **3.2. Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik**

09.07.2015 tarih ve 29411 sayı ile resmi gazetede son halini alarak yayımlanmış olan bu yönetmelik ile yasa koyucunun amacı, her türlü yapı, bina, tesis ve işletmede

çıkması muhtemel yangında can ve mal kaybını en aza indirmek, çıkması muhtemel yangın öncesi ve sırasında alınacak tedbirlerin, eğitimlerin, denetimlerin belirlenmesidir.

Yönetmelik gereği eğitim amaçlı tüm yapılarda korunumlu ve standartları yönetmelikle belirlenmiş 2. bir acil çıkış bulunmalıdır. Acil çıkış için kullanılacak yangın merdivenleri açık veya kapalı olarak dizayn edilebilir. Tüm yangın çıkışlarında duman sızdırmaz ve yangına en az 90 dakika dayanımlı kapılar kullanılmalıdır. Kapalı olan acil çıkış merdivenleri mekanik veya doğal olmak şartıyla havalandırılmak zorundadır. Kapalı acil çıkış merdivenleri 21,5 metreden yüksek ise basınçlandırılmalıdır. Yüksek binalar ve kapalı alanı 1000 m<sup>2</sup>' den büyük eğitim kurumlarında TS-671/1 standartlarına uygun kauçuk hortum dolapları yaptırmak zorundadır. Yapı yüksekliği 30,50' den yüksek olan yapılarda otomatik yağmurlama sistemi yapılmak zorundadır. Yapının taban alanı 5000 m<sup>2</sup>' den büyük olan yapılarda çevre hidrant sistemi yapılması mecburidir. Yapılması gereken sulu söndürme sistemini destekleyecek biri asıl biri yedek 2 adet yangın pompa grubu ve su deposu gereklidir. Bu su deposunun hacmi ve yangın pompalarının basınç-debi değerleri, yönetmeliğin öngördüğü sıhhi hesaplama ile belirlenir. Yemekhanesinde yemeği kendisi yapan ve 100 kişiden fazla kişiye hizmet eden mutfakların davlumbazlarında otomatik söndürme sistemi yapılması mecburidir. Bina yüksekliği 21,5 metreden yüksek veya toplam kapalı alanı 5000 m<sup>2</sup>' den büyük olan yapılarda otomatik duman algılama ve ihbar sistemi yapılması mecburidir. Tüm acil çıkışların yanlarına manuel ihbar butonları yapılması gerekir. 50 kişiden fazla insan bulunan her türlü yapıda söndürme ekibi, kurtarma ekibi, koruma ekibi ve ilkyardım ekibi kurulmalıdır. Ekiplerin görev ve çalışma esaslarda yönetmelikle detaylandırılmıştır. Bu ekiplerin eğitimleri mahalli itfaiye ve sivil savunma teşkilatlarından yararlanılarak yapılır. En az sene de bir kez söndürme ve tahliye tatbikatı yapılmalıdır. Bunların yanında korunumlu yangın merdivenlerine herhangi bir şaft boşluğunun bulunamayacağı, elektrik tesisatlarının exproof olması gerektiği gibi birçok ayrıntılı önlemler de yönetmelikte yer almaktadır [1].

Yönetmelik her türlü yapı için ayrı çözümler getirmiştir. Tez çalışması içeriğine uygun olması açısından eğitim kurumları ile ilgili kısımlar işlenmiştir. Yönetmelik asgari olarak belirlediği bu önlemlere ilave önlemler getirmek işverene bırakılmıştır fakat, ek önlemler içinde yerel itfaiyeden olur alması gerekir. Bu yönetmeliğin denetimini yerel itfaiyelerden yetkili kişiler yapmaktadır. Yönetmelik hükümlerinin uygulanmasından görev, yetki ve sorumluluk olarak yapı ruhsatı vermeye yetkili idareler, yatırımcı kuruluşlar, yapı sahipleri, işveren ve temsilcileri, tasarım ve uygulamasında görevli mimar ve mühendisler ile uygulayıcı yükleniciler, yapının yapılmasında ve kullanımında görev alan müşavir, danışman, proje kontrol, yapı denetim ve işletme yetkilileri sorumludur. Dolayısı ile itfaiye denetim yaptıktan ve gereken önlemleri aldırdıktan sonra tüm sistemlerin işleyişi yapı sahibi ya da işletmeci sorumluluğunda olmaktadır. Bu durumda genel karşılaşılan durum ise, belirli bir süre sonra sistemlerin bakım, onarım gibi işlerinin yapılmaması nedeniyle var olan fakat işe yaramayan yangın önlemleri haline gelmektedir.

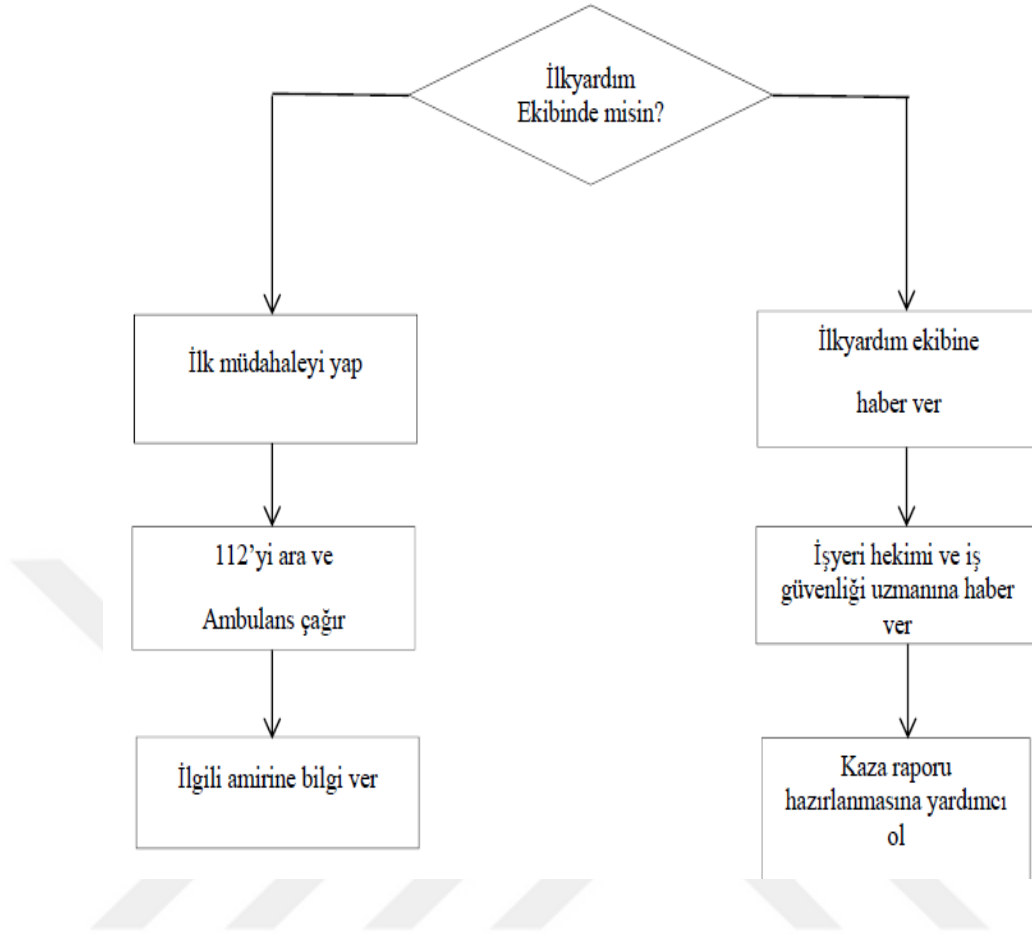
### **3.3. İş Yerlerinde Acil Durumlar Hakkındaki Yönetmelik**

18.06.2013 tarih ve 28681 sayılı ile resmi gazetede yayımlanmış olan bu yönetmelik ile yasa koyucunun amacı, işyerlerinde acil durum planlarının hazırlanması, önleme, koruma, tahliye, yangınla mücadele, ilkyardım ve benzeri konularda yapılması gerekenler, görevlendirilecek çalışanların belirlenmesi ile ilgili usul ve esasların düzenlenmektir [2].

AFAD tarafından acil durum planlamasının, insanın malı ve canıyla diğer faaliyetlerinin, olağan dışı olayların sonuçlarından en az kayıp ve zararla kurtulabilmesi için yapılması gerekenlerin, olaylar meydana gelmeden önce planlanması ve olay sırasında hızlı ve etkili bir şekilde uygulanmasını gerektiren tüm faaliyetler şeklinde tanımlaması yapılmıştır.

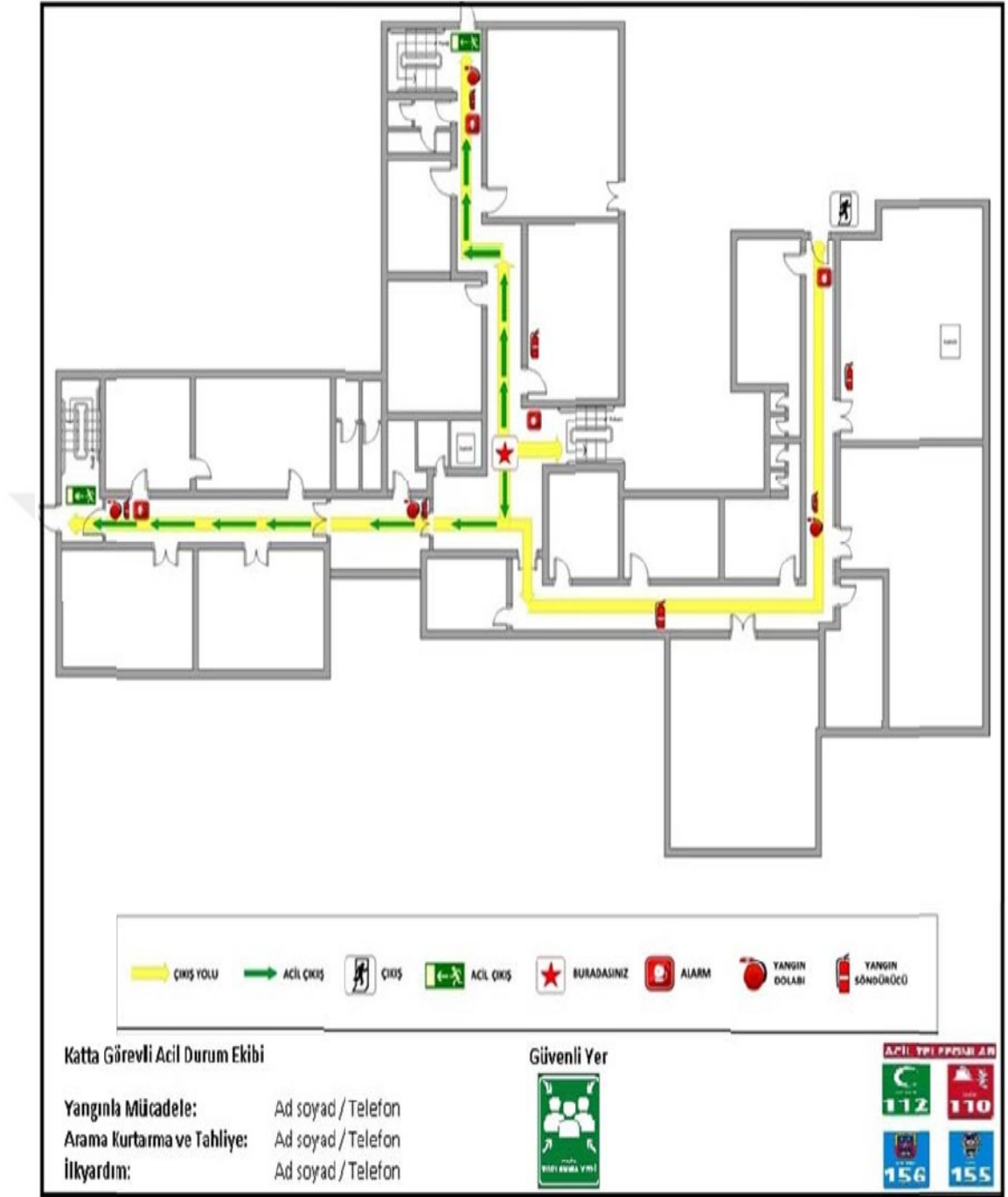
Yönetmelik 7. ve 8. maddelerde acil durum planı ve acil durum planının belirlenmesinde dikkat edilecek hususları açıklarken, 9, 10 ve 11. maddelerde önleyici ve sınırlayıcı tedbirler, acil durum müdahale ve tahliye yöntemleri ve

görevlendirilecek çalışanların belirlenmesi konularını işlemektedir. Yönetmeliğe göre yılda en az 1 kez tatbikat yapılmalı, denetlenmeli ve gerekli görülen eksiklerin düzeltilmesi gerekmektedir. Yapıda, acil durumu etkileyecek veya yeni acil durumun ortaya çıkmasına neden olacak herhangi bir değişiklik yapılması durumunda acil durum eylem planlarının kısmen veya tamamen yenilenmesi gerekir. Ayrıca 6331 sayılı kanun gereği oluşturulması gereken acil durum ekiplerinde görev alan kişilerin özel olarak eğitim almaları, diğer çalışanların ise bilgilendirilmesi gerekmektedir. Acil durum eylem planlarında belirlenen ekiplerin görev ve sorumlulukları ayrıntılı olarak belirtilmelidir. Ekiplerde görev alacak kişi sayısı, yönetmelikçe belirlenmiş tehlike sınıflarına göre işletmede çalışan kişi sayısına bağlı olarak belirlenir. Acil bir durumda müdahale yöntemi, işveren tarafından 10. madde 1. fıkra uyarınca uyarı verme, aram, kurtarma, tahliye, haberleşme, ilkyardım ve yangınla mücadele gibi uygulamaların belirlenmesi ve yazılı hale getirilmesi gerekmektedir. Örneğin ilkyardım ve tahliye gerektiren bir acil durum örneği şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. İlk yardım ve tahliye gerektirecek olay ve kazalar için acil durum müdahale yöntemi

Bununla birlikte tahliye yönteminin de belirlenmesi gerekmektedir. Tahliye yöntemi, yapılarda yığılma ve en kısa sürede tahliyeyi sağlamak için her kata özel belirlenmelidir. Kat planı şeklinde hazırlanan bu tahliye yöntemleri her katta herkesi görebileceği şekilde bir yere asılarak sabitlenmelidir. Şekil 3.2.'de örnek bir tahliye yönteminde kat planı örneği görülmektedir.



Şekil 3.2. Tahliye Planında Kat Planı Örneği

## **BÖLÜM 4. OKULLARDA YANGIN EĞİTİMİ**

Toplumların kalkınmasında eğitimde ki değişim ve yeniliklerin takibi ve uygulanması çok önemlidir[5]. Bir ülkede afet ve acil durum hazırlıklarını etkileyen birçok faktör vardır, fakat eğitim çok önemli yer tutar. Dünyada gelişmiş veya gelişen ülkelerde eğitimin ulusal kalkınmaya olan önemli katkısının farkına varılmış, özel veya kamu kurumlarında eğitim önemli bir araç olarak kullanılır hale gelmiştir [6].

Yangın birçok sebeple meydana gelebilen bir doğal afettir. Yangın, kontrolsüz bir yanma olayıdır. Yangın denilince akla büyük çapta bir felaket gelse de, basit bir tutuşma ile oluşan bir ateşin hızlı bir müdahale ile söndürülmesi de yangın müdahalesidir. Küçük çapta da olsa kontrolsüz yanma bir yangındır. ‘Yılanın başını küçükken ezmek gerekir’ atasözünü kılavuz kabul ederek, yangının da başını büyümeden söndürmek gerekir. Yangın anı, insanların panik ile normal davranışlarını sergileyemediği bir durumdur. Yangına hazırlıklı olmak için önce ciddi bir bilinç, daha sonra eğitim, tatbikat vb... olgular gerekir.

### **4.1. Yangın Bilinci**

İnsan bilinci, kişinin her parçasının çevresiyle etkileşimi ile oluşur. Beyin, bilinçli farkındalık üretmede temel bir rol oynamaktadır. Bilincin, duygu, duyum, düşünce ve algı gibi nöral aktivitelere bağlı olarak değişen farklı biçimleri vardır. Dikkatin odağı istenilen konuya çekilebilir. İstenilen bir konuya yönlendirilen kişide bilinçli farkındalık da olaylar belleğe kaydedilip kodlanmakta, ilerleyen zamanda istenilen uyarı gelince hatırlanmakta ve kişi yaptığı farkındalığını yaşamaktadır [7].

Günümüzde yangın için yapılan tatbikatlar gözlemlendiğinde, mecburiyetten yapılan, lakayt geçen, gayri ciddi bir organizasyon olarak geçmektedir. Yangın bilincinin ciddiyetini artırmak birinci amaç olmalıdır. ‘Ağaç yaş iken eğilir’ atasözüne uygun olarak, bu bilinç küçük yaşta kazandırmak daha kolay ve etkili olacaktır. Bazı ev yangınlarında, yangın henüz çok küçükken ilk görenin çocuk olduğu, fakat ateşi görerek korkup kaçtığı ve saklandığı, yangının büyüyerek tüm evi sardığı görülmüştür. Çocuklara yangın bilinci aşılanmalı, okullarda ders, tatbikat, konferans ve geziler düzenlenerek bilgi seviyeleri artırılmalı, bu tür çalışmalar bir kültür haline gelmelidir.

Yangın belki sürekli görmediğimiz bir felakettir buna rağmen, hemen her gün küçüklü büyüklü meydana gelir. Bir bilinçlendirme için Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığının 2019 yılı boyunca müdahale ettiği tüm olaylar Tablo 4.1.’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4.1. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı 2019 Yılı Müdahale Edilen Acil Durum İstatistik Çizelgesi (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Arşivi, 2019)

(1) YANGININ TÜRÜ		(2) YANAN YERİN İNŞAAT MALZEMESİNE GÖRE CİNSİ				(4) YANMA DERESESİ				(6) YANGIN KAYBI			(7) YANGININ NEDENİ										8) AÇIKLAMALAR													
		BETONARME	ÇELİK	AHSAP	KAĞIRAK	DİĞER	TOPLAM	BAŞLANGIÇTA SONDURULAN KISIMEN YANARAK KURTARILAN	TAMAMEN YANAN	DİĞER	TOPLAM	İNSAN	HAYVAN	MADDİ ZARAR	ELEKTRİK KONTAĞI	LPG, DOĞALGAZ VS.	OCAK, SOBA, KALORİFER	BACA TUTUŞMASI	SİGARA KIBRIT	AKARYAKIT	PATLAYICI MADDE	YILDIRIM DÜŞMESİ		SABOTAJ	ÇATI	DİĞER										
																											İNSAN	HAYVAN	MADDİ ZARAR							
BİNA YANGINLARI	KAMU BİNA	22	1	0	0	8	31	11	13	0	7	31	0	0	0	0,00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28								
	ÖZEL BİNA	669	4	35	0	86	794	271	404	39	80	794	4	0	0	0,00	19	3	34	131	1	0	0	0	1	0	63	542								
ATÖLYE İMALATHANE FABRİKA VB. YANGINLARI		66	37	1	0	42	146	49	68	9	20	146	5	0	0	0,00	3	0	0	4	0	0	1	0	0	0	138									
MOTORLU ARAÇ YANGIN.		0	1	0	0	406	407	76	224	55	52	407	0	0	0	0,00	7	1	0	0	0	1	0	0	1	0	397									
ODUN, KÖMÜR, DEĞ. VS. YANGINLARI		28	6	4	0	23	61	6	43	9	3	61	0	0	0	0,00	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	59									
ORMANLIK FİDANLIK YANG.		1	0	3	0	120	124	16	67	10	31	124	0	0	0	0,00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123									
OT-SAMAN-ÇÖP-EKİN YANG.		8	2	3	0	1478	1278	80	853	200	145	1278	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	18	1	1259									
DİĞER YANGINLAR		99	6	20	0	603	418	64	161	50	143	418	0	0	0	0,00	9	13	1	5	1	0	2	0	1	4	382									
GENEL TOPLAM		893	57	66	0	2766	3782	573	1833	372	481	3259	9	0	0	0	41	17	36	140	3	1	3	0	22	68	2928									
KURTARMA ÇALIŞMALAR VE DİĞER HİZMETLERİMİZ																																				
				ÖLÜ		YARALI																														
TRAFİK KAZASI KURTARMA				519		30		783																												
TEKNİK KURTARMA (İNSAN)				574		7		64																												
TEKNİK KURTARMA (HAYVAN)				2376				2																												
SEL(SU) BASKINI TAHLİYE ÇALIŞMASI				319																																
DİĞER				743		2		10																												
KAPI AÇMA HİZMETİ				521		6		3																												
				HİZMET TOPLAM		5052		45		862																										
				YANGIN TOPLAM		3782																														
GENEL TOPLAM:				8834																																

## 4.2. Yangın Eğitimi

Yangın için verilecek eğitimlerde profesyonel çalışmalar yapılmalıdır. Örneğin okullarda yangına müdahale için kurulmuş olan ekipteki kişilere, yangına müdahale için verilen eğitimlere bakıldığında, açık alanda küçük bir ateş yakılması ve bir yangın tüpü kullanılarak söndürülmesi şeklinde yapıldığı görülmektedir. Fakat Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiyesi eğitim için gelen kişileri yangına müdahale eğitimlerinde gerçek yangın ve duman içeren simülatörlerde, yangına dayanımlı özel kıyafetler ve temiz hava solunum cihazı ile kuşandırarak söndürme, yön tespiti, dumandan korunma konularını yaşatarak öğretmektedir. Ayrıca okullarda kurtarma ekibi eğitimleri ise aynı gerçek senaryo yaşatılarak kazazede kurtarma yöntemleri, işin mutfağında aktarılmaktadır. Bu ekiplerin eğitimleri bu şekilde yapılırken, okullarda ki diğer personel ve öğrencilerde yangın anında ne gibi davranışlar sergilemeleri gerektiği ve nasıl tahliye olunacağı konularında bilgilendirilerek yapılan tatbikatlar bir senaryo eşliğinde, yangın ihbar sisteminin devreye girmesi sağlanarak gerçekçi bir şekilde ve habersiz yapılmaktadır. Bu sayede hatalar çıplak gözle görülerek giderilmekte, gerçek bir felakete hazırlık yapılmaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı Önleme ve Eğitim Şube Müdürlüğü tarafından verilen eğitimlerin içeriğinin bir örneği Tablo 4.2.'de görülmektedir.

Tablo 4.2. İlk Hafta Eğitim çizelgesi

Ders Saatleri	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
	Yangın Eğitimi	Yangın Eğitimi	Yangın Eğitimi	Yangın Eğitimi	Yangın Eğitimi
09:30-10:10	Yanma Yangın Teorisi	Kişisel Koruyucu Donanımlar	Kapı Açma ve Yangın İlerleme Teknikleri	Ekip Kurulumu ve Organizasyonu	Gaz Yangınlarına Müdahale Teknikleri
Eğitmen					
10:10-10:20	Ara	Ara	Ara	Ara	Ara
10:20-11:00	Yanma Yangın Teorisi	Temiz Hava Solunum Cihazı	Kapı Açma ve Yangın İlerleme Teknikleri	Ekip Kurulumu ve Organizasyonu	Gaz Yangınlarına Müdahale Teknikleri

Eğitmen

Tablo 4.2. (Devamı)

11:00-11:10	Ara	Ara	Ara	Ara	Ara
11:10-11:50	Yangın Yerindeki Tehlikeler	Temiz Hava Solunum Cihazı	Kapı Açma ve Yangın İlerleme Teknikleri	Ekip Kurulumu ve Organizasyonu	Gaz Yangınlarına Müdahale Teknikleri
Eğitmen					
11:50-12:00	Ara	Ara	Ara	Ara	Ara
12:00-12:40	Yangın Yerindeki Tehlikeler	Temiz Hava Solunum Cihazı	Kapı Açma ve Yangın İlerleme Teknikleri	Ekip Kurulumu ve Organizasyonu	Gaz Yangınlarına Müdahale Teknikleri
Eğitmen					

### 4.3. Yangın Tahliye Tatbikatı

Yapılan tüm tatbikatlarda amaç, acil durumun cinsine göre yapılması gerekenleri insanların bilinçaltlarına yerleştirmektir. Gerçek bir acil durumda bireysel veya kurumsal olarak beceriler kazandırmaktır. İnsanlar panikle normal davranışlarını sergileyemedikleri, korku ile yapılmaması gereken davranışlar gösterdikleri için bu tatbikatlar hayati öneme sahiptir [9]. Bazı yangınlarda insanların yüksek binaların camlarından atladıkları, yangın anında yükselen dumandan korunmamaları sonucu zehirlenerek bilinç kayıpları yaşadıkları, yangın henüz çok küçükken yanlış müdahale ile hem kendilerine zarar verdikleri, hem de yangının büyümesine yol açıkları haberlere kadar yansıyan acı bir durumdur. Tüm bunların önüne geçmek için acil durumlara hazırlık olunması gerekmektedir.

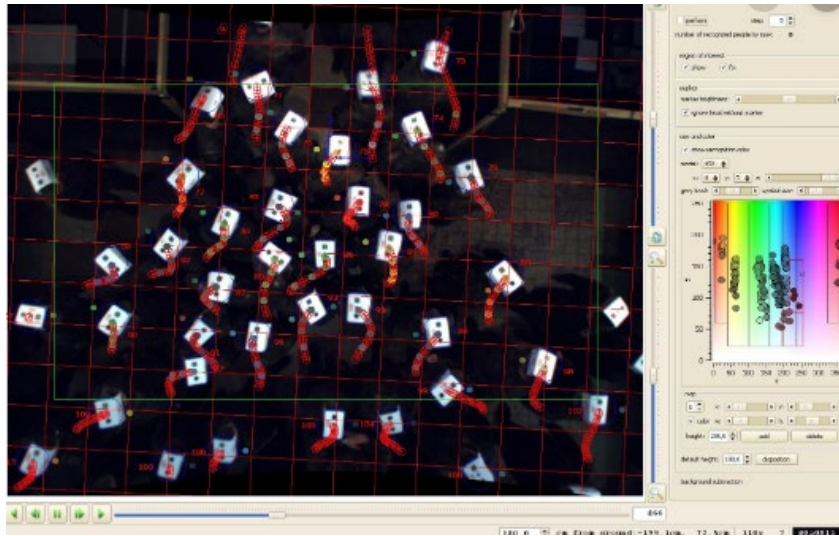
Yangın tatbikatları, belirlenen bir senaryo eşliğinde hazırlanmış olan acil durum eylem planlarına göre yapılır. Acil durum eylem planlarında, yangın anında ne şekilde tahliye olunacağı işlenmiş olmalı, her katta tahliye için hazırlanmış kat planları bulunmalı, acil durum eylem planlarında belirlenen ekipler, tatbikatlarda üzerlerine düşen görevleri yerine getirmelidir. Bu tatbikatlarda yerel itfaiyeden de destek alınması, tatbikatın profesyonellik seviyesini arttıracaktır.



## BÖLÜM 5. SİMÜLASYON PROGRAMLARI

### 5.1. Petrack

Jülich Araştırma Merkezi'nin geliştirmiş olduğu bir yazılımdır. Petrack bilgisayar yazılımı trafikte ki yayalar üzerinde geliştirilmiş bir programdır. Yaya dinamiklerini anlamak, bunun üzerine modelleme yapmak için yaya hareketlerinin güvenilir ampirik verileri gereklidir. Bu verileri manuel olarak elde etmek çok zaman alır ve genellikle yeterli doğruluğa sahip değildir. Bu nedenle, video kayıtlarından doğru yaya hareketlerini otomatik olarak çıkarmak için Petrack adlı program kullanılır. Video kayıtlarından tüm yayaların hız, akış, yoğunluk, bireysel mesafeler gibi verileri belirler. Bu veriler ile insanların kitlesel hareketleri analiz edilebilir. Program geniş açılı lensler ile yüksek yaya yoğunluğu üzerinde çalışmaktadır. Programın çalışma ekranı Şekil 5.1.'de görüldüğü gibidir.

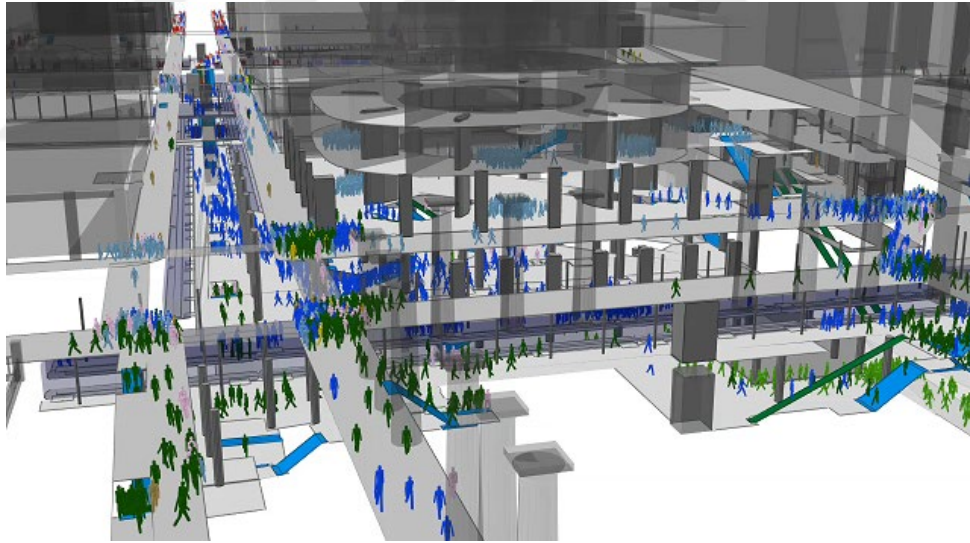


Şekil 5.1. Petrack Bilgisayar Yazılımı (<https://www.fz-juelich.de>, 2021)

## 5.2. Mass Motion

Bir yaya modelleme yazılımıdır ve kişilerin hareketlerini analiz etmek için kullanılır. Bu yaya akış simülasyonu binaları tasarlarken ve acil durum tahliye senaryolarını değerlendirirken kullanılır. Bir futbol stadyumu veya bir hava alanı gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde tercih edilen yazılımda, insanların tahliye süreleri, hızları, yığılma bölgeleri gibi verileri sunmaktadır.

AutoCAD, MicroStation, Rhino, Revit gibi 3D modelleme programlarından yapılmış olan 3 boyutlu çizimleri aktararak mimari çalışmanın zeminini oluşturma imkanı vermektedir. Ayrıca program elde ettiği verileri Microsoft Excell üzerinde kayıt alabilmektedir [11]. MassMotion simülasyon programında yapılan bir tahliye çalışması Şekil 5.2.'de görülmektedir.

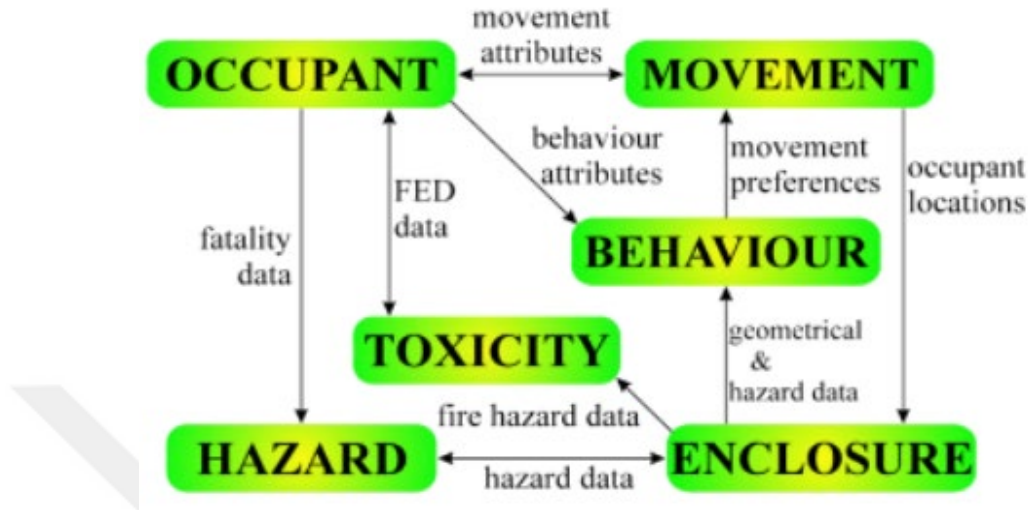


Şekil 5.2. MassMotion Bilgisayar Yazılımı ile Hazırlanmış Örnek Çalışma (<https://csengineermag.com>, 2021)

## 5.3. Building Exodus

Program Greenwich Üniversitesinde Prof. Ed Galea ve ekibi tarafından nesnel teknikler kullanılarak C++ programa dili ile yazılmış bir programdır. Yazılım, tüm bireylerin ısı ve zehirli gazlar gibi yangın tehlikelerinden kaçışlarını simüle eder. Beş

temel etkileşimli alt modelden oluşur. Alt modellerin çalışma biçimi Şekil 5.3.'de görülmektedir.



Şekil 5.3. BuildingEXODUS Alt Modelleri (<https://fseg.gre.ac.uk>, 2021)

### 5.3.1. Movement submodel

İnsanların mevcut konumlarından en uygun komşu konuma fiziksel hareketlerini veya bekleme süresini kontrol eder. İnsanların birbirlerini geçme, basamak değiştirme ve diğer diğer kaçış eylemlerini içerir.

### 5.3.2. Behaviour submodel

Bireylerin acil durumda belirlenmiş olan tepkilerini belirler. Bu kararı Movement Submodel' a aktarır. Bu alt model küresel veya yerel olmak üzere iki düzeyde çalışır. Yerel davranış, bireyin yerel duruma tepkisini belirlerken, küresel davranış ise birey tarafından kullanılan genel stratejiyi belirler. En yakın çıkıştan kaçış veya önceden tanımlanmış bildiği çıkıştan kaçış örnek olarak verilebilir.

### 5.3.3. Ocupant submodel

Bireyin cinsiyet, yaş, maksimum çalışma hızı, maksimum yürüme hızı, tepki süresi, çeviklik vb. özellikleri ve değişkenleri tanımlayan modeldir.

### 5.3.4. Hazar submodel

Atmosferik ve fiziksel çevreyi kontrol eden modeldir. Isı, duman ve zehirleyici ürünler gibi önceden belirlenmiş yangın tehlikelerini atmosfer boyunca dağıtır ve çıkışların açılıp kapanmasını kontrol eder.

### 5.3.5. Toxicity submodel

Dağılan zehirleyici ürünlere maruz kalan bireyler üzerindeki etkileri belirler. Bu etkiler bireyin tahliye hareketlerini belirleyen Movement Submodel' a aktarılır. Yapılmış örnek çalışmalar Şekil 5.4.'de görülmektedir.



Şekil 5.4. BuildingExodus yazılımı ile hazırlanmış zemin kat planı (<https://fseg.gre.ac.uk>, 2021)

#### 5.4. Simulex

Geometrisi her türlü değişkeni içeren yapıda tahliye simülasyonu yapan bilgisayar yazılımıdır. Programda binanın mimari çizimi bir CAD programı ile elde edilir ve DXF dosyası olarak tahliye yazılımına aktarılır. Bu sayede üzerinde çalışılacak 2 boyutlu kat planları oluşturulur. Daha sonra çıkışlar, bağlantı noktaları, merdiven, pencere gibi fiziki parametreler belirlenir. Tahliye çalışması yapılacak kişilerin özellikleride yazılıma girildikten sonra simülasyona hazır hale gelir.

Programda ki bir engel, 50 çıkış noktası, 100 merdiven ile 100 bağlantı noktası tanımlanabilmesidir. Bu parametrelerin büyüklük, yön, ve yerleri kullanıcı tarafından belirnebilir [15]. Örnek bir çalışma Şekil 5.5.'de görölmektedir.



Şekil 5.5. Simulex simülasyon yazılımından örnek bir çalışma (<https://www.iesve.com>, 2021)

Tahliyeyi görsel olarak kullanıcıya gösteren bir yazılımdır. Tahliye gerçekleşirken bireysel olarak kişilerin davranışları izlenebilmekte, yürüme yolları, dar bozlar, yığılma bölgeleri gibi noktalar görülebilmektedir [17].

## 5.5. Pathfinder

Thunderhead Engineering tarafından geliştirilmiş bir programdır. CAD programları ile mimari çizimi hazırlanmış DXF, DWG gibi dosyaların aktarımı yapılabildiği gibi, direk yazılım üzerinden de çizim yapılabilmektedir. İlerleyen süreçte yangın ve tahliye olarak ayrılarak, kendi içerisinde uzmanlaşmayı tercih etmiştir.

Program grafik kullanım ara yüzü, simülasyon ve üç boyutlu sonuç göstericisi olarak üç birim ile çalışmaktadır. Tahliye olan kazazedeler kullanıcı olarak adlandırılır. Program simülasyon yaparken steering mod (bağımsız yönlenme modu) ve SFPE mod olarak iki ayrı çözümleme metodu kullanır.

### 5.5.1. SFPE mod ile çözümleme

Bu mod SFPE Yangından Korunma Mühendisliği El Kitabı (Nelson ve Mowrer, 2002) ve SFPE Mühendislik Kılavuzu, Yangın Sırasında İnsan Davranışı (SFPE, 2002)' de belirtilen acil durum kaçış modelleme tekniklerini kullanmaktadır. El kitabında belirtilen SFPE, kapı ve koridorlardan geçen kullanıcıların yürüme ve akış hızlarının tanımlandığı bir akış modudur.

Programın ara yüzünde kapı, oda ve merdivenler olarak üç tür bileşen görünür. Odalar kullanıcıların yürüyebildiği açık alanlardır. Koridorlarda bu kapsam içine girer. Merdivenler eğimine ve basamak sayısına bağlı olarak kullanıcılarının hızlarını etkileyen alanlardır. Kapılar ise kapılar ve odaları birbirine bağlayan ve kullanıcıların hızlarını kısıtlayan ara birimleridir. SFPE modunda şu parametreler kullanılmaktadır.

Maksimum oda yoğunluğu ( $D_{max}$ , normal 3,55 kişi/m<sup>2</sup>), kapı ve merdivenlerden kaç kişinin geçebileceğini göstermektedir. Pathfinder, hareket hızlarını ve akış hızlarını hesaplamak için oda yoğunluğu parametresini kullanır.

Sınır katmanı (BL), kapıların etki değerini kontrol eder. Bu etki değeri  $W-2*BL$  olarak hesaplanmaktadır.  $W$  kapının gerçek genişliğidir ve kullanıcıların kapılardan geçme hızlarını belirler.

Fazla yoğun kapılarda akış hızı, hesaplanan spesifik akış kullanım şeklinde belirtilen parametre açık ve kapalı şekilde programda kullanılabilen bir parametredir. Varsayılan durum için açık konumda tutulan bu parametre, yoğunluğuna göre kapıya özel çıkış hesaplaması istediği durumda kapalı konuma getirilerek istenilen değer girilebilmektedir.

$$v_b = v_{max} * v_f(D) * v_{ft} \quad (5.1)$$

$v_b$  baz hız olarak belirtilir ve oda, merdiven ve kapı gibi etmenler neticesinde bir ortalama sunmaktadır.  $v_{max}$ , programın ara yüzüne hız değeri olarak girildiğinde, kullanıcı bu maksimum hızın üzerine çıkamamaktadır.

$v_f(D)$  kullanıcı yoğunluğunun hız oranıdır ve şöyle hesaplanmaktadır.

$$v_f(D) = \begin{cases} 1, & D < .55 \frac{pers}{m^2} \\ \max \left[ v_{fmin}, \frac{1}{.85} (1 - .266d) \right], & D > .55 \frac{pers}{m^2} \end{cases} \quad (5.2)$$

$v_{fmin}$  programın ara yüzüne tanımlanan minimum hız ve  $D$  odada ki mevcut kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir.

$v_{ft}$  kullanıcıların tahliye sırandan kullandığı kapı, geçtiği merdiven ve yürüdüğü oda durumlarına bağlı hız oranını göstermektedir.

$$vft=k/1.4 \quad (5.3)$$

Oda ve rampalarda  $k=1,4$  m/s, merdivenlerde merdivenin basamak eğimi  $k$  değerinde etkendir. SFPE el kitabında merdiven basamak eğimleri Tablo 5.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. SFPE El Kitabı  $k$  Değerleri

Basamak Yüksekliği	Basamak Genişliği	$k$
7,5	10	1
7	11	1,08
6,5	12	1,16
6,5	13	1,23

$$\text{Basamak Eğimi} = \text{Basamak Yüksekliği} / \text{Basamak Genişliği} \quad (5.4)$$

Program bu değerler üzerinden hesaplama yapmaktadır. Eğim üst sınırında  $k$  0,34 olarak sabittir. Bunun üzerinde eğimler tahliye gerçekleşmez.

Yoğunluk  $D$ , yoğunluk herhangi bir odada tek tip olarak kabul edilmektedir.

$$D = \text{Nkişi sayısı} / \text{Aoda alanı} - \text{Asınır tabakası} \quad (5.5)$$

Nkişi sayısı, odada bulunan kullanıcıların sayısı, Aoda alanı ve Asınır tabakasının çarpımı ile hesaplanmaktadır.

SFPE modu program ara yüzünde seçildiğinde, kapı akış hızı içinde bulunan simülasyon parametreleri kısmının davranış sekmesinden ayarlandığı gibi sınır katmanı tarafından odadaki sınır kenarlarının uzunluğunu göstermektedir.

Odalarda, merdivenlerde kapılarda, programın ara yüzünden bazı hızlar ve hız sabitleri girilebilmektedir. Yürüyen merdivenler ve yürüyen yollar gibi özel durumların bu girdiler ile taklit edilerek çözümlenebilmektedir. Normal koşullarda

tüm kullanım alanlarının hız değişkeni 1'dir. Bir kullanıcı hız değiştireceği bir geometriye girdiği zaman o kullanıcının hızı,

$$v = kv \cdot vb \quad (5.6)$$

$kv$  hız katsayısı ve  $vb$  kullanıcının normal hızıdır. Burada katsayı değiştirildiği durumda kullanıcının hızı belirlenen geometride değişim göstermektedir.

SFPE modunda Pathfinder simülasyon çözümlemesi yaparken kullanıcıların kapılardan ne kadar hızla geçeceğine izin verildiği bir gecikme zamanlayıcısı kullanılmaktadır. Bir kullanıcı kapıdan geçtiği zaman, kapının akışına göre gecikme zamanı hesaplanmaktadır. Bu gecikme süresi her kullanıcı geçişinde bir sonraki kullanıcının geçmesine izin verildiği süredir.

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

$$Fs = (1 - .266 * D) * k * D \quad (5.7)$$

Tahliye hız sabiti  $k$  kapıdan önce ortamın yapısına bağlıdır ve  $D$  kapının bir araya getirdiği iki ortamın maksimum kullanıcı yoğunluklarını göstermektedir. Denklem ile yapılan hesaplamalar 1,9-3,0 kullanıcı/m<sup>2</sup> arasındadır. Bu aralık düşük yoğunlukta akışın yavaşlamamasını, yüksek yoğunlukta ise akışın durmamasını sağlamaktadır.

Program ara yüzünde, spesifik akış seçili ise simülatör yukarıda anlatıldığı gibi hesaplama yapmaktadır. Aksi durumda akış oranını en yüksek seviyeye çıkarmak için 1,88 kullanıcı/m<sup>2</sup> olarak ayarlanabilmektedir. 'n' bir kullanıcının bir kapıdan geçmesi için gereken süreyi göstermektedir.

$$T = n - 1 / Fs \quad (5.8)$$

Kapıdan ilk geçen kullanıcının gecikme süresi beklemesi gerektiği için n değeri bir azaltılmaktadır.

### 5.5.2.Bağımsız yönlenme modu (steering mod)

Bu mod da simülator kullanıcıların hedefe ulaşması sırasında yoldan çıkmasına izin vermektedir. Kullanıcının arama eğrisini takibini kontrol etmek için yönlenme mekanizmalarını ve çarpışma idaresi kombinasyonunu kullanmaktadır [18].

Hız, simülator kullanıcılar tahliye sırasında ilerlerken geçmiş oldukları ortama, belirlenen maksimum hıza, etrafındaki ve yakınındaki diğer kullanıcılara bağlı olarak bir maksimum hız  $V_{max}$  hesaplamaktadır. Bir kullanıcının etrafında ki kullanıcılara bağlı olarak kullanıcı yoğunluğu (D) hesaplanmaktadır ve bu değer denklemler ile SFPE modundaki V yi hesaplamak için kullanılarak  $V_{max}$  hesaplanır.

Bu mod da,  $V_{max}$  değerini hesaplamak için kullanılan  $V_f(D)$  ve  $V_{ft}$ , varsayılan değer olarak kullanılabilir gibi kullanıcı tarafından da atanabilmektedir.  $V_f(D)$ , merdiven eğimi, kapı vb. gibi farklı mahallere göre kullanıcı yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak atanmaktadır. Geometride merdivenler ve rampalar için eğim hesaplaması yapılmaktadır. Bu eğim şu şekilde hesaplanır.

$$\text{Eğim} = \frac{\sqrt{n_x^2 + n_y^2}}{n_z} \quad (5.9)$$

$n_x$ ,  $n_y$  ve  $n_z$  üçgenin bileşenlerini göstermektedir. Buna ek olarak kullanıcının merdiven veya rampadan inip çıkması için farklı  $v_f(D)$  ve  $v_{ft}$  değerleri tanımlanabilmektedir.

Hızlanma, kullanıcının ivmesi hız vektörüne bağlı olarak birçok bileşenden oluşmaktadır.

İvmenin teğetsel ileri bileşeni,

$$af_{max} = v_{max} / T_{ivmelenme} \quad (5.10)$$

Tivmelenme kullanıcının hızlanma süresidir. Tivmelenme teğetsel ters bileşeni,

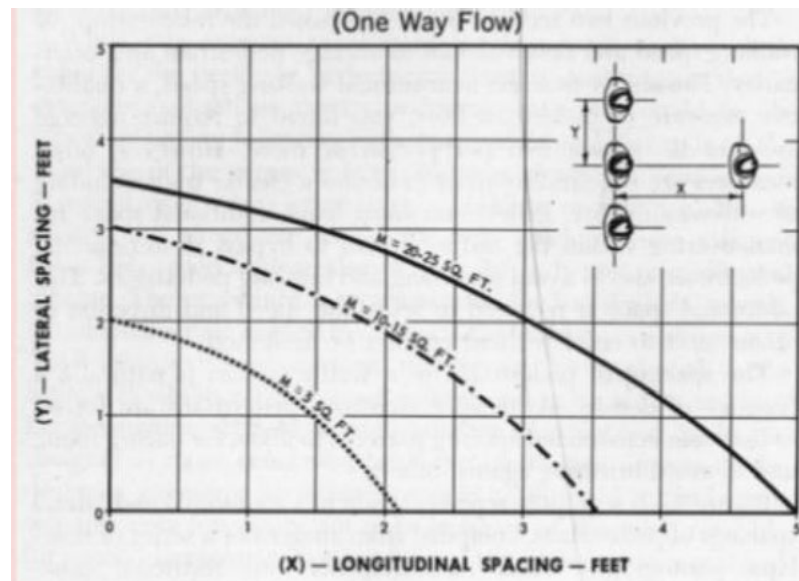
$$ab_{max} = 2 * af_{max} \quad (5.11)$$

İvmenin radyal bileşeni,

$$ar_{max} = 1.5 * af_{max} \quad (5.12)$$

Buradan elde edilen veriler gerçek ivmeyi belirlemede kullanılmaktadır.

Bir kullanıcı için  $V_{max}$  hesaplanmak amaçlanıyor ise, o kullanıcının yolcu yoğunluğu (D) bilinmesi gerekmektedir. Pathfinder, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bir kullanıcının yakınında ki kullanıcılara olan aralıklarını, uzunlamasına ve yanal boşluklara göre yoğunluk ilişkisi kullanılarak yoğunluk tahmini yapmaktadır.



Şekil 5.6. Kullanıcıların Ortalama Boy ve Yanal Aralığı (Fruin, 1987)

Şekil 5.6.'da eliptik olarak görülen çizgiler program tarafından tahmin edilerek çizilmektedir ve  $Y=0$  noktasına yansıtılmaktadır. Bir kullanıcının yoğunluğu hesaplanmak istediği durumda, kullanıcının hızı X eksenine hizalanır, başlangıç noktası bir koordinat oluşturacak şekilde kullanıcının konumuna denk getirilmektedir. Kendisine yakın olan kullanıcılarında konumları koordinat sisteminde belirlenmektedir. X değeri 0'dan küçük kullanıcılar dikkate alınmaz. X değeri 0 ise veya sıfırdan büyük ise enterpolasyon veya yoğunluk eğrilerine bakılır, koordinat sisteminden yansıtma yoluyla yoğunluk değerine ulaşılmaktadır.

Bağımsız yönlendirme, pahtfinder, kullanıcıları arama eğrisine göre hareket ettirmektedir ve kullanıcılar değişen mahallere göre farklı tepkiler verebilmektedir. Simülörde kullanılan ters yönlendirme, kullanıcıların en kısa sürede tahliyesini göstermektedir. Kullanıcıların yönlendirme davranışları, buldukları konuma göre belirlenmektedir. Simülör bir kullanıcı için birden fazla yönlendirme tanımlamaktadır.

Arama, kullanıcılar yön aramayı bir arama eğrisine göre yapmaktadır. Yönler ve arama eğrisi verildiğinde arama davranış değerleri ile teğet arasında ki eğimin büyüklüğü kullanıcının seçeceği yönü belirler. Şu şekilde hesaplanır.

$$C_{\text{arama}} = Q_t / 2\pi \quad (5.13)$$

$Q_t$ , yön ve arama eğrisine teğet olan vektör arasındaki açıyı göstermektedir.

Yalnızlık, bu davranış kullanıcının, diğer kullanıcılar ile arasındaki mesafeyi koruması için kullanılmaktadır. Bu davranış ile yalnız kalmış olan bir kullanıcı, diğer kullanıcılar ile arasında belirlenen mesafeyi korumaya uygun hareket etmesi gerekmektedir. bu davranış vektörü, kullanıcı ayırma vektörler ortalaması olarak şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$\bar{m} = \frac{1}{n_{occ}} \sum_{i=1}^{n_{occ}} \bar{m}_i \quad (5.14)$$

Burada  $n_{occ}$  kullanıcının uzaklaşmak istediği kullanıcı sayısını göstermektedir. kullanıcı yalnız ise  $\bar{m}_i$  şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$D_{gap} = |\bar{p} - \bar{p}_i| - r - r_i \quad (5.15)$$

$$\bar{m}_i = (D_{gap} - D_{sep}) * \bar{p} - p_i / (|\bar{p} - \bar{p}_i|) \quad (5.16)$$

$p$  bir kullanıcının konumunu,  $r$  kullanıcının yarıçapını ve  $D_{sep}$  kullanıcının istenen ayrılma mesafesini göstermektedir. Hareket vektörü belirlendikten sonra bu davranış ters yönlendirme gibi çalışmaktadır. Hesabı ise,

$$C_{sep} = 1 - (\bar{m}_i * \bar{d}_s) \quad (5.17)$$

$\bar{d}_s$  örnek yönü göstermektedir.

Duvardan sakınma, bu davranış ile kullanıcılar duvarları algılamakta ve çarpışmamak için yön değiştirmektedir. Kullanıcı tahmin edilen yöne doğru hareket ederken önünde hareket eden bir silindir yansıtılmaktadır. Bu davranışın hesabı kullanıcının tahmin edilen yöndeki gideceği mesafeye göre değişmektedir.

$$D_{min} = v^2_{curr} / 2ab_{max} \quad (5.18)$$

$$D_{max} = D_{min} + \max[v^2_{curr} / (2ab_{max}) \quad v_{curr} \quad t_{wcr}] \quad (5.19)$$

$$C = 1 - \frac{D_{colt} - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \quad (5.20)$$

$$C_{aw} = \begin{cases} 1, & \bar{d}_{stide} * \bar{d}_s < 0 \\ C * (1 - \bar{d}_{stide} * \bar{d}_s), & \bar{d}_{stide} * \bar{d}_s > 0 \end{cases} \quad (5.21)$$

$t_{wcr}$  kullanıcının bir duvara çarpmasına tepki vereceği maksimum süre (sabit 2 saniye),  $a_{bmax}$  maksimum yüzeysel yavaşlama,  $D_{coll}$  çarpma mesafesi,  $d_{slide}$  kullanıcının duvara çarptığı zaman tahmin edeceği yönü,  $d_{dless}$  istenilen yön ve  $d_s$  örnek yönü göstermektedir.

Diğer kullanıcılardan kaçınma, bu davranış, diğer kullanıcılar ile çarpışmayı önleyen bir davranıştır. Bu davranış öncelikle şekil ve boyutu kullanıcının hızına bağlı olarak bir liste oluşturur. Daha sonra kullanıcının önünde hareket eden bir silindir yansıtmaktadır. Hareket eden her kullanıcının bir silindiri olduğu için bu silindirler çarpışmaz ise değeri sıfırdır. Çarpışma noktası ne kadar yaklaşırsa değer o ölçüde artmaktadır.

Değer kullanıcıların en erken çarpışmasına dayalıdır şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$D_{min} = D_{sep} + \frac{v_{curr}^2}{2a_{max}} \quad (5.22)$$

$$D_{max} = D_{min} + \max \left[ \frac{v_{curr}^2}{2a_{max}}, v_{curr} t_{wcr} \right] \quad (5.23)$$

$$C = 1 - \frac{D_{coll} - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \quad (5.24)$$

$D_{sep}$  kullanıcılar arası çarpışma içi aralarındaki ayırma mesafesini göstermektedir (input parametresi  $comfortdist$  ile ayarlanabilmektedir).

Farklı davranış arama, bu davranış, kullanıcının aralık-yoğunluk ve hız-yoğunluk eğrilerinin ilişkisi ile hesaplanmakta ve kullanıcıları tahliye hızlarını maksimuma çıkarmak için kullanıcıları dağıtmaktadır. Örnek bir yön için, kullanıcının bu yönde ilerlediği zaman ki konumu  $v_{max}$ , program ara yüzünde yönlendirme güncelleme aralığı ile tahmin edilebilmektedir. Yönlenme güncelleme aralığı ile etraftaki diğer kullanıcıların da konumları ve mevcut hızları da tahmin edilebilmektedir. Sonrasında yoğunluk verisi ile kullanıcının hızı, hız-yoğunluk eğrisinden bulunabilmektedir. Bulunan bu hız değerini hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$C_{sssep} = 1 - \left( \frac{v_{pred}}{v_{max}} \right)^2 \quad (5.25)$$

$v_{max}$  kullanıcının maksimum hızını,  $v_{pred}$  kullanıcının tahmini hızını göstermektedir.

Arama duvarı, bu davranış kullanıcıları duvarlardan belirli bir mesafede duracak şekilde yönlendirmektedir. Farklı davranış aramada olduğu gibi kullanıcının konumu  $v_{max}$  ve yönlenme güncelleme aralığı kullanılmak sureti ile örnek yön doğrultusunda tahminler yapılmaktadır. Bulunulan konuma yakında duvar değeri hesaplamada kullanılmaktadır.

$$C_{swsep} = 1 - \frac{d_w - r - bl}{bl} \quad (5.26)$$

$d_w$  en yakın duvara olan mesafe ve kullanıcının yarıçapıdır. Değer 0 – 1,25 arasında sabittir.

Belirlenen şeritlerde simülatör bir kullanıcının, diğer kullanıcılara göre ters yönde hareket ettiğini algıladığı anda kullanıcıları şeritlere yönlendirmektedir. Bir kullanıcı, arşı akışta olmayan diğer kullanıcıların kütle merkezlerine doğru hareket etmektedir. Diğer kullanıcılar, bahsi geçen kullanıcının arama eğrisine teğet ve 60 derece içerisinde ise önde olduğunu kabul etmektedirler. Önde olan kullanıcıların kütle merkez vektörü şu şekilde hesaplanır.

$$\overline{v_{cen}} = -\overline{p_{occ}} + \frac{1}{n_{occ}} \sum_{i=1}^{n_{occ}} \overline{p}_i \quad (5.27)$$

$p_{occ}$  kullanıcının konumu,  $n$  öndeki kullanıcı sayısı ve  $p_i$  öndeki  $i$ . kullanıcının konumunu göstermektedir. Şeritlerde davranış değeri şöyle belirlenir.

1. Kullanıcıların şerit lideri olduğu kabul edildiği durumda değer 0 olmaktadır. Önünde karşı akışta kullanıcı yoksa şerit lideri olmaktadır.
2. Tahmin edilen bir ters yön karşı akışa neden olmazsa değer 0 olmaktadır. Kullanıcılardan, karşı akışlı kullanıcıların kütle merkezlerine yönelmiş en az bir vektörün ters yönüne 36 dereceden daha az bir açıya sahipse test yönü ile karşı akışa neden olmaktadır.
3. Değer,  $v_{cen}$  ile test yönü arasındaki açı olarak hesaplanmaktadır.

Geniş davranışı, bu davranış gereği kullanıcılar, kendilerinden daha hızlı hareket eden kullanıcıları takip etmelerini sağlamaktadır. Kullanıcı, her tahmin edilen örnek yön için çarpışma hesabı yaparak diğer kullanıcıları sabitmiş gibi kabul etmektedir. Her hangi bir çarpışma hesaplanırsa, değer en yakın çarpışmaya göre hesap edilir.

$$C_{pass} = 1 - (v_0 / v_{max}) \quad (5.28)$$

$v_0$  diğer kullanıcının hızı ve değer 0-1 arasında olmaktadır.

Dönemeç, bu davranışı gereği kullanıcılar grup olarak hareket ederken birbirlerinin önlerini kesmeden geniş dönüşler yapmalarını sağlamaktadır. Bu davranış ile kullanıcılar koridor ve rampa gibi mahalleri daha verimli kullanmaktadır. kullanıcılar diğer davranışlar ile yüksek oranda istenildiği gibi hareket etseler de, bu davranış verimi arttırmaktadır.

Kullanıcılar bu dönüşler sırasında birbirlerinin boyut ve konumlarına göre hareket etmektedir. Yakında bulunan bir kullanıcının boyutu %50 arttırılmakta ve konumu, en son tahmin edilen yön boyunca kullanıcının yarıçapının %150' si kadar bir mesafe kaydırılmaktadır. Kullanıcı, yakınında ki kullanıcılara bağlı olarak akış yönünü şu şekilde hesaplamaktadır.

$$\overline{v_{flow}} = \sum_{i=1}^n \overline{d_{if}} \quad (5.29)$$

$n$  önündeki kullanıcıların sayısı ve  $dif$  kullanıcının baktığı yönü göstermektedir.

Değer ( $Ccnr$ ) şu şekilde hesaplanmaktadır.

1. Herhangi bir dönemeç varsa değer, kullanıcıların genişletilmiş yarıçapı ve belirlenmiş pozisyonlar hariç olmak üzere, diğer kullanıcılarla aynı hesaplanır.
2. Test yönü arama eğrisi teğeti ile 60 derecen büyük bir açıya sahipse ve test yönü(Vflow) ile 90 dereceden büyük bir açıya sahipse değer 1'dir. Farklı durumlarda değer sıfır olmaktadır.

Son yönlendir değeri, tahmin edilen örnek bir yön için nihai değer, kullanıcıların davranışsal değerlerinin toplamı olmaktadır.

$$Cds = 5Cseek + wisepCisep + waoCao + wawCaw + wssepCssep + wswsepCswsep + wlanesCisep + wisepCisep + wisepCisep \quad (5.30)$$

Ağırlıklar kullanıcının mevcut durumuna bağlıdır ve tabloda gösterilmektedir.

Tablo 5.2. Ağırlıklar Tablosu

Ağırlık	Boşta	Arama Anında
wao	1	1
waw	1	1
wisep	1	0
wssep	0	2
wswsep	0	1
wlanes	0	1
wcnr	2	2
wpass	0	5

Kullanıcının yönlenme yönünde ettirecek hız ve ivme, en düşük değer belirlendikten sonra hesaplanmaktadır.

Hareket çatışmalarını çözümlenme, pathfinder geometrisi içerisinde çizilmiş olan sınırlar nedeniyle kullanıcıların birbirlerinin geçişlerini kısıtladığı senaryolar vardır. Bu durumlarda kullanıcıların takılmadan hareketlerine devam edebilmeleri için kısıtlamadan kurtulmaları gerekmektedir. Bu durumlar şu şekilde ortaya çıkabilmektedir.

1. Bir fazla kullanıcının aynı anda aynı yöne gitmeleri ve hepsinin aynı anda geçemeyecekleri fiziksel bir daralma ile karşılaşmaları (Dar kapı veya koridor)
2. Kullanıcıların kalabalık bir koridorda zıt yönlerde hareket etmeleri (Ters akış)
3. Kullanıcıların duvar veya tek yönlü kapı nedeniyle geri dönemeyecekleri bir ortama girmeleri

Pathfinder kullanıcıların bu şekilde çatışmalarını ve takılıp kalmalarını önlemek için farklı bir uygulama kullanmaktadır. Bu durum her kullanıcı için ayrı ele alınmaktadır.

1. Kullanıcı yönlenme davranışını gerçekleştirirken en düşük değer yönünde ya durmakta ya da hareketsiz kalmakta ise yönlenme yönünü değiştirmektedir.
2. Kullanıcı serbest bir şekilde geçmeye devam ederken ilerleyemeyeceği bir yere gelmez ise aynı tahmin ile devam etmektedir. Takılma durumu gerçekleşir ise ilk yönlenme yönüne geri dönmektedir.
3. Kullanıcı tahliye sırasında tanımlanan yüksek öncelikli komutlara göre yönlenme hareketini yeniden hesaplamaktadır. Kullanıcılar arasında yüksek öncelik durumu tamamını etkileyen bir unsuru temsil etmektedir.

4. Kullanıcı yeni hesaplanan yönlendirme yönü ile ilerleyebilirse, bu yönü yüksek öncelik olarak kaydetmektedir. İlerleyemez ise bir sonraki adıma geçmektedir. Kullanıcının önceliği artırıldığı durumda geri sayım zamanlayıcısı devreye girmekte ve kullanıcının yarıçapının azalması sağlanmaktadır. Bu şekilde kullanıcı diğer kullanıcıların yanından geçebilmektedir. Diğer kullanıcılar da bu kullanıcıyı tespit ederler ise, onlarda zaman faktörünü ve yarıçaplarını azaltmaktadırlar.
5. Kullanıcılar bir zamanlayıcı ayarlamamışlar ise ilerleme olmayacaktır. Zamanlayıcı ayarlanmış ise sonraki adıma geçmektedirler.
6. Kullanıcının zamanlayıcısı önceden hesaplanmış bir yönlendirme hareketinde henüz sona ermemiş ise kullanıcı, diğer kullanıcıların oradan ayrılacağı zannı ile bir yükseltilmiş öncelik tanımlayarak hareketsiz kalmaktadır. Zamanlayıcı dolduğu zaman bir sonra ki adıma geçmektedir.
7. Kullanıcı yükseltilmiş olan önceliğini koruyarak diğer kullanıcıların önüne geçmektedir.

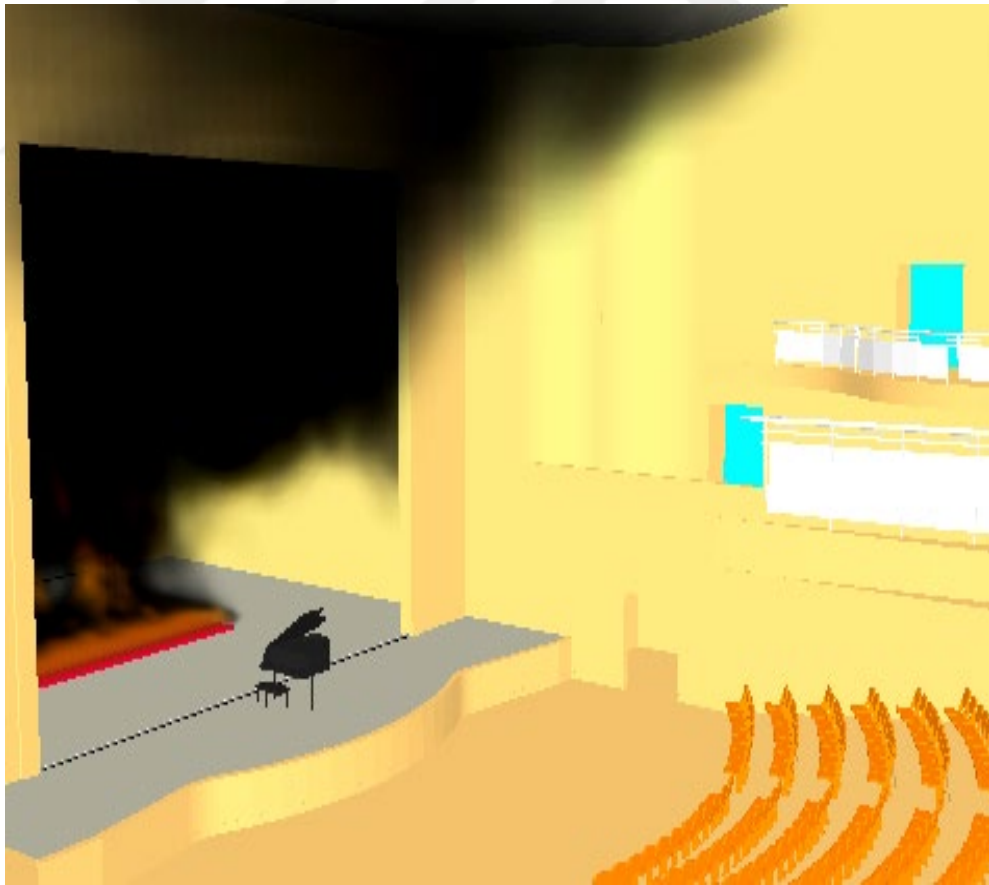
Serbest geçiş, bağımsız Yönlendirme modun da, aşağıdaki koşullardan en az biri tüm kullanıcılar için geçerli ise, kullanıcıların bir serbest geçme hakları olmaktadır.

1. Diğer kullanıcı daha düşük öncelikli ise,
2. Diğer kullanıcıyı ile öncelik aynı fakat, ulaşılması istenilen noktaya daha önce ulaşacak ise,

bahsi geçen kullanıcının serbest geçiş hakkı olmaktadır.

## 5.6. Pyrosim

Pathfinder yangın tahliye programı gibi, Pyrosim yangın programını da Thunderhead Engineering şirketi geliştirmiştir. FDS kodunun kolay kullanımı için geliştirilen bir ara yüzdür. Arka planda çözüm yapan programı ise NIST (Amerika Birleşik Devletleri Ticaret Bakanlığı'nın Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) geliştirmiştir. Bu yazılım da telif hakkı yoktur, kamu malıdır ve tamamen ücretsizdir. CAD çizim programlarından elde edilen mimari çizimleri IFC, DXF, DWG, FBX, STL, FDS formatları olarak yazılıma aktarımı yapılabildiği gibi yazılım üzerinden de 3D mimari çizim yapılabilmektedir. Mimari çizimi hazır olarak programa aktarmak büyük ölçüde zaman kazandıracaktır. Zaman bu yazılım için çok önemlidir, çünkü simülasyon çalıştırdıktan sonra çözümleme süresi uzun sürmektedir. Örnek bir çalışma Şekil 5.7.'de görülmektedir.



Şekil 5.7. Pyrosim Simülesyon Programı Örnek Çalışması (<http://www.sciencesoftware.com.cn>, 2021)

Pyrosim, birden çok ağ oluşturma imkanı sağlamaktadır. Yani çözümlmeyi hızlandırmak için bilgisayarın işlemci sayısına ve ram kapasitesine bağlı olarak paralel işlem yapabilirken hazırlanan çizim içerisinde hücre aralıklarını istenilen bölgelerde arttırma, istenilen bölgelerde azaltmaya da izin vermektedir. Buda çözümün hassas olmasını istenilen bölgeye odaklanma sağlamaktadır.

### 5.6.1. Fire dynamics simulator (FDS) ve fractional effective dose (FED)

Fire Dynamics Simulator (FDS) düşük hızlı akışlar için Large-Eddy (LES) simülasyonu kodudur ve yangınlarda duman ve ısı taşınmasının hesaplamalı akışkanlar mekaniği (HAD) ile çözümünü yapar. Yangın sırasında oluşan duman içinde bulunan bir çok gaz bileşeninin, ısının, alevin ... vb etmenlerin çözülmesi sırasında şu denklemleri kullanır[18].

$$\text{Kütlenin Korunumu} = \frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad (5.31)$$

$$\text{Momentumun Korunumu} = \rho \left( \frac{\delta u}{\delta t} + (u \cdot \nabla)u \right) + \nabla p = \rho g + f + \nabla \cdot \tau \quad (5.32)$$

$$\begin{aligned} \text{Enerjinin Korunumu} &= \frac{\delta(\rho h)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho h u - \frac{Dp}{Dt} = \dot{q}''' - \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot k \nabla T + \\ &\nabla \sum_l h_l (\rho D)_l \nabla Y_l \end{aligned} \quad (5.33)$$

$$\text{Maddenin Korunumu} = \frac{\delta(\rho Y_l)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho Y_l u = (\rho D)_l \nabla Y_l + w_i''' \quad (5.34)$$

Türbülans hesaplaması, Doğrudan Sayısal Simülasyon (DNS) veya Büyük Girdap Simülasyonu (LES) ile çözümlenebilir. DNS modeli çözümlenmesi uzun zaman almaktadır. Bu nedenle bu çalışmada LES akım modeli kullanılmaktadır. LES modeli, büyük ölçekte girdapları hesaplar ve viskozite, termal iletkenlik, yayılımı daha kısa zaman içerisinde çözüme ulaştırır. Bunun için şu denklemler kullanılır.

$$\mu_t = \rho(C_s \Delta)^2 \left[ 2\bar{S}_{ij} : \bar{S}_{ij} - \frac{2}{3} (\nabla \bar{u})^2 \right]^{1/2} \quad (5.35)$$

Burada  $C_s$  sabit bir sayıdır ve FDS' lerde 0,2 olarak belirlenmiştir.  $\Delta$  filtre genişliği, A ağ küp kökünün hacmi,  $\bar{S}_{ij}$  Gerinim tensörünün simetrik oranını göstermektedir. Kütle ve termal yayılma gibi diğer yayılma parametreleri akım viskozitesi ile ilgilidir.

$$k_t = \frac{\mu_t C_p}{Pr_t}, \quad (\rho D)_t = \frac{\mu_t}{Sc_t} \quad (5.36)$$

$Ar_t$  ve  $Sc_t$  FDS' deki değeri 0,5 olarak sabittir.

Franksiyonel etkili doz (FED) ise karbondioksit (CO), Karbon monoksit (CO<sub>2</sub>) ve düşük oksijenin, simülasyon içerisinde tanımlanmış olan kullanıcılara olan birleşik etkilerini göstermektedir. Burada kullanılan denklemler ise,

$$FED_{total} = FED_{CO} \times V_{CO_2} + FED_{O_2} \quad (5.37)$$

$FED_{CO}$ , karbonmonoksitin bir işlevi,  $V_{CO_2}$  hiperventilasyon katsayısı etki çarpanı olarak işlev görmektedir.  $FED_{O_2}$ , zamanın fonksiyonudur ve yangın sürecinde zaman ile azalmaktadır.  $FED_{total}$  0,01 değerinden küçük ise çok düşük etkilenme, 0,01 ile 0,3 arasında ise düşük etkilenme, 0,3 ile 1 arasında ise ciddi etkilenme, 1' den büyük ise ölümcül etkilenme anlamına gelmektedir.

## 5.7. Yazılımlar Arasındaki İnceleme

Tahliye programlarında ortak amaç, acil durumda ki kaçış süresini belirlemektir. Programlar, ticari ve herkesin kullanımına uygun programlardır. Genel olarak yazılımlar benzer olarak çalışır. Tahliye olacak kişilerin yürüme ve koşma hızları, boy ölçüleri gibi veriler aynı şekilde işlenmekte, tahliyeler genellikle topluluk halinde veya kişi bazında takip edilebilmektedir. Yazılımlar toplam tahliye süresi,

yığılma noktaları, gibi verileri verirken, bazı yazılımlar kişilerin dumandan etkilenme verileri de vermektedir. Kişilerin yürüme ve koşma hızlarını yazılımlar maksimum ve minimum olarak değerlendirir. Örneğin bir merdivende, bir rampada veya düz koridorda bu hız verisini her yazılım aynı kullanmaz. Bir yazılım aynı kişiyi merdivenden daha hızlı indirirken, bir diğeri daha yavaş indirebilir. Mimari çizimi, kişilerin tüm özellikleri, toplanma noktaları gibi, hazırlanan bir simülasyon örneği yazılımların hepsinde çalıştırılsa, sonuçlar tam bir örtüşme sağlamaz. Bunun nedeni yazılımların tabanında ki çözümleme metotlarında yatmaktadır. Çalışmanın yapıldığı gerçek yapının sahip olduğu hava değişimi, hava basıncı, merdiven basamak ölçüleri, kişilerin ruhsal yapıları gibi veriler her programda aynı değerlendirilmez. Bunun yanında, bu tez çalışmasında kullanılan yazılım çalıştırıldığında bazı noktalarda hatalar vermiştir. Hataların tahliye sırasında sıkışmadan oluştuğu ve tahliyenin gerçekleşmeyeceği uyarısı görüldü. Aynı şartlarda farklı bir yazılım bu hatayı vermeyebilir.

Yazılımların kendi aralarında birçok artıları ve eksileri vardır. Kimisi kişilerin zehirlenme eşiğine göre grafikler sunarken, kimisi bunun yanında kişilerin ısıdan da etkilenmesi verilerini vermektedir. Bir diğeri yazılım ise bu verileri hiç vermeyebilir. Program geliştiricileri, her geçen gün üretmiş oldukları yazılımları güncellemekte olduğu için bu gün eksik olan bazı özellikler bir sonra ki güncelleme ile giderilebilmektedir.

### **5.8. Yazılımlarda Kullanılacak Karbon Monoksit ve FED Zehirlenmeleri**

Karbon Monoksit, kanda dokulara Oksijen taşıma görevinde olan hemoglobin ile bağ yaparak, dokulara Oksijen taşımamasını olanaksız hale getiren zehirleyici bir gazdır. Karbon Monoksit solunmaya başlandığı zaman ilk safhada uyuşukluk ve uyku hali belirtileri göstermektedir. İkinci safhada ise titreme, adale kasılması ve çene kitlenmesi gibi belirtiler ortaya çıkarmaktadır. Son safhada solunum ve kalp atışında yavaşlama, vücut ısısı düşmesi ve şuur kaybı gerçekleşmektedir. Son safhada ölüm meydana gelmektedir. Tablo 5.3. karbon monoksit zehirlenmesine bağlı olarak gelişen vücut tepkileri göstermektedir.

Tablo 5.3. Karbon Monoksit Zehirlenme Oranları (ADB Çevre Koruma Ajansı, 2020)

Maruz Kalma Süresi %	Zehirlenme Belirtileri
0,001 (350ppm)	Atmosferdeki ortalama oran
0,01 (3500ppm)	Kendini belli etmez, tesirsizdir
0,02 (1,5 saat)(7000ppm)	Baş ağrısı ve zehirlenme izleri
0,04-0,05 (1 saat) (14000- 15000ppm)	Baş dönmesi, göz kararması, kusma, bilinç kaybı, daha fazla maruziyette ölüm
0,08-0,1 (1 saat) (28000 – 35000ppm)	Şuur kaybı ve daha fazla maruziyette ölüm
1 (0,5 saat) (350000ppm)	Hemen ölüm

ABD Çevre Koruma Ajansı ve Dünya Sağlık Örgütü Karbon Monoksit için belirlediği sınır değerler 8 saat sürede 9 ppm veya 1 saat içinde 25 ppm şeklindedir. Havada ki normal şartlar altın Karbon Monoksit değeri ortalama 350 ppm kadardır. FED (Fractional Effective Dose) zehirlenmesi, fraksiyonel etkili doz anlamına gelen ve yangın anında azalan Oksijen ile artan Karbon Monoksit ve Karbon Dioksit

moleküllerine bağı olarak belirlenen bir zehirlenme değerlerini göstermektedir. Tablo 5.4 FED zehirlenmesine bağı olarak vücutta meydana gelen tepkiler görülmektedir.

Tablo 5.4. FED Zehirlenme Oranları

$FED_{total} < 0,01$	Çok Düşük Etkilenme
$0,01 < FED_{total} < 0,3$	Düşük Etkilenme
$0,3 < FED_{total} < 1$	Ciddi Etkilenme
$FED_{total} > 1$	Ölümcül Etkilenme

## **BÖLÜM 6. ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI OKULUN ÖZELLİKLERİ**

### **6.1. Yapının Fiziksel Özellikleri**

Çalışmanın yapıldığı özel okul Kocaeli İlinin Darıca İlçesinde Atatürk Caddesi üzerinde bulunan betonarme bir yapıdır. Yapının ön cephesi tamamı cam giydirme cephe, bir cephesi bitişik nizam, 2 cephesi ısı yalıtımı strafor ile yapılmış yüzeylerden oluşmaktadır. Yapının her katı 180 m<sup>2</sup> olup zemin + 4 normal kat olmak üzere, 5 kattan oluşmaktadır. Zemin katta öğretmenler odası, yemeklerin yapıldığı mutfak, müdür odası, müdür yardımcısı odası ve muhasebe odaları mevcuttur. 1. katta 5. , 6. , 7. , 8. sınıflar, 2. katta 1. ve 3. sınıflar, 3. katta 2. ve 4. sınıflar, 4. katta ise kütüphane, rehberlik odası, veli görüşme odası ve eşya deposu mevcuttur. Yapıya 2 ayrı cepheden giriş çıkış yapılmakta olup, yapıda normal kullanım merdivenine ilave olarak, açıkta kurulu acil kaçış merdiveni de mevcuttur. Betonarme yapılmış olan bina konut binası olarak yapılmış, daha sonra okula dönüştürülmek suretiyle tadilat görmüştür. Şekil 6.1.'de çalışmanın yapıldığı okulun ön ve arka cephesi görülmektedir. Acil durum toplanma yeri binanın arka cephe tarafında yer alan okul bahçesin içinde ki futbol sahasıdır. Okulun hemen bitişiğinde, bitişik nizam olarak yapılmış başka bir konut binası yer almaktadır.



Şekil 6.1. Çalışmanın Yapıldığı Özel Okulum Ön ve arka Cephesi

## 6.2. Yapının Yangın Emniyet Tedbirleri

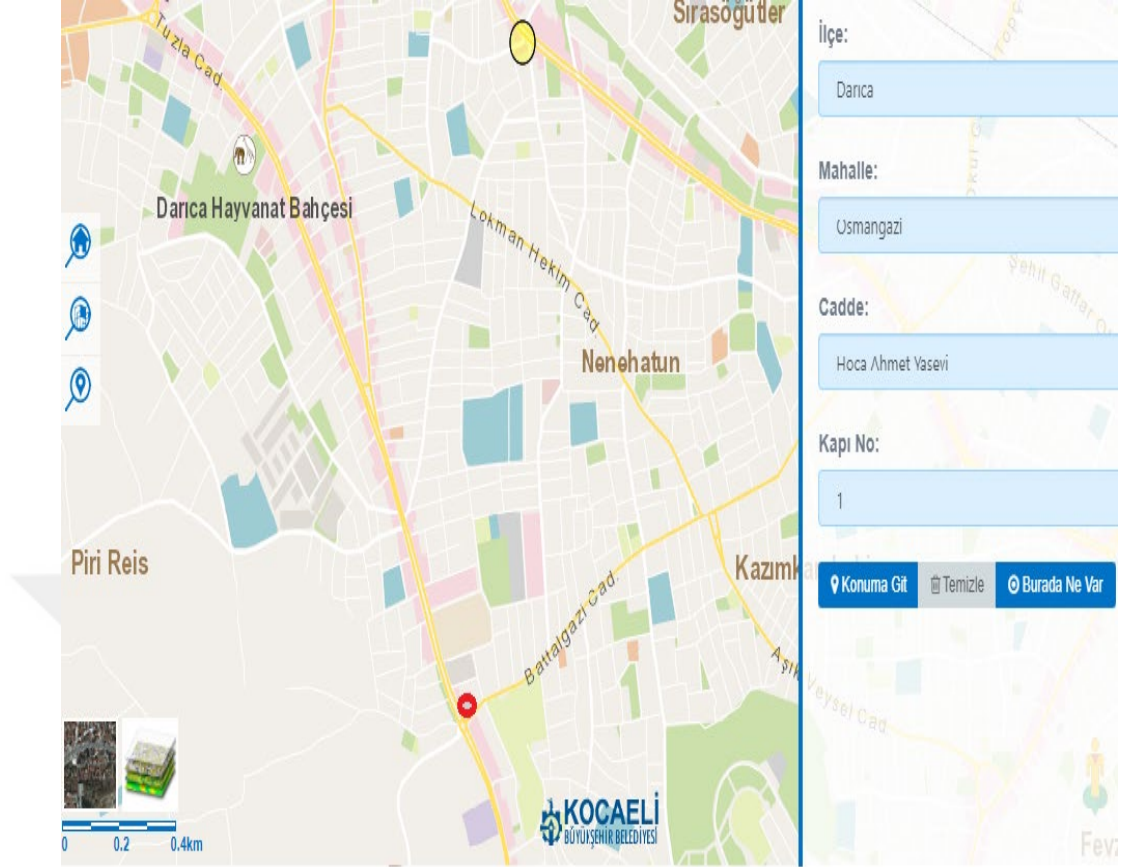
Yapının fiziksel kısmında bahsedildiği gibi bir adet açıkta kurulu acil kaçış merdiveninin yanında, sulu söndürme sistemi olarak TS EN/671-1 standartına uygun kauçuk yangın hortum dolapları her katta mevcuttur. Bu sulu söndürme sistemi Binaların Yangından Korunması Hakkında ki Yönetmelik kapsamında şebekeye bağlı olarak tasarlanmış, ayrıca 15 m<sup>3</sup> kapasiteli su deposu ve 12 m<sup>3</sup>/h debi 8 bar basınç kapasiteli yangın pompası ile desteklenmiştir. Duman algılama ve ihbar sistemi, manuel ihbar butonları ve acil durumlarda devreye girmesi için tesis edilmiş kendinden bataryalı acil durum aydınlatmaları da yangın önlemleri olarak bulunmaktadır. Bir adet de yıldırımdan korunmak amacıyla paratoner tesisatı mevcuttur. Şekil 6.2.'de duman algılama sisteminin kontrol paneli, sulu söndürme sistemi TS671-1 standardına uygun yangın hortum dolabı, manuel ihbar butonu, sulu söndürme sistemini besleyen pompa gurubu ve sulu söndürme sistemini besleyen su deposu görülmektedir.



Şekil 6.2. Okulda Mevcut Bulunan Duman Algılama ve İhbar Sistemi, Kontrol Paneli, Yangın Hortum Dolabı, Manuel İhbar Butonları, Yangın Pompa Gurubu, Yangın Pompalarını Besleyen Su Deposu

### 6.3. Yapının Coğrafi Konumu

Yapı Kocaeli Darıca İlçe merkezi dışında kalan, henüz çok yapılaşmanın olmadığı bir bölgede ve büyük bir cadde üzerinde bulunmaktadır. Yapının harita üzerinde ki konumu Şekil 6.3.'da sarı renkli olarak görülmektedir. Kırmızı renkle ise işaretli yer Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı'na bağlı Darıca İtfaiye müfrezesidir. Okulun Darıca İtfaiyesi'ne olana kuş uçuşu mesafesi 1381,9 metre olup, en yakın yol mesafesi 1,7 kilometre gelmektedir. Araçların itfaiyeden çıkıp okula ulaşması takribi 4-5 dakika sürmektedir.



Şekil 6.3. Okul ve İtfaiye Müfrezesinin Harita ki Konumu (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Şehir Rehberi, 2021)

## BÖLÜM 7. MATERYAL VE METOD

### 7.1. Çalışma Planı

Okulda risk analizi yaparak yangın çıkma riski en yüksek yer tespit edilip buna göre senaryolar oluşturulmuştur. Senaryo kapsamında okulda mevcut bulunan duman algılama ve ihbar sistemi devreye sokularak alarm verilmiş, bu şekilde 3 adet tahliye tatbikatları yapılmıştır. Tüm tatbikatlar habersiz yapılmış olup, ilk tatbikat öğrencilere hiç eğitim verilmeden gerçekleştirilmiştir. Devam eden 2. ve 3. tatbikatlar arasında tespit edilen hatalar ve eksikler ile alakalı öğrencilere eğitimler düzenlenmiş, bu eğitimler Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı Önleme ve Eğitim Şube Müdürlüğünde görevli profesyonel eğitimler tarafından verilmiştir. Bunun yanında bilgisayar destekli olarak CFD Tabanlı yangın simülasyonu programı ile yangın ve duman hareketi simüle edilmiştir.

Tablo 7.1. Yangın Simülasyon Programında Kullanılan Veriler

Toplam Mesh Sayısı		523260	
Koordinat Düzlemi	Mesh Aralıkları	Hücre Boyut Oranı	Hücre Boyutu(X*Y*Z)
X	60	1	0,25
Y	85	1	0,25
Z	51	1,02	0,2546
Yakıt İsmi :	Wood_oak	Yakıt Tipi :	Simple Chemistry Model
Birim Kütlede Oksijen Salınımı :1,31E4 kj/kg		Kritik Alevlenme Sıcaklığı :	1327 C
Yakıt Kompozisyonu		Yanma Ürünleri	
Karbon	1	Karbon Monoksit	0,004
Hidrojen	1,7	İs	0,015
Oksijen	0,72	Hidrojen Oranı	0,1
Nitrojen	0		

Tablo 7.1.'de görülen veriler, yangın simülasyon programında kullanılan verileri göstermektedir. Bu değerler programda tanımlandıktan sonra simülasyon başlatılmaktadır. Daha sonra HAD Tabanlı tahliye simülasyonu programlarından bu senaryo simüle edilmiştir. Duman hareketi ile duman içerisinde bulunan zehirleyici gazlar ve ısı gibi verileri tahliye simülasyonu programına aktararak zehirlenme verileri elde edilmiştir.

## **7.2. Uygulanan Çalışma Yöntemi**

Bu tez çalışmasında gerçek zamanlı ve simülasyon destekli olarak çalışılmıştır. Simülasyon yazılımları üzerinde, seçilmiş olan eğitim kurumunun mimari çizimi, CAD programından alınıp 2 ve 3 boyutlu olarak hazırlanmış, yangın anındaki duman yayılımı simüle edilmiştir. Beraberinde öğrencilerin boy, omuz genişliği, yürüme ve koşma hızları gibi veriler detaylı olarak tahliye yazılımına girilerek, tahliye simülasyonu yapılmıştır. Bu veriler detaylı olarak ekler kısmında verilmektedir. Gerçek zamanlı olarak yapılan tahliye çalışmalarında suni duman kullanılmış olup, duman yayılımı izlenmiş ve simülasyon programı ile karşılaştırılarak programın doğruluk yüzdesine de ulaşılmıştır. Ayrıca gerçek zamanlı tahliyelerde birçok açıdan resim ve video kayıtları alınarak yapılan hatalar ve eksikler belirlenmiştir. Programlardan dumanın etki alanı, dumanın yayılım süresi, öğrencilerin tahliye süresi, tahliye sırasında meydana gelen yığılma noktaları, dumana maruz kalma süreleri ve bu sürelerle bağlı olarak kişi bazlı hayati tehlike sınırlarını gösteren veriler elde edilmiştir.

## **7.3. Gerçek Zamanlı Tatbikat ve Simülasyon Çalışma Verileri**

### **7.3.1. Birinci senaryo**

Birinci senaryo habersiz ve eğitimsiz yapılmıştır. Gerçek zamanlı tatbikat 87 saniyede tamamlanmıştır. Öğrenciler yangın tahliyesi ile ilgili eğitim almadıkları ve yangın tecrübesi yaşamadıkları için çıkışlar çok düzensiz gerçekleşmiştir. Bu tatbikat

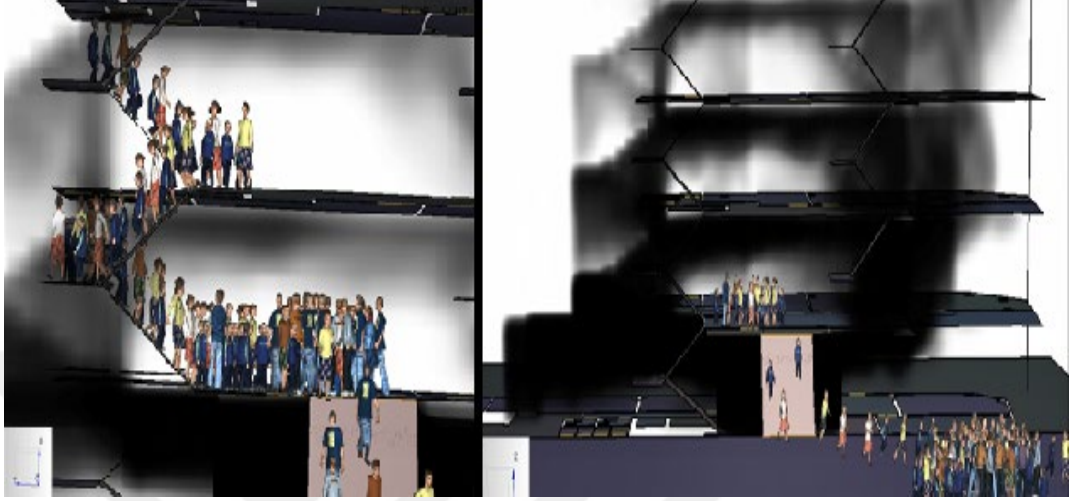
sırasında öğrenciler yangın merdivenini kullanmamış, sadece kullanım merdivenini kullanarak toplanma noktasına ulaşmışlardır. Kullanım merdiveninde ve çıkış kapısında oluşan yığılmalar tahliye sağlığını da kötü yönde etkilemiştir. Küçük yaştaki öğrencilerin sıkışması ve ezilmesi gibi olası durumlar gözlemlenmiş ve bu gibi olumsuzlukları önlemek için müdahaleler yapılmıştır.



Şekil 7.1. Birinci Tatbikat Kullanım Merdiveni, Okul Çıkış Kapısı ve Okul Bahçesi

Şekil 7.1.'de görüldüğü gibi öğrenciler hiç yangın eğitimi almadıkları için kullanım merdivenini tercih etmişleridir. Bu nedenle kullanım merdiveninde yığılmalar

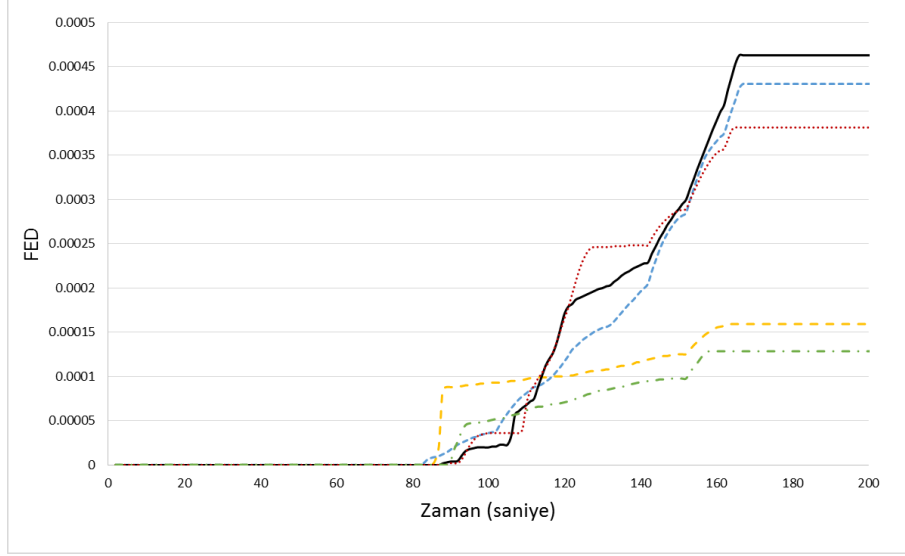
meydana gelmiştir. Bu tahliye 87 saniyede tamamlanmış olup, herhangi bir olumsuz durumla karşılaşılmamıştır. Öğrenciler ile sonrasında yapılan eğitimler ile yangın anında nasıl davranmaları gerektiği üzerinde durulmuştur.



Şekil 7.2. Birinci Tatbikat Tahliye Simülasyonu

Şekil 7.2.'de görüldüğü gibi ilk simülasyon çalışması, gerçek zamanlı tatbikat ile uyumlu olması açısından aynı şartlarda yapılmıştır. Kullanıcılar yangın merdivenini değil kullanım merdivenini kullanarak tahliye olmuşlardır. Simülasyon sonucunda tahliye 75 saniyede gerçekleşmiştir. Simülasyon çalışmasında dumanın hareketi ile kullanım merdiveninin yüksek oranda duman geçişine rastlanmıştır. Kullanım merdiveni duman için bir baca görevi gördüğü için duman bu yoldan yükselmektedir. Öğrencilerin duman içerisinden geçerek tahliye olmaları zehirlenme riskini de beraberinde getirmektedir. Bu durumu engellemek için ikinci tahliye öncesi öğrencilere izlemeleri gerektiği yollar için eğitim verilmiştir.

Ayrıca simülasyon tahliyesinde okulu ilk, orta ve son terk eden öğrenciler içerisinden seçilen 5 öğrencinin FED verileri grafik olarak şu şekildedir.



Şekil 7.3. Birinci Tatbikat Seçilen Öğrencilerin FED-Zaman Grafiği

Şekil 7.3.'de yeşil, sarı, kırmızı, mavi ve siyah çizgiler tahliye olan kullanıcılardan seçilmiş 5 tanesini göstermektedir. Yeşil ve sarı ile çıkan 2 kullanıcı, kırmızı orta sıralarda çıkan 1 kullanıcı, mavi ve siyah son çıkan 2 kullanıcıyı göstermektedir. Dumana maruz kalan öğrencilerin hiçbirinin hayati tehlike yaşayacak boyutta duman solumadıkları gözlenmiştir.

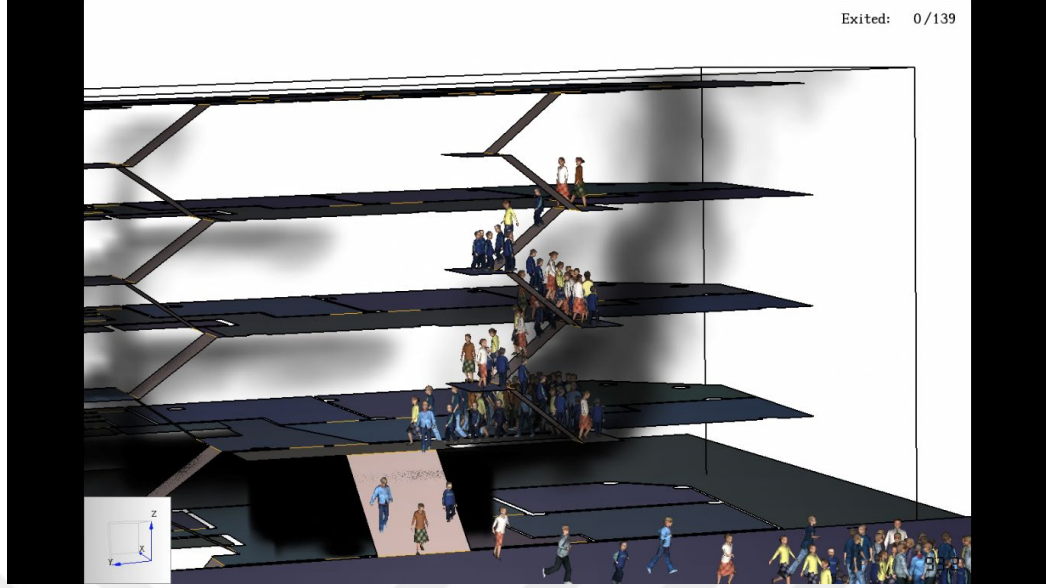
### 7.3.2. İkinci senaryo

Bu senaryo öncesi öğrencilerin eğitim süreçleri gerçekleşmiştir. Öğrencilere yangın anında nasıl davranacakları, tahliye sırasında izlemeleri gereken yol gibi Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı eğitimleri tarafından eğitimler verilmiştir. Bu eğitim sonrasında öğrencilerden habersiz gerçek zamanlı bir tatbikat daha yapılmıştır. Tatbikat sırasında suni duman kullanılmış ve tahliye anında öğrencilerin karşılaştıkları görülmüştür. Tahliye sırasında yangın merdiveninde yığılmalar meydana geldiği görülmüştür ve tahliye 102 saniye de tamamlanmıştır.



Şekil 7.4. İkinci Tatbikat Yangın Merdiven Çıkışı ve Yangın Merdiveni Dış Görünüm

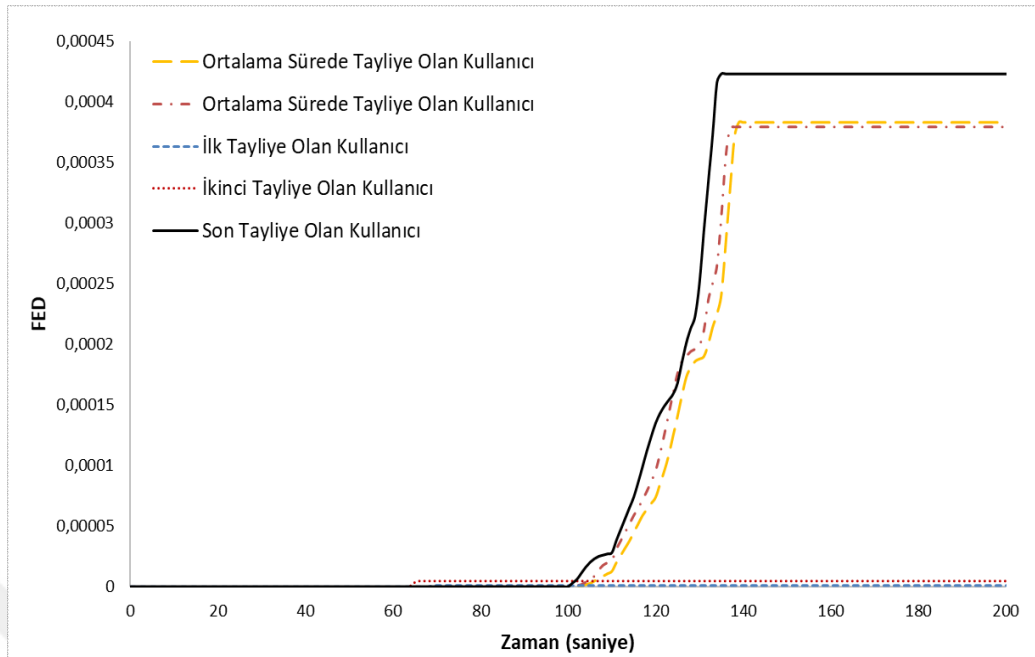
Şekil 7.4.'de görüldüğü gibi tatbikat öncesi verilen eğitimler neticesinde öğrencilerin tamamı yangın merdivenini kullanmış, suni duman ile minimum düzeyde karşılaşmış ve toplanma noktasına ulaşmışlardır. Bu tatbikat sırasında da herhangi bir olumsuz durum oluşmamıştır. 102 saniyede tamamlanan bu tatbikat sırasında yangın merdiveni kapılarında oluşan yığılmalar dikkat çekmiştir. Bu yığılmalar neticesinde tahliye süresi uzamış ve dumana maruz kalma süreleri artmıştır.



Şekil 7.5. İkinci Tatbikat Tahliye Simülasyonu

Şekil 7.5.'de görüldüğü gibi ikinci tatbikat sonrası yapılan simülasyon çalışması, ikinci gerçek zamanlı tahliyede olduğu gibi tasarlanmış ve tüm kullanıcılar yangın merdivenini kullanmışlardır. Tahliye 99 saniyede tamamlanmıştır. Bu çalışmada da yangın kapılarında ki yığılmalar ile tahliyenin yavaşladığı, bekleyen öğrencilerin duman ile karşılaştığı gözlemlenmiştir. Yangın merdiveni tipik z şeklinde sahanlıklı bir merdiven olup, 1 metre yürüyüş yoluna sahiptir. Buda tahliyenin hızını düşüren diğer bir unsurdur. Ayrıca düzensiz hareket edilmesi de tahliye akışını bozmaktadır.

Simülasyon çalışmasında okulu ilk, orta ve son terk eden öğrenciler içerisinde seçilen 5 öğrencinin FED verileri grafik olarak şu şekildedir.



Şekil 7.6. İkinci Tatbikat Seçilen Öğrencilerin FED-Zaman Grafiği

Şekil 7.6.'da mavi ve bordo çizgi ilk ve ikinci tahliye olan kullanıcıyı, sarı ile kırmızı orda sırada tahliye olan iki kullanıcıyı ve siyah çizgi tahliyeyi en son tamamlayan kullanıcıyı göstermektedir. Burada ki duman etkilenmeleri de hayati tehlike oluşturacak boyutta değildir. Mavi ve kırmızı kesikli çizgiler 0,000005 ve 0,000006 değerini göstermektedir. Bu ilk çıkan öğrencilerin duman ile çok az karşılaşmadıklarını göstermektedir. Yangın merdiveni kapısında ki yığılmalar ve düzensiz hareket sonucu geciken tahliye bekleyen öğrencilerin dumanla karşılaşmasına neden olmuştur.

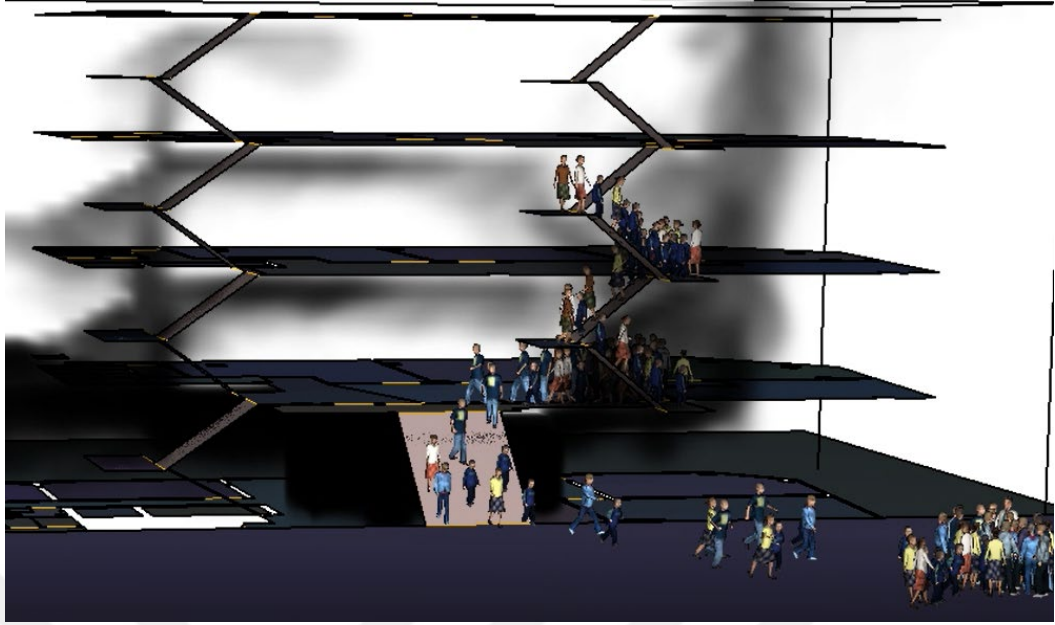
### 7.3.3. Üçüncü senaryo

İlk iki senaryoda görülen tüm eksiklikler bu senaryoda giderilmiştir. Öğrenci ve öğretmenlere verilen eğitimler ile sınıfların tahliye sıransın da çıkışları farklılaştırılmış, kullanılacak kaçış güzergahı belirlenmiştir. Burada ki amaç hiç dumanla karşılaşmadan tahliyeyi tamamlamaktır. Gerçek zamanlı yapılan bu tatbikatta kapılarda hiç yığılma olmamış, öğrenciler hiç dumanla karşılaşmamıştır. Bu tahliye 93 saniyede tamamlanmıştır.



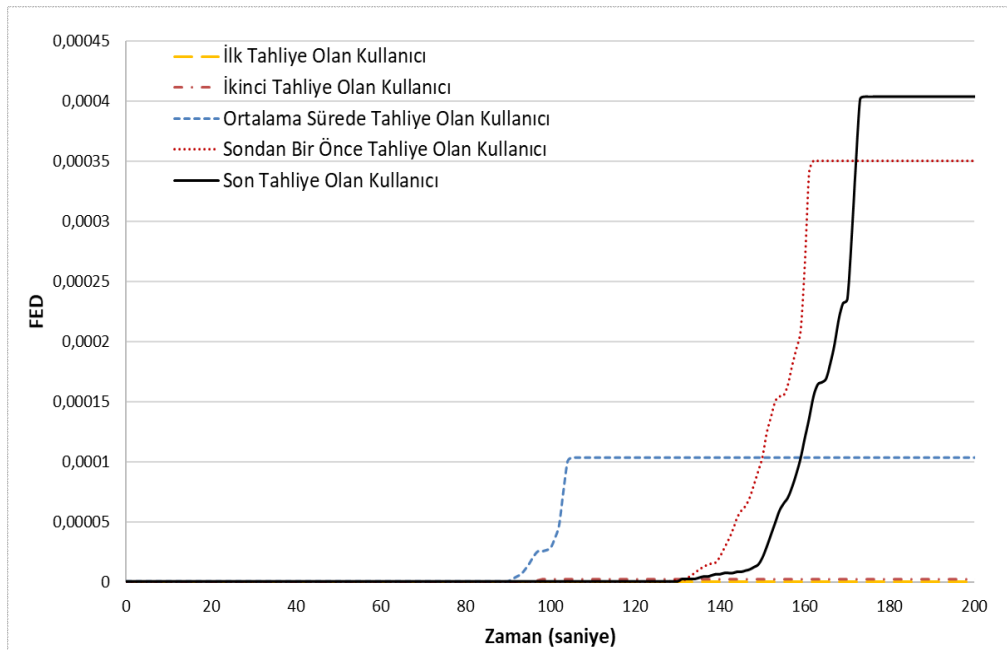
Şekil 7.7. Üçüncü Tatbikat İkinci Kat Yangın Merdiveni Çıkışı

Şekil 7.7.'de ikinci katta ki öğrencilerin sınıf bazında farklı zaman aralıklarında tahliye olduklarını göstermektedir. Şekil 19 da dumanın da ilerleyişi gözükmemektedir. Yangın merdiveni önünde yığılmalar, sınıfların farklı zaman aralıkları ile tahliyesi sonucu engellenmiştir. Bu tahliye sırasında hiçbir olumsuz bir durum meydana gelmemiştir. Şekil 19 da görüldüğü gibi duman henüz gereken yayılımı göstermeden düzenli ve sıralı bir tahliye yapılmıştır.



Şekil 7.8. Üçüncü Tatbikat Tahliye Simülasyonu

Şekil 7.8’de görüldüğü gibi simülasyon çalışmasında da tüm sınıfların çıkışları, sınıfların konumlarına göre belirlenmiş ve yığılmalar engellenmiştir. Tahliye 88 saniyede sonuçlanmıştır. Düzenli bir şekilde tahliye gerçekleştiği için sıkışma ve düşmeye bağlı yaralanma riskleri de azaltılmıştır.

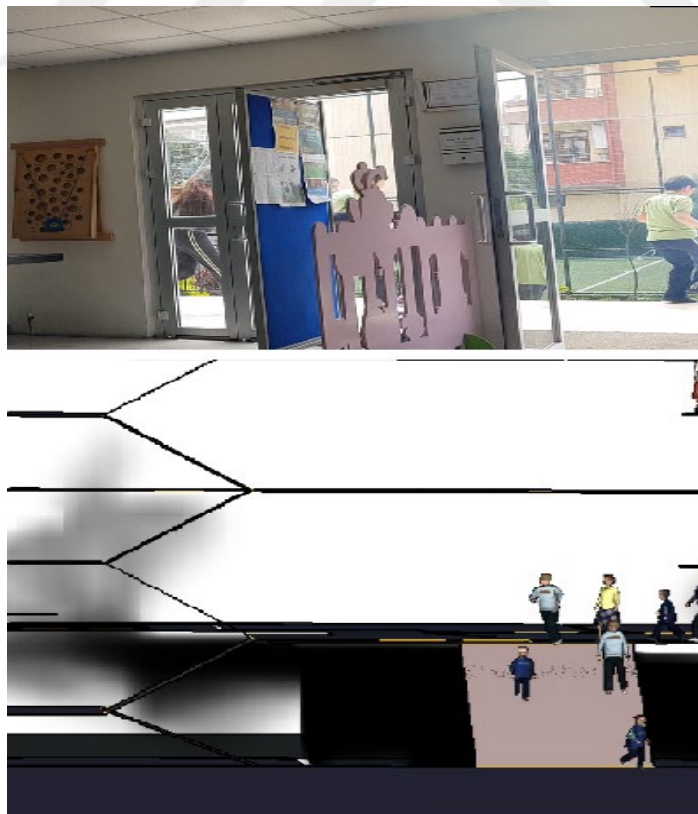


Şekil 7.9. Üçüncü Simülasyon Seçilen Öğrencilerin FED-Zaman Grafiği

Şekil 7.9.'da kırmızı ve sarı kesik çizgiler ilk çıkan kullanıcıları temsil etmektedir ve değer sıfırdır. Buda ilk çıkan kullanıcıların hiç duman ile karşılaşmadıklarını göstermektedir. Mavi renk çizgi orta sıralarda çıkan bir kullanıcının, siyah ve bordo renkle gösterilen çizgiler en son çıkan kullanıcıları göstermektedir. Son çıkan öğrencilerin duman etkilenmeleri beklentimizden fazla gerçekleşmiştir. Bunun da nedeni yangının çıkış yeri olan mutfaktaki acil çıkıştan yükselen duman olmuştur. Buradan yükselen duman yangın merdivenine ulaşmaktadır.

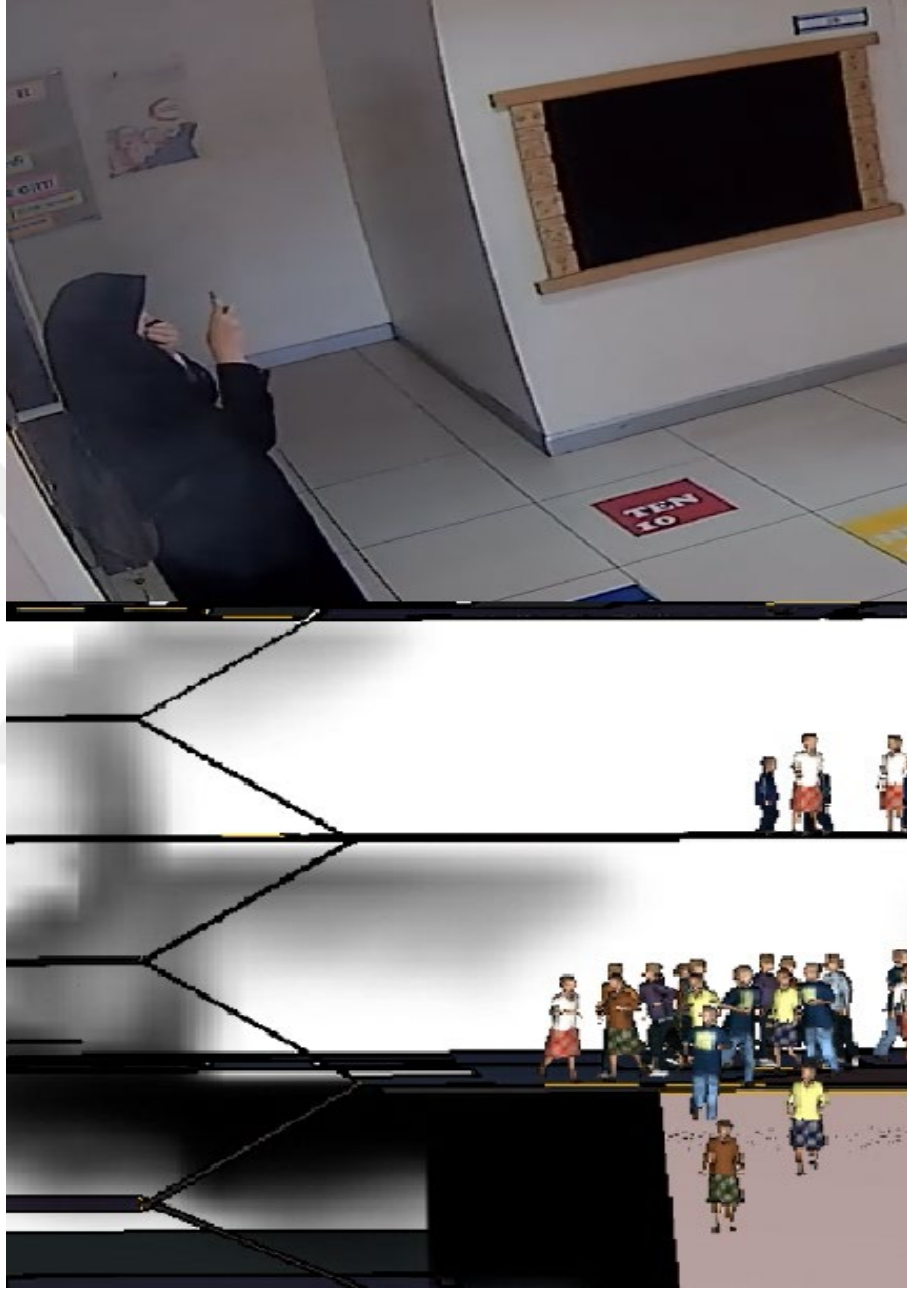
#### 7.4. Duman Yayılımı

Bu tez çalışmasında gerçek zamanlı yapılan tatbikatlarda suni duman kullanımı sayesinde dumanın yayılımı da izlenebilmekte ve simülasyon çalışmasında ki duman yayılımı ile kıyaslama imkanı sağlamaktadır.



Şekil 7.10. Birinci Kat Duman Yayılımı

Şekil 7.10.'da görüldüğü gibi duman birinci kata gerçek zamanlı taliye de 12. saniyede, simülasyon çalışmasında ise 15. saniyede ulaşmıştır.



Şekil 7.11. İkinci Kat Duman Yayılımı

Şekil 7.11'de görüldüğü gibi duman gerçek zamanlı tahliye de ikinci kata 19. saniyede, Simülasyon çalışmasında ise 24. saniyede ulaştığı gözlenmektedir.

## BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar neticesinde öğrencilerin yangın hakkında bilinçlenmesi sağlamıştır. Gerçek zamanlı ve simülasyon destekli çalışma neticesinde okulda bulunan öğretmen veya hizmetli gibi tüm görevlilerin de yangının hayatımızın bir gerçeği olduğunu benimsemeleri sağlanmıştır. Bu çalışmalarda ki amaç sadece yangın bilinci oluşturmak değil, bunun yanında bu yapının yangın anında en hızlı ve dumandan en az etkilenme ile nasıl tahliye edileceğinin belirlenmesidir. Öğrenciler ilk tatbikat sırasında beklemedikleri bir durumlar karşılaştıkları için korkmuş, telaş yapmış ve mantıklı hareket edememişlerdir. Yaptıkları hataları görsel sunum anlatımları ile net bir şekilde görmüş ve eğlenerek eğitimlerini almışlardır. Kullanım merdiveninin dumanı baca etkisi ile çekeceği için yangın anında asla kullanılmamalıdır bilgisine ulaşmışlardır. İkinci tatbikat sırasında suni duman verilmiş ve öğrencilerin duman ile de karşılaşmaları sağlanmıştır. Eğitimlerde öğrendiklerini uygulayan öğrencilerin tamamı yangın merdivenini kullanarak tahliye olmuştur. Burada ise yangın merdiveni kapısında ki yığılmalar tahliyeyi zorlaştırmış ve düzensiz çıkışlar neticesinde tahliye süresi de uzamıştır. Bu süre uzaması da duman etkilenmesini arttırmıştır. Üçüncü tahliye öncesinde simülasyon çalışmaları ile en iyi çıkışın nasıl yapılacağı tespit edilmiş ve öğrencilere eğitimler neticesinde bu bilgiler verilmiştir. Son tatbikat sonucunda okulda tahliyenin sınıf bazında yapılması ve her sınıfın tahliye çizelgesi oluşturulması sağlanmıştır. Simülasyon destekli alınan dumandan zehirlenme grafikleri ışığında, zehirlenme oranları hiçbir senaryoda hayati tehlikeye sebebiyet verecek boyuta ulaşmamıştır. Her sınıfta yangın anında tahliyenin nasıl olacağını gösteren bir tahliye talimatı asılması okul yönetimine önerilmiştir. Bu talimatlar sınıfların bulunduğu kata ve öğrencilerin yaş gruplarına göre belirlenmiştir. Gerçek zamanlı yapılan tatbikatlarda ve okulda yapılan keşif sırasında mutfaktan arka bahçeye olan çıkış kapısının dumanı

sızdıracağı tahmin edilememiş, simülasyon çalışması ile ortaya çıkmıştır. Mutfakta ki dışarı açılan çıkışın duman sızdırması sonucu yangın merdiveni dumana maruz kalmaktadır. Bu kapıdan yükselen dumanın engellenmesi neticesinde, tahliye sırasında hiçbir öğrenci duman etkilenmesi yaşamayacaktır. Bu nedenle bu kapının yangına en az 120 dakika dayanıklı ve en az 90 dakika duman sızdırmaz özellikte bir yangın kapısı ile değiştirilmesi okul yönetimine önerilmiştir. Ayrıca bu çalışma öncesinde, yapımından bu yana hiç kullanılmayan yangın merdiveni ve kapılarında meydana gelmiş deformasyonlar görülmüş ve bunların da bakımlarının yapılması okul yönetimine tavsiye edilmiştir.

Tablo 8.1. Gerçek Zamanlı ve Tahliye Simülasyonu İle Elde Edilen Tahliye Süreleri

TAHLİYE SÜRESİ (Saniye)	
1. Gerçek Zamanlı Tahliye	87
1. Simülasyon Çalışması	75
2. Gerçek Zamanlı Tahliye	102
2. Simülasyon Çalışması	99
3. Gerçek Zamanlı Tahliye	93
3. Simülasyon Çalışması	88

Tahliye süreleri Şekil 8.1.'de ki gibi görülmektedir. 2. Tahliyenin uzun sürmesinde ki sebep, siren çalması ile düzensiz tahliyenin başlaması ve yangın merdiveni kapısında ki yığılmalardır. Üçüncü tahliye de düzenli çıkışlar ile yığılmalar engellenmiş ve

kesintisiz bir tahliye akışı sağlanmıştır. İlk tahliye en kısa süren tahliyedir. Bunun nedeni ise kullanım merdiveninin, yangın merdivenine oranla daha büyük olmasıdır. Dolayısıyla normal kullanım merdiveninde ki kaçış yolu genişliği, aynı anda daha fazla kişinin tahliye olmasını sağlamaktadır. Yangın anında kullanım merdiveni tercih edilemeyeceği için yangın merdiveninin el verdiği en hızlı tahliye için çalışılmıştır.

Büyük emek verilerek yapılan bu tatbikatların her sene en az iki kere yapılması, mezun olan öğrencilerin yerine yeni öğrenciler geldikçe bu eğitimlerin tekrarlanması ve yangından korunma çalışmalarının bu okulda bir kültür haline gelmesi okul yönetimine önerilmiştir. Okulun acil durum eylem planları incelenmiş, yangından ziyade deprem için hazırlandığı belirlenmiştir. Bu planlar çerçevesinde her sene en az bir kere deprem tatbikatı yapılmaktadır. Öğrencilerin ilk tatbikat sırasında, siren sesini duyması ile sıraların yanlarına eğildikleri gözlemlenmiştir. Bu çalışma yangın anında da nasıl hareket edilmesi gerektiğini öğrenmelerini sağlamıştır. Acil durum eylem planlarında yangın durumunda yapılacaklar kısmının da güncellenmesi gerektiği okul yönetimine belirtilmiştir.



## KAYNAKLAR

- [1] T.C. Resmi Gazete, Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik, (09/07/2007), Sayı: 5243
- [2] T.C. Resmi Gazete, Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, (11/10/2013), Sayı: 28762
- [3] T.C. Resmi Gazete, İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, (20/06/2012), Sayı: 6331
- [4] Soyhan H.S., Özkalay C.& Mammacıoğlu O. (2018). *Yangın ve Yaşam*. İstanbul: Cenevre Yayınları
- [5] Altınışik S. (1996). Hizmetiçi Eğitim ve Türkiye'deki Uygulama. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 2(3), ss. 329-348
- [6] GÜL H. (2000). "Türkiye'de Kamu Yönetiminde Hizmet İçi Eğitim", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(3), 1-14.
- [7] Carter R. (2013). *Beyin Kitabı*. s.177
- [8] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Arşivi
- [9] Rutherford W. (1990). The Place of Exercises in Disaster Management, *Injury*, 21(1), 58-60.
- [10] <https://www.fz-juelich.de/ias/ias-7/EN/Expertise/Software/PeTrack>, Erişim Tarihi : 05/10/2021
- [11] Kırlançoğlu, C., Döker, M.F. (2018). Use of Pedestrian Simulation Technologies in Urban Planning and Architectural Design Process, *Journal of Human Sciences*, 15(3), 1491-1504. doi:10.14687/jhs.v15i3.5399
- [12] <https://csengineermag.com/aec-tech-news-oasys-announces-major-new-features-massmotion-3d-pedestrian-simulation>, Erişim Tarihi : 09/10/2021

- [13] <https://fseg.gre.ac.uk/exodus/work.html>), Erişim Tarihi : 12/10/2021
- [14] [https://fseg.gre.ac.uk/fire/EXODUS\\_animations.asp](https://fseg.gre.ac.uk/fire/EXODUS_animations.asp), Erişim Tarihi: 12/10/2021
- [15] Hoskin K. (2004). Fire Protection and Evacuation Procedures of Stadia Venues in New Zealand, *Fire Engineering Research Report*, 10(4), 28
- [16] <https://www.iesve.com/software/virtualenvironment/applications/egress/simulex>, Erişim Tarihi : 15/10/2021
- [17] Sing Yen K. (2003). Comparison of Evacuation Times Using Simulex and EvacuationNZ Based on Trial Evacuations, *Fire Engineering Research Report*, 21(9), 54
- [18] SFPE, SFPE Guide To Human Behavior in Fire, 2. Edition, 2017
- [19] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB). (2021). *KBB Şehir Rehberi*. Erişim Adresi: <https://www.kocaeli.bel.tr/tr/#5thPage> (Erişim Tarihi : 14/11/2021)
- [20] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2020). *2020 Yılı Afet İstatistikleri*. Erişim Adresi : <https://www.afad.gov.tr/afet-istatistikleri> (Erişim Tarihi : 19/11/2021)
- [21] Aksoy R.(2019). *Eğitim Kurumlarında Kullanıcıların Acil Durum Tahliye Tatbikatlarının Simülasyon Yöntemleriyle Karşılaştırmalı İncelenmesi* (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- [22] Özkan O.(2021). *Hastanelerde İtfaiye Müdahale Planı ve Tahliye*(Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- [23] Açıl B.(2020). *Kütüphane Binalarında Tahliye Yöntemi*(Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- [24] Kırtaş H. A.(2017). *Engelli Bireylerin Yangın Tahliyesinin Araştırılması*(Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). İzmir Katip Çelebi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [25] Thunderhead Engineering (2019)., Pathfinder Technical Reference Manual.

- [26] T.C. Resmi Gazete, Yangın Önleme ve Söndürme Yönergesi, (20/08/2008), Sayı:2652
- [27] <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/carbon-monoxides-impact-indoor-air-quality#Sources>, Erişim Tarihi : 23/11/2021



## EKLER

**EK 1:** Okul Kullanıcılarından 1A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler

1 A Sınıfı				
	Boy (m)	Omuz Genişliği (cm)	Yürüme Hızı (m/s)	Koşma Hızı (m/s)
Kullanıcı 1	1,34	34	0,33	2,21
Kullanıcı 2	1,31	36	0,32	2,86
Kullanıcı 3	1,28	34	0,29	1,8
Kullanıcı 4	1,3	30	0,28	3,25
Kullanıcı 5	1,22	32	0,3	2,1
Kullanıcı 6	1,26	34	0,28	3,4
Kullanıcı 7	1,25	33	0,3	2,9
Kullanıcı 8	1,27	31	0,28	2,5
Kullanıcı 9	1,35	36	0,29	2,1
Kullanıcı 10	1,13	27	0,29	3,6
Kullanıcı 11	1,21	28	0,27	2,1
Kullanıcı 12	1,25	31	0,28	1,76
Kullanıcı 13	1,22	33	0,27	1,76
Kullanıcı 14	1,17	29	0,3	3,2
Kullanıcı 15	1,29	33	0,29	2,2
Kullanıcı 16	1,22	34	0,28	1,92
Kullanıcı 17	1,22	30	0,3	2,7
Kullanıcı 18	1,17	30	0,31	2,23
Kullanıcı 19	1,3	38	0,28	2,22
Kullanıcı 20	1,21	29	0,29	2,32
Kullanıcı 21	1,2	30	0,27	1,2
Kullanıcı 22	1,26	33	0,27	1,67

**EK 2: Okul Kullanıcılarından 2A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>2 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 23	1,25	34	0,3	2,7
Kullanıcı 24	1,27	32	0,27	2,3
Kullanıcı 25	1,28	34	0,24	2,1
Kullanıcı 26	1,36	30	0,28	3,36
Kullanıcı 27	1,3	30	0,3	2,4
Kullanıcı 28	1,27	32	0,28	2,5
Kullanıcı 29	1,29	30	0,3	3,5
Kullanıcı 30	1,4	35	0,28	2,5
Kullanıcı 31	1,38	33	0,29	2,4
Kullanıcı 32	1,32	33	0,29	3,32
Kullanıcı 33	1,25	32	0,27	3,73
Kullanıcı 34	1,32	33	0,28	2,5
Kullanıcı 35	1,25	33	0,27	2,6
Kullanıcı 36	1,32	33	0,3	3,77
Kullanıcı 37	1,28	36	0,29	3,26
Kullanıcı 38	1,28	32	0,28	2,5
Kullanıcı 39	1,3	34	0,3	2,6
Kullanıcı 40	1,29	35	0,31	2,7
Kullanıcı 41	1,28	36	0,28	2,7
Kullanıcı 42	1,25	30	0,29	2,8
Kullanıcı 43	1,22	31	0,27	3,5

**EK 3: Okul Kullanıcılarından 3A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>3 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 34	1,42	35	0,32	4,1
Kullanıcı 35	1,38	32	0,31	3
Kullanıcı 36	1,4	33	0,3	2,9
Kullanıcı 37	1,36	36	0,28	4
Kullanıcı 27	1,26	34	0,3	2,7
Kullanıcı 38	1,38	34	0,32	2,8
Kullanıcı 39	1,36	34	0,32	2,9
Kullanıcı 40	1,37	32	0,31	3,2
Kullanıcı 41	1,41	36	0,33	3,8
Kullanıcı 42	1,24	32	0,34	2,9
Kullanıcı 43	1,34	34	0,3	2,4

**EK 4: Okul Kullanıcılarından 3B Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>3 B Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 40	1,23	30	0,31	2,9
Kullanıcı 41	1,32	34	0,32	3
Kullanıcı 42	1,38	32	0,31	3,8
Kullanıcı 43	1,35	34	0,34	3
Kullanıcı 44	1,44	33	0,3	3,2
Kullanıcı 45	1,36	34	0,28	2,9
Kullanıcı 46	1,38	33	0,32	3,8

**EK 5:** Okul Kullanıcılarından 4A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler

<b>4 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 47	1,24	31	0,31	3,5
Kullanıcı 48	1,22	30	0,31	4,8
Kullanıcı 49	1,31	30	0,34	4,6
Kullanıcı 50	1,5	45	0,32	3,8
Kullanıcı 51	1,49	39	0,29	4,5
Kullanıcı 52	1,35	36	0,35	4
Kullanıcı 53	1,41	37	0,3	3,2
Kullanıcı 54	1,4	31	0,29	3,8
Kullanıcı 55	1,42	36	0,33	3
Kullanıcı 56	1,45	39	0,34	3,5
Kullanıcı 57	1,42	36	0,33	3,6
Kullanıcı 58	1,4	36	0,32	3,7
Kullanıcı 59	1,39	34	0,29	4,9
Kullanıcı 60	1,37	35	0,3	2,9
Kullanıcı 61	1,48	37	0,29	4
Kullanıcı 62	1,37	34	0,34	3,8
Kullanıcı 63	1,44	37	0,35	4,6

**EK 6: Okul Kullanıcılarından 5A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>5 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 64	1,5	42	0,32	3,8
Kullanıcı 65	1,32	31	0,3	4
Kullanıcı 66	1,44	35	0,32	4,6
Kullanıcı 67	1,47	35	0,34	3,5
Kullanıcı 68	1,39	32	0,34	4,5
Kullanıcı 69	1,55	38	0,35	3,9
Kullanıcı 70	1,26	31	0,31	3,8
Kullanıcı 71	1,47	34	0,34	3,8
Kullanıcı 72	1,45	36	0,35	4,9
Kullanıcı 73	1,47	36	0,35	5
Kullanıcı 74	1,37	33	0,33	4,2
Kullanıcı 75	1,48	42	0,35	5,2
Kullanıcı 76	1,4	37	0,34	4,3
Kullanıcı 77	0,35	31	0,34	5,3

**EK 7: Okul Kullanıcılarından 5B Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>5 B Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 78	1,5	42	0,32	4,2
Kullanıcı 79	1,32	31	0,3	4
Kullanıcı 80	1,44	35	0,32	4,9
Kullanıcı 81	1,47	35	0,34	4,8
Kullanıcı 82	1,39	32	0,34	5,2
Kullanıcı 83	1,55	38	0,35	4,7
Kullanıcı 84	1,26	31	0,31	4,5
Kullanıcı 85	1,47	34	0,34	4,6
Kullanıcı 86	1,45	36	0,35	5,3
Kullanıcı 87	1,47	36	0,35	5,8
Kullanıcı 88	1,37	33	0,33	5

**EK 8: Okul Kullanıcılarından 6A Sınıf Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>6 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 89	1,54	36	0,35	5,5
Kullanıcı 90	1,52	32	0,31	6
Kullanıcı 91	1,49	38	0,34	5,7
Kullanıcı 92	1,68	39	0,34	6,2
Kullanıcı 93	1,65	41	0,35	6,4
Kullanıcı 94	1,42	32	0,36	6,5
Kullanıcı 95	1,49	39	0,35	5,8
Kullanıcı 96	1,62	38	0,36	6,8
Kullanıcı 97	1,42	45	0,36	6,8
Kullanıcı 98	1,59	40	0,35	5,7
Kullanıcı 99	1,45	38	0,33	7

**EK 9: Okul Kullanıcılarından 7A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>7 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 100	1,65	40	0,37	6,8
Kullanıcı 101	1,48	40	0,38	7,1
Kullanıcı 102	1,57	33	0,36	8
Kullanıcı 103	1,6	36	0,34	6,9
Kullanıcı 104	1,66	40	0,36	7,1
Kullanıcı 105	1,61	44	0,37	7,4
Kullanıcı 106	1,54	37	0,37	8,2
Kullanıcı 107	1,57	37	0,38	7,4
Kullanıcı 108	1,57	39	0,37	7,5
Kullanıcı 109	1,64	39	0,36	7,6
Kullanıcı 110	1,57	38	0,34	5,8
Kullanıcı 111	1,64	37	0,39	5,9
Kullanıcı 112	1,55	45	0,34	6,1
Kullanıcı 113	1,55	44	0,36	6
Kullanıcı 114	1,54	37	0,35	6,5
Kullanıcı 115	1,55	42	0,39	5,9
Kullanıcı 116	1,55	36	0,39	8,5
Kullanıcı 117	1,51	41	0,36	6,4
Kullanıcı 118	1,65	38	0,38	6,8

**EK 10: Okul Kullanıcılarından 8A Sınıfı Kullanıcılarına Ait Fiziksel Ölçüler**

<b>8 A Sınıfı</b>				
	<b>Boy (m)</b>	<b>Omuz Genişliği (cm)</b>	<b>Yürüme Hızı (m/s)</b>	<b>Koşma Hızı (m/s)</b>
Kullanıcı 119	1,82	45	0,39	8,4
Kullanıcı 120	1,74	38	0,38	7,5
Kullanıcı 121	1,76	46	0,4	8,1
Kullanıcı 122	1,8	44	0,38	7,9
Kullanıcı 123	1,61	44	0,38	7,6
Kullanıcı 124	1,51	38	0,4	6,8
Kullanıcı 125	1,62	37	0,37	6,2
Kullanıcı 126	1,83	45	0,42	8,4
Kullanıcı 127	1,69	42	0,37	7,9
Kullanıcı 128	1,61	37	0,38	6,9
Kullanıcı 129	1,5	39	0,38	6,7
Kullanıcı 130	1,57	40	0,4	6,4
Kullanıcı 131	1,8	48	0,41	8,8
Kullanıcı 132	1,55	37	0,39	8,5
Kullanıcı 133	1,64	42	0,41	8,6
Kullanıcı 134	1,63	40	0,39	7,9
Kullanıcı 135	1,82	45	0,41	8,6

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Fatih DENİZLİ

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Yanma ve Yangın Güvenliği	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü / Sosyal Bilimleri Enstitüsü / İşletme	2010
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Kimya Mühendisliği	2007
Lise	Gebze Anadolu Lisesi	2002

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2010-Halen	Kocaeli Büyükşehir Belediyesi	İtfaiye Denetmeni
2010-2010	Çizmeçi Gıda San. ve Tic. A.Ş.	Üretim Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### HOBİLER

Futbol, Örgü, Yüzme