

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KÜTÜPHANE BİNALARINDA TAHLİYE YÖNETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bülent AÇIL

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN GÜVENLİĞİ VE YANGIN

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gökhan COŞKUN

Eylül 2020

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KÜTÜPHANE BİNALARINDA TAHLİYE YÖNETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bülent AÇIL

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN GÜVENLİĞİ VE YANGIN

Bu tez 04.09.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Üye

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.

Bülent AÇIL

27.12.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimiz boyunca değerli bilgi ve deneyimlerini Öğrencilerinden sakınmayan başta bölüm başkanımız Prof. Dr. Hakan Serhad Soyhan’a, Dr. Öğr. Üyesi Murat Tuna’ya, Doç. Dr. Hüseyin Altundağ’a, Doç. Dr. Safiye Sencer’e, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, çalışmamda yardımlarını esirgemeyen, değerli danışman hocam Doç. Dr. Gökhan Coşkun’a, hayatta olsaydı ve bugünleri görseydi “ Sağol Evladım” diyeceğine emin olduğum Rahmetli Babacığım İsmet AÇIL’a, “Yüksek lisans yapayım mı?” dediğimde “okumanın yaşı yoktur oğlum” diyen Annem Nahide AÇIL’a her zaman yanımda olduğunu hissettiren Abim Levent AÇIL’a, hem derslerimde hem de tez sürecinde bana yardımlarını esirgemeyen, her daim yanımda olan ve ona ayırmam gereken zamanı ayıramadığım Eşim Fatoş KOCABÖREK AÇIL’a ve yeterince ilgilenemediğimde bana kırılmayan hep anlayışla karşılayan Kızım Rana AÇIL’a saygı, Minnet ve Şükranlarımı sunarım...

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Tahliye Nedir.....	4
2.2. Kütüphanelerde Tahliyeye Konu Genel Tehlike Yangın	5
2.3. Yangın Güvenlik Konsepti.....	6
2.4. Tehlike Anı ve Tahliye.....	8
2.4.1. Tehlikenin farkına varılması	9
2.4.2. Tehlikenin haber verilmesi.....	9
2.4.3. Tahliye hazırlığı	10
2.4.4. Tahliyenin sağlanması.....	10
2.4.5. Kişilerin güvenli bölgelere toplanması	10
2.4.6. Tahliyenin tamamen gerçekleştiğinden emin olma.....	11
2.5. Binaların Tehlike Sınıflandırması	11
2.5.1. Düşük derece yangın tehlikeli yerler.....	12
2.5.2. Orta derece yangın tehlikeli yerler	13

2.5.3. Yüksek tehlikeli yerler	14
2.5.4. Tahliyeyle ilişkin yasal düzenlemeler	15
2.6. Tahliyelerde İnsan Faktörü ve Kütüphane Binalarında Tahliye Üzerine Yapılmış Çalışmalar	16

BÖLÜM 3.

TAHLİYEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	19
3.1. Çok Faktörlü Etkileşim	19
3.2. İnsan Faktörü.....	20
3.2.1. Tecrübe, bilgi ve bilinç seviyesi.....	21
3.2.2. Fiziki özellikleri ve kabiliyet.....	22
3.2.3. Kişilik özellikleri ve anlık psikolojik durum	24
3.2.3.1. Tehdidin oluşması aşaması	25
3.2.3.2. Uyarı aşaması.....	25
3.2.3.3. Etki aşaması	25
3.2.3.4. Tahliye bölgesine geri dönme aşaması	26
3.2.3.5. Kurtarma aşaması	26
3.2.3.6. Travma sonrası aşama.....	27
3.2.4. Kişilerin dağılımı.....	27
3.2.5. Bireylerin tahliye anında davranış modeli	30
3.2.6. Genel panik	31
3.3. Diğer Faktörler	32
3.3.1. Yangının çeşidi ve çapı	32
3.3.1.1. Görüş açısı	32
3.3.1.2. Dumanın yüksekliği ve sıcaklığı	33
3.3.1.3. Karbon monoksit (CO)	34
3.3.1.4. Yangın toksisite standartları	34
3.3.2. Binanın yapısı, şekli ve büyüklüğü	34
3.3.3. Alınan tedbirlerin yeterliliği.....	36
3.3.4. Tahliye anında sevk ve idare: liderlik ve motivasyon.....	36
3.3.5. İletişim ve koordinasyon	37

BÖLÜM 4.

TAHLİYE SÜRESİ HESAPLAMA METOTLARI	38
4.1. Tahliye Süresini Hesaplama Araçları.....	38
4.1.1. Yürüme hızı.....	38
4.1.2. Yürüme mesafesi.....	40
4.1.3. Kişi yoğunluğu ve ihtiyaç duyulan alan.....	41
4.1.4. İhtiyaç duyulan zaman	43
4.2. Tahliye Süresi Hesaplanma Modelleri	46
4.2.1. Makroskobik modeller (Tahliye Tatbikatı Verisi)	47
4.2.1.1. Kapasite analizi.....	47
4.2.1.2. Ağ modeli	47
4.2.1.3. Dinamik akış modeli.....	47
4.2.2. Mikroskobik modeller (Simülasyon)	48
4.2.2.1. Sürekli model.....	49
4.2.2.2. Ayrık model	50
4.2.2.3. Kullanıcı bazlı model.....	50

BÖLÜM 5.

TAHLİYE BÖLGESİ: KÜTÜPHANE	51
5.1. Kütüphanenin Konumu	51
5.2. Kütüphanenin Yapısı ve Kullanım Alanı	52
5.3. Kütüphane Kişi Yoğunluğu ve Çeşitliliği	53
5.4. Kütüphane Yangın Güvenliği ve Tahliye Tedbirlerinin Kritiği.....	54

BÖLÜM 6.

YÖNTEM.....	55
6.1. Araştırma Modeli ve Veri Toplama Yöntemi	55
6.2. Araştırma Grubu.....	61
6.3. Verilerin Analizi.....	61

BÖLÜM 7.

BULGULAR	62
7.1. Tahliye Tatbikatı Verilerine İlişkin Bulgular	62
7.2. Simülasyon Çalışmasına İlişkin Bulgular	65
7.3. Simülasyon Verilerinin Karşılaştırması	78
7.4. Tartışma ve Analiz	80

BÖLÜM 8.

SONUÇ VE ÖNERİLER	84
8.1. Sonuç	84
8.2. Öneriler	85
KAYNAKÇA	86
EKLER	91
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASET	: Kullanılabilir Güvenli Tahliye Zamanı
BS	: Britanya Standartları
CO	: Karbon Monoksit
FEC	: Fraksiyonel Etkin Konsantrasyon
FED	: Fraksiyonel Etkin Doz
FEG	: Yangın Mühendisleri Rehberi
MW	: Megavat
NFPA	: Ulusal Yangın Koruma Birliği
RG	: Resmi Gazete
RSET	: Gerekli Güvenli Tahliye Zamanı
VfDB	: Alman Yangın Koruma Birliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yangın güvenliği ve tahliye	7
Şekil 2.2. Tehlike anı ve tahliye.....	8
Şekil 3.1. Yangını söndürme ve tahliye süreci.....	19
Şekil 3.2. Tahliye anında etkileşim halinde olan genel faktörler	20
Şekil 3.3. Yaş ve tahliye süresi ilişkisi.....	23
Şekil 3.4. Vücut ölçüsü ve tahliye süresi ilişkisi.....	24
Şekil 3.5. Davranış modeli	31
Şekil 3.6. Kaydıraklı tahliye sistemi	35
Şekil 4.1. Yürüme hızı dağılımı	39
Şekil 4.2. Çevresel faktörlerin yürüme hızına etkisi	40
Şekil 4.3. Vücut elipsinin ihtiyaç duyduğu alan hesabı	43
Şekil 4.4. Tahliye hesaplama modelleri	47
Şekil 4.5. İnsan akışının süreç içerisindeki yoğunluk değişimi	48
Şekil 5.1. Merkezi kütüphanenin konumu	51
Şekil 5.2. Merkezi kütüphanenin genel görünümü	52
Şekil 5.3. Merkezi Kütüphanenin Kat Görünümü	53
Şekil 6.1. Dual simulasyon modu	56
Şekil 6.2. Hareket parametreleri.....	56
Şekil 6.3. Kişi yoğunlukları	57
Şekil 6.4. Grup davranışı.....	58
Şekil 6.5. Kontur grafiği renk tasnifi	58
Şekil 6.6. Asansör bekleme komutu.....	59
Şekil 6.7. Çok seçenekli kaçış yolları	60
Şekil 6.8. Kullanıcıların hızlarına ve yoğunluğa göre rota seçimi	60
Şekil 6.9. Sonuç değerlendirme grafiği.....	61
Şekil 7.1. Öğrenciler merdivenlerden inerken	62

Şekil 7.2. Tahliye anında oluşan dar boğaz	63
Şekil 7.3. Zamana bağlı olarak tahliye olan kişi sayısı	65
Şekil 7.4. Tahliye sonrası güvenli alanda toplanma.....	65
Şekil 7.5. Tahliye simülasyonu yapılan kişilerin dağılımı.....	66
Şekil 7.6. Tahliye simülasyonu anında oluşan dar boğaz	66
Şekil 7.7. Simülasyonda zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	68
Şekil 7.8. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (1. Senaryo) (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	70
Şekil 7.9. Acil çıkış merdivenin ve kapısının ikiye çıkarılmış hali	71
Şekil 7.10. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (2. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	72
Şekil 7.11. Geçiş güzergahındaki masanın kaldırılması	73
Şekil 7.12. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (3. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	74
Şekil 7.13. Birinci katta bulunan kullanıcıların 2. kapıya yönlendirilmesi.....	75
Şekil 7.14. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (4. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	76
Şekil 7.15. Yapısal ve yönetsel tedbirlerin genişletilmesi	77
Şekil 7.16. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (5. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	78
Şekil 7.17. Tahliye sürelerinin senaryolara göre değişimi	79
Şekil 7.18. Tahliye sayılarının senaryolara göre değişimi (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte).....	80

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Yönetmelik Ek-1/A düşük tehlike kullanım alanları	12
Tablo 2.2. Yönetmelik Ek-1/B orta tehlike kullanım alanları.....	13
Tablo 2.3. Yönetmelik Ek-1/C yüksek tehlike kullanım alanları	14
Tablo 2.4. İşletmelerin Yangın Tehlike Sınıfları ve Karakteristik Özellikleri	15
Tablo 3.1. Yaş ve cinsiyete göre vücut ölçüleri	22
Tablo 3.2. Yangın anında insan davranışlarını etkileyen faktörler	28
Tablo 3.3. Karbon monoksitin insan vücuduna etkisi.....	34
Tablo 4.1. Ek-5/B Çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları	41
Tablo 4.2. NFPA 130'a göre kapalı alanlarda kapasite ve hız standardı	44
Tablo 4.3. Bina tiplerine göre yetişkinlerin uyarılara reaksiyon süreleri.....	45
Tablo 4.4. Uyarı çeşitliliğine bağlı reaksiyon derecesi	46
Tablo 7.1. Gerçek tatbikatta tahliye olan bireylerin tahliye hızları.....	64
Tablo 7.2. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları	67
Tablo 7.3. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (1. Senaryo)	69
Tablo 7.4. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (2. Senaryo).	71
Tablo 7.5. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (3. Senaryo).	73
Tablo 7.6. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (4. Senaryo).	75
Tablo 7.7. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (5. Senaryo).	77

ÖZET

Anahtar kelimeler: Yangın güvenliği, tahliye, tahliye simülasyonu, makroskobik ve mikroskobik modeller

Tahliye, yangın güvenlik konseptlerinin bir parçasıdır. Tahliye güvenliği ve hızı yapısal, teknik ve yönetimsel yangın güvenlik tedbirlerinden doğrudan etkilenmektedir. Tahliye güvenliğini ve hızını etkileyen diğer bir husus ise insan faktörüdür.

Tahliye hızlarının hesaplanmasında genel olarak iki model kullanılmaktadır. Tahliye hızı makroskobik modellerde manuel olarak hesaplanırken, mikroskobik modellerde dijital olarak hesaplanmaktadır. Makroskobik modellerde insan davranışına etki eden çevresel faktörler istenilen düzeyde yansıtılamazken, mikroskobik modellerde insan faktörü tam olarak simüle edilememektedir.

Bu çalışmanın amacı tahliye sürelerinin hesaplanmasında makroskobik ve mikroskobik modellerle elde edilen bulguların karşılaştırılmasıdır. Tahliye tatbikatı üniversite bünyesinde hizmet veren kütüphanede gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde tahliye simülasyonu da üniversite kütüphanesi için kurgulanmıştır.

Normal şartlar altında gerçekleştirilen tahliye tatbikatına ve simülasyonuna 296 kişi/kullanıcı katılmıştır. Analiz sonucunda her iki model sonuçlarının farklı olduğu görülmüştür. Ayrıca makroskobik model üzerinde çevresel faktörlerin ve mikroskobik model üzerinde insan faktörünün hesap edilemediği tespit edilmiştir.

EVACUATION MANAGEMENT IN LIBRARY BUILDINGS

SUMMARY

Keywords: Fire safety, evacuation, simulation of evacuation, macroscopic and microscopic models

Evacuation is part of fire safety concepts. The safety and speed of evacuation are directly affected by structural, technical and administrative fire safety measures. Another factor affecting the safety and speed of evacuation is the human factor.

In general, two models are used in the calculation of evacuation rates. The evacuation rate is calculated manually in the microscopic models, and digitally in the macroscopic models. Neither the environmental factors affecting the human behaviors can be reflected at the desired level in macroscopic models, nor the human factor in microscopic models can be fully simulated.

The aim of this study is to compare the findings obtained from macroscopic and microscopic models. The evacuation exercise has been conducted in the university library. Similarly, the evacuation simulation has been designed for the university library.

296 individuals / agents have participated in the evacuation practice and simulation performed under normal conditions. The results of both models have been found to be different. Furthermore, it has been determined that the human factor on the microscopic model and the environmental factors on the macroscopic model cannot be calculated

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kütüphaneler karmaşık işlevleri olan ve yüksek yangın yükü taşıyan sıra dışı binalardır. Yangın yükünün fazla olması nedeniyle kütüphane yangınları yüksek oranda maddi hasarlara neden olabileceği gibi bir kısım politik sonuçlar da doğurabilmektedir (Wang ve Ark., 2012). Teknolojinin gelişmesi elbette ki yangınla mücadeleyi kolaylaştırmakta ve yangın riskini minimize etme fırsatları sunmaktadır. Ancak yangın tehlikesini büsbütün ortadan kaldıramamaktadır. 30 Ocak 2015 tarihinde meydana gelen bir kütüphane yangını bütün dünya basınında yer almıştı. Rusya Bilimler Akademisi bünyesinde hizmet veren Sosyal Bilimler Enstitüsünün (INION RAN) 1918 yılında kurulan kütüphanesi kısmen yanmış ve maddi kayıpların yanında manevi değeri yüksek bilimsel eserlerde yok olmuştu. 2000 metrekare alanın kullanılamaz hale gelmesi ve 1000 metrekarelik alanın çatısının da çökmesi yangının şiddetini gözler önüne sermektedir (Kishkovsky, 2015). Bu acı tecrübe bir kez daha bilimsel ve manevi değeri yüksek eserlerin arşivlendiği kütüphanelerin yangın güvenliklerinin gözden geçirilmesi gerçeğini bir kez daha hatırlatmıştır.

Kütüphane yangınları oluşturdukları maddi kayıplar kadar insan hayatını ve vücut bütünlüğünü de tehdit etmektedir. Özellikle eğitim dönemlerinde üniversite kütüphanelerinin ziyaretçi sayıları artmakta ve muhtemel bir yangın anında tahliyeyi zorlaştırabilmektedir.

Tahliyeyi etkileyen birçok faktör vardır. Bu çerçevede faktörleri belirli sınıflandırmalara tabi tutmak mümkündür. Örneğin bir yangın tehlikesinde tahliyeyi etki eden faktörler;

1. Yangının oluşturduğu risk,
2. Alınan tedbirlerin sağladığı tahliye konforu

3. Tahliye konu kişilerin fiziki ve psikolojik durumları

olmak üzere üç başlık altında irdelenebilir. İlk iki faktörün tahliye etkisi gözle görülebildiği gibi ölçümü de kolaydır. Ancak üçüncü faktörün formüle edilmesi ve bu faktör altındaki özelliklere standart getirilmesi güç olduğundan tahliye hızı hesaplamalarının yapılması da güçleşmektedir. Bu nedenle son zamanlarda tahliye üzerine yapılan çalışmalarda insan faktörüne olan ilgi artmaktadır.

Çalışmalar özellikle konforlu bir tahliye alanı olmasına ve yangın büyüklüğünün tahliyeyi etkileyecek ölçüde olmamasına rağmen tahliyenin neden geciktiği üzerine yoğunlaşmaktadır ve insan faktörü bu gecikmenin ana nedeni olarak irdelenmektedir (Hofinger ve Ark., 2014). Ancak araştırmaya tabi tutulan bireylerin yapılan çalışmanın bir deneyden ibaret olduğunu bilmeleri ve gerçek kimliklerini ortaya koymamaları da elde edilen sonuçları tartışmalı hale getirmektedir (Zinke ve Ark., 2014). Bireylerin bilgisi olmadan yapılan deneylerde de insan faktörü sorgulanmıştır ancak gerçek bir tehlikenin insanlar üzerinde bıraktığı etki gözlemlenememiştir (Schmidt ve Galea, 2013). Dolayısı ile acil durumlardaki insan faktörünün tam olarak irdelenebilmesi için yaşanmış gerçek olayların çok çeşitli perspektiflerden analiz edilip tatbikatlara uyarlanabilmesi önem arz etmektedir.

Tehlike anında bireylerin tahliye edilmelerini konu alan manuel deneylerin yanı sıra bilgisayar destekli programlar da geliştirilmiştir. Geliştirilen bu programlar tehlike anında tahliye olayını simüle etme ve tahliye hızını ölçme imkânı sunabilmektedir. Programlar geliştikçe tahliye etki eden faktörlerin sonuca gerçek etkilerinin ölçümü de kolaylaşmaktadır. Programlar, özellikle tahliye konu kişilerin fiziksel ve psikolojik durumlarından kaynaklanan faktörler dışındaki diğer bütün faktörlerin sisteme dahil edilmesine olanak tanıdığından çok karmaşık ve büyük binalarda dahi istenilen sayıda kişinin belirlenen her hangi bir yangın riski altında tahliyesini simüle edebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı ise geleneksel bir şekilde uygulanan bir tatbikat sonunda yapılan manuel ölçüm ile, bilgisayar destekli bir program yardımı ile bir simülasyon sonrası

yapılan dijital sayım arasında bir fark olup olmadığını gözlemlemek ve oluşan farkın sebeplerini ortaya koyabilmektir. Makroskobik (tahliye tatbikatı verileri) ve mikroskobik (simülasyon) ölçümlerin kıyaslanması açısından önemli bir imkan sunmaktadır. Tahliye konu bina olarak da yangın yükü fazla olan ve insan yoğunluğunun sürekli bir şekilde yüksek oranda yaşanabileceği değerlendirilen kütüphane seçilmiştir. Her iki ölçümde de insan faktörü dışındaki yangın büyüklüğü, tedbirlerin genel durumu ve kişi sayısı gibi diğer bütün faktörler eşit olarak alınmıştır. Öncesinde ise bir kısım kavramlara açıklık getirilecek ve bu alanda yapılan çalışmalar detayları ile listelenecektir. Çalışmanın ana hipotezi:

H_0 : Tahliye hızının hesaplamalarında gerçek zamanlı tatbikatlarda elde edilen (makroskobik) veriler ile bilgisayar destekli simülasyonlar sonucu elde edilen (mikroskobik) verilen arasında fark vardır.

H_1 : Tahliye hızının hesaplamalarında gerçek zamanlı tatbikatlarda elde edilen (makroskobik) veriler ile bilgisayar destekli simülasyonlar sonucu elde edilen (mikroskobik) verilen arasında fark yoktur.

Çalışmanın yardımcı hipotezi ise

H_0 : İnsan faktörü tahliye hızına etki etmektedir.

H_1 : İnsan faktörü tahliye hızına etki etmemektedir.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tahliye Nedir

Müller (1998) tahliyeyi insan ve hayvan ayrımı yapmaksızın örgütlü bir şekilde bütün canlıları tehlikeli alandan güvenli bölgeye nakletme olarak tanımlamaktadır. Tehlikeli alanda yaşama, vücut bütünlüğüne, eşya ve çevreye tehdit oluşturan sıra dışı bir durum ya da uygulama söz konusudur. Güvenlikli alan ise söz konusu tehditten arındırılmış bölgedir (Prendke ve Schröder, 2005). Tehdidin büyüklüğüne ve gelişim sürecine bağlı olarak tahliye süreçleri de değişkenlik göstermektedir. Ancak burada belirtmek gerekir ki yangın akut bir tehdittir ve tahliye işleminin derhal gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Ruhrhofer ve Schweitzer, 2003).

Tahliyeyi genel itibari ile dört başlık altında toplamak mümkündür (Werner ve Schmutz, 2005). Birincisi doğrudan ve akut bir tehdit durumunda (yangınlar buna en güzel örnektir) acil tahliyedir ki tehdit fark edildiği andan itibaren tahliye süreci başlamaktadır. İkincisi dolaylı ve kronik hal almış bir tehdit karşısında gerçekleştirilen kontrollü tahliyedir ki tahliyenin başlangıç noktası tehdidin fark edilmesi değil tehdidin ciddi boyutlara ulaşabileceğinin ön görülmesidir. Üçüncüsü bütünden ziyade belirli alanların tehdit altında bulunduğu durumlarda gerçekleştirilen kısmi tahliyelerdir ki sadece tehdit altındaki canlılar tahliye edilmektedir. Dördüncü ve sonuncusu ise güvenli alana ulaşmanın imkansız olduğu durumlarda daha az tehlikeli bölgelere geçiş şeklinde yapılan yatay tahliyedir ki bir zorunluluk halidir ve bina bölümlerindeki risklerin iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

Tehlike anında canlıların bulunduğu yer tahliye yollarından daha güvenli ve tehdidin bu bölgeye ulaşması ihtimali az ise canlıların bulundukları konumu muhafaza etmelerini istemek de tahliyenin bir parçası olabilmektedir (Müller, 1998).

Yukarıdaki tanım ve tasniflerden de anlaşıldığı üzere tahliye bilinçli, düzenli ve örgütlü bir harekettir. Bunun tersine kaçış ise daha çok şuursuz, düzensiz, örgütsüz ve kendiliğinden gelişen bir harekettir. Tehdidin ortaya çıkış şekline ve ani büyümesine bağlı olarak tehlike bölgesini terk etme kaçış ya da tahliye olarak gelişebilmektedir.

2.2. Kütüphanelerde Tahliye Konu Genel Tehlike Yangın

Kütüphaneler yangın yükünün fazla olması ve aynı anda birçok insana hizmet etmesi açısından özellikle tahliye tedbirlerinin hem yapısal hem de teknik olarak en üst seviyede ele alınması gereken yerlerdendir. Farklı tarihlerde meydana gelen kütüphaneden tahliye işlemleri incelendiğinde neredeyse tamamının yangın kaynaklı olduğu ve yangınların ise genel itibari ile kütüphanelerin kullanıma açık olduğu zamanlarda meydana geldiği belirlenmiştir. Kütüphane yangınlarının genel nedenini ise kundaklamalar oluşturmaktadır.

Kütüphaneler yaygın olarak kullanılan kitapların yanı sıra tarihi değere sahip eserlerin de arşivlendiği yerlerdir ve yangın esnasında bireylerin tahliyesinin yanı sıra kıymetli eserlerin de en az zararla kurtarılması öncelik arz etmektedir. Yangın sonrası oluşan hasarın restorasyonu ise bazen mümkün olmayabilmektedir. Bu da tahliye işleminin daha hızlı, titiz ve bilinçli bir şekilde yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Kütüphanelerde meydana gelebilecek bir yangının büyüklüğü elbette ki binanın yapısında ve bünyesinde bulundurduğu kitap sayısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yine dijital teknoloji ile beraber eserlerin mikrofilmler de saklanması muhtemel bir yangında kütüphanelerin yangın yükünü daha da artırmaktadır.

Bütün bu verilerden de anlaşıldığı üzere her kütüphane kendine özgü bir yangın riski taşımaktadır ve riske bağlı olarak da tahliye zorluk derecesi bulunmaktadır. Bu nedenle kütüphaneler için yangın güvenlik konseptleri çıkarılırken bütün bu varyasyonların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

2.3. Yangın Güvenlik Konsepti

Kişinin canını, malını ve vücut bütünlüğünü tehdit eden her türlü riskten emin olmak manada güvenlik olarak tanımlanabilir. Risklerin artmasına ya da azalmasına bağlı olarak güvenlik seviyesi de yükselir ya da düşer. Yangın insan sağlığını ve mal varlığını tehdit eden risklerin başında gelmektedir. Bazen küçük bir kıvılcım tedavisi mümkün olmayan sağlık sorunlarına yol açabileceği gibi restorasyonu güç maddi hasarlara da neden olabilir. Yangın güvenlik konseptleri oluşan riskleri ortadan kaldırmak için dizayn edildikleri için risk ve risk analizi kavramlarına kısa bir açıklık getirilmesi faydalı olacaktır.

Günlük hayatta sağlığı, vücut bütünlüğünü ya da mal varlığını tehdit eden birçok durumla karşılaşılabilir. Ancak bunlar genel itibari ile hayatın belirsizlikleridir. Kişi bu belirsizlikle kasıtlı bir etkileşime giriyor ise o zaman risk başlamaktadır (Cline, 2015). Çünkü belirsizlikler ön görülemeyen şeylerdir ve kişinin doğrudan kendi sorumluluğunda değildir. Kaldırımında yürüyen bir insana kontrolden çıkmış bir aracın gelip çarpması risk değil bir belirsizliktir. Oysa risk bireyin bu belirsizliği bilgisi ve isteği dahilinde satın almasıdır (Antunes ve Gonzalez, 2015).

David van Dantzig'in (Hollandalı Matematikçi) bu nedenle riski; istenmeyen bir durumun gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi halinde ortaya çıkması muhtemel zararın çarpımı olarak formüle etmektedir. Bu ifade işletmelerde iş güvenliği analizlerinde kullanılan formül ile aynı paraleldedir ve riski anlamamıza yardımcı olmaktadır:

$$\text{Risk} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet}$$

Formülden de anlaşıldığı üzere riskin iki elementi bulunmaktadır. Birincisi tehlikenin ortaya çıkma olasılığı ki hesaplanırken tehlikenin varlığının iyi tanımlanması ve özelliklerinin iyi tarif edilmesi gerekmektedir. İkinci element ise şiddet ki hesaplanırken tehlikenin çeşidi ve çapı ile verebileceği zararın büyüklüğü arasında doğrudan bir ilişki olduğu dikkate alınmalıdır.

Tehlikenin zarar verme potansiyeline sahip kaynak durum veya uygulama olduğunu göz önünde bulundurduğumuzda risk sonunda oluşabilecek zararların farkında olarak tehlike kaynağına müdahale etmeme ya da tehlike doğurabilecek uygulamaya girişme olarak görülebilir. ABD’de yangınla mücadele konusunda uluslararası düzeyde standartlar geliştiren Ulusal Yangın Koruma Birliği (NFPA) riski bu paralelde bir tehlikenin ortaya çıkma ihtimalinin ve büyüklüğünün ölçütü olarak tanımlamaktadır (NFPA 1500) ve yangın risk analizinin önemini anlatırken işletmelerin oluşturdukları yangın ünitelerinin periyodik bir şekilde risk analizi yapmaları gerektiğine vurgu yapmaktadır (NFPA 1250). Bu çerçevede riskin minimize edilmesini; ihtimal konusu olan belirsizliklerin tanınması ve ortadan kaldırılması için uygun adımların tespit edilmesi olarak görebiliriz.

Güvenliği tehdit eden riskler yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak çok boyutlu hal aldıkça güvenlik konseptleri de aynı paralelde çok boyutlu olarak geliştirilmektedir. Yangın güvenliği bünyesinde yapısal, teknik ve yönetsel tedbirleri barındıran kapsayıcı bir konsepttir (Schneider ve Lebeda, 2000). Güvenli ve hızlı tahliye, kapsayıcı güvenlik konseptinin her tedbirinden doğrudan etkilenmektedir.



Şekil 2.1. Yangın güvenliği ve tahliye

Şekil 2.1. incelendiğinde her başlık altında tahliyeyi konu alan bir dizi tedbirin listelendiği görülmektedir.

2.4. Tehlike Anı ve Tahliye

TS 18001 standardı tehlikeyi “çalışma ortamındaki veya çevredeki herhangi bir unsurun zarar verme potansiyeli” şeklinde tarif etmektedir. Aynı çerçevede yapılan tanımlara başta 6331 sayılı “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu” olmak üzere birçok yasa hükmünde rastlamak mümkündür. Tahliyeye konu tehlike kavramının, kendi süreci içerisinde geçen aşamalar da dikkate alınarak daha geniş ve spesifik bir tehlike tanımı yapılması icap etmektedir. Çünkü tahliye anında tehlikenin acil duruma (ani tehlike) dönüşmüş hali ile yüz yüze kalınmaktadır. Ani tehlike ise sağlık, yaşam, mülk veya çevre için acil bir tehdidin oluşması durumudur. Tahliye çerçevesinde tehlike anı her bir birey için, tehdidin farkına varılması ile başlayan ve tehditten emin olunmasına kadar geçen sürecin tamamıdır.



Şekil 2.2. Tehlike anı ve tahliye

2.4.1. Tehlikenin farkına varılması

Çalışmaya konu tehlikenin farkına varılması yukarıda da izah edildiği üzere aynı zamanda acil durumun da farkına varılmasıdır. Tehlikenin farkına varılması tahliye sürecinin başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Ancak tehlikenin başlangıcı ile optimal tahliye süresi için ayrılan zaman işlemeye başladığından tehlikenin farkına ne kadar hızlı varılırsa tahliye işlemi de o kadar sağlıklı bir şekilde yürütülmüş olur. Yangın güvenlik konsepti içerisinde teknik tedbirler kısmında listelenen erken uyarı sistemleri ne kadar etkin ve verimli bir şekilde işletilirse bu aşamada edilecek zaman tasarrufu da o kadar fazla olacaktır.

2.4.2. Tehlikenin haber verilmesi

Tehlikenin haber verilmesi iki başlık altında toplanabilir. Çünkü tehlikenin farkına varılması, tahliye işlemlerinin yanı sıra eş zamanlı olarak söndürme işlemlerinin de başladığı bir süreçtir. Bu nedenle tehlike bölgesinde bulunan herkesin en etkin yöntemlerle uyarılması ve oluşan yangın tehdidi nedeni ile itfaiye başta olmak üzere ilgili yerlerin haberdar edilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın sonraki aşamalarında da detaylı bir şekilde izah edileceği üzere tahliyeye konu bireylerin reaksiyon süreleri tehlikenin haber edilme şekline göre farkındalık göstermektedir. Yangın güvenlik konsepti teknik tedbirler başlığı altında yer alan bilgilendirme sistemlerinin etkinliği ve çalışır durumda olması önem arz etmektedir. Ayrıca tahliyeyi etkileyen çevresel faktörlerin başında yangın çeşidi ve çapına bağlı etkenler (ısı, duman vs.) geldiğinden, etkin bir söndürme işleminin derhal başlatılması tehlikenin boyutunu minimize edecektir. İtfaiye ile koordineli çalışma yönetsel tedbirler kapsamında önemlidir. Hazırlanan planlar ve yürütülen planlı tatbikatlar bu aşamada yürütülen yangını baskılama faaliyetlerini daha da kolaylaştıracaktır.

2.4.3. Tahliye hazırlığı

Tehlikenin haber edilmesi ile bireylerin reaksiyonu başlamaktadır. Bireylerin birinci reaksiyonu hiç şüphesiz toparlanma sürecidir. Tahliye hazırlığı olarak da adlandırılabilir olan toparlanma süreci birçok faktöre bağlı olarak uzun ya da kısa olabilmektedir. Kişinin tahliye olunan yerdeki pozisyonu, tehlike hakkındaki bilgi düzeyi, tahliye olunacak yerdeki terkedilmesi halinde risk oluşturacak eşya ve dokümanların varlığı, kıyafeti, uyarının şekli, tehlikenin boyutu vb. birçok husus toparlanma aşamasını etkileyebilmektedir.

2.4.4. Tahliyenin sağlanması

Toparlanma sürecinden sonra bireylerin tahliye için hareket edip toplanma alanına kadar geçen hareket süreci tahliye sürecidir. Çalışmanın odak noktasını da bu aşama oluşturmaktadır. Bu aşamayı etkileyen faktörler detaylı olarak ele alınacağından burada kısaca belirtmek gerekir ki bütün faktörler birbiri ile etkileşim halindedir ve sağlıklı ve hızlı bir tahliyenin sağlanması için bütün faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yine yangın güvenliği konsepti içerisinde sıralanan yapısal, teknik ve yönetsel tedbirlerin hepsinin tahliye hızına ve güvenliğine etkileri bulunmaktadır. Her bir tedbir diğerini desteklemekte ve tedbirlerinden bir tanesinin dahi eksik olması tahliyeyi olumsuz etkileyebileceği gibi telafisi mümkün olmayan sonuçlar da doğurabilmektedir.

2.4.5. Kişilerin güvenli bölgelere toplanması

Güvenlik bölgesi “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” içerisinde tanımlandığı üzere (Madde 4/ö) “binadan tahliye edilen şahısların bina dışında güvenli olarak bekleyebilecekleri bölgeyi” ifade etmektedir. Dolayısıyla tahliye hareketliliği bu bölgelere ulaşılan kadar devam etmektedir. Güvenlik bölgeleri tehlikeden uzak her türlü açık alanlar olabileceği gibi işletmeler tarafından özel olarak tayin edilen yerler de olabilmektedir. Ancak bu çerçevede dile getirilmesi gereken diğer bir husus kaçış mesafesidir. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik çıkışlara götüren

en uzun kaçış uzaklıklarını ve birim genişlikleri yağmurlama sisteminin olup olmamasına göre standardize etmiştir (EK 5/b).

2.4.6. Tahliyenin tamamen gerçekleştiğinden emin olma

Binaların kullanım amacına, büyüklüğüne ve şekline bağlı olarak tahliyenin tamamen gerçekleşip gerçekleşmediğinden emin olma kompleks bir hal alabilmektedir. Basit bir ev yangının da içeride bulunanların tamamen tahliye edilip edilmediğini kontrol etmek elbette ki çok zor olmayacaktır. Ancak çok çalışanı olan büyük çaplı işletmelerde tahliyenin tamamen gerçekleşip gerçekleşmediğine emin olmak daha karmaşık bir hal alabilmektedir. Çalışanların ve ziyaretçilerin girişlerinin kayıt altına alındığı endüstriyel işletmelerde sayım gerçekleştirmek daha kolay olurken, giriş kayıt işleminin (sağlıklı) yapılamadığı işletmelerde ise (alış veriş merkezleri gibi) tehlikeden emin olma biraz zaman alabilmektedir. Girişleri kayıt altına alan endüstriyel işletmeler manuel sayım metotlarının yanı sıra bir kısım dijital sayım sistemleri de geliştirmişlerdir. Optik okuyucu noktaları, sms gönderme sistemleri, parmak okutma noktaları gibi bir kısım teknolojik ağ sistemleri bu amaca hizmet etmektedir.

2.5. Binaların Tehlike Sınıflandırması

Yasal düzenlemeler işletmelerde tehlike sınıflandırmasını farklı açılardan ele almaktadır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu işletmelerin tehlike sınıflandırmasını İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğünün Başkanlığında ilgili taraflarca oluşturulan komisyonun görüşleri doğrultusunda, Bakanlıkça çıkarılacak tebliğ ile tespit edilmesini (Madde 9) hükme bağlamıştır. Bu doğrultuda 25 Kasım 2009 yılında çıkarılan 27417 sayılı tebliğ işletmelerde tehlikeyi az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli işler olmak üzere üç başlık altında toplamaktadır. Listelenen işler incelendiğinde tasnifin iş odaklı yapıldığı ve işin icra edilen faaliyetin insan sağlığı ve vücut bütünlüğü üzerindeki muhtemel etkisine göre derecelendirildiği görülmektedir.

2007 tarihinde çıkarılan 2007/12937 karar sayılı “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” ise tehlike tasnifini farklı açılardan ele almıştır. Yönetmelik

bina bazlı bir tehlike tasnifi yapmıştır. Ancak yönetmeliğin eklerinde (Ek-1/A, Ek-1/B ve Ek-1/C) yapılan işe göre bir tehlike tasnifi oluşturulmuştur.

Yönetmeliğin 3. Bölümü binaları amaçlarına göre tasnife tabi tutarken bu binalar arasında işlevine göre her hangi bir tehlike tanımı yapmamıştır. Sadece 3. Bölüm içerisinde ele aldığı yüksek tehlikeli yerler kısmında (Madde 17) yangın tehlikesine binadan bağımsız olarak yapılan işe bağlı olarak özel bir tanım getirilmiştir.

Yönetmeliğin 18. Maddesinde karışık kullanım amaçlı binalarda ise daha yüksek tedbiri gerektiren uygulamanın esas alınması hükme bağlanmıştır. Yönetmeliğin 19. Maddesi yangın tehlikesini binaların hususiyetlerini göz önüne alarak üç başlıkta toplamıştır. Bu tasnife yönetmelik eklerinde sıralanan kullanım alanlarına bağlı tehlike sıralaması da eklendiğinde yangın tehlike sıralamasını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

2.5.1. Düşük derece yangın tehlikeli yerler

Düşük yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip malzemelerin bulunduğu, en az 30 dakika yangına dayanıklı ve tek bir kompartıman alanı 126 m²'den büyük olmayan yerlerdir.

Tablo 2.1. Yönetmelik Ek-1/A düşük tehlike kullanım alanları

Okullar ve diğer eğitim kurumları (belirli alanları*), bürolar (belirli alanları*), hapishaneler
* Kullanım alanları, Ek-1.b ve Ek-1.c kapsamına girmeyen alanlar.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde günlük rutin büro faaliyetlerinin (bilgisayara veri işleme hariç) yürütüldüğü, imalata ilişkin herhangi bir işlemin yapılmadığı ya da yanabilme özelliğine sahip malzemelerin depolanmadığı işletmelerin düşük tehlikeli sınıfa girdiği görülmektedir. Ancak işletme alanı 126 m²'den büyük olması durumunda işletmenin tehlike vasfı değişmektedir. Yine bu tablodan da anlaşıldığı üzere endüstriyel işletmeler için düşük tehlike sınıfından bahsetmek çok mümkün gözükmemektedir.

2.5.2. Orta derece yangın tehlikeli yerler

Orta derecede yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip yanıcı malzemelerin bulunduğu yerlerdir.

Tablo 2.2. Yönetmelik Ek-1/B orta tehlike kullanım alanları

Kullanım Türü	Orta Tehlike -1	Orta Tehlike -2	Orta Tehlike -3	Orta Tehlike -4
Cam ve seramikler			Cam Fabrikaları	
Kimyasallar	Çimento İşleri	Fotoğraf laboratuvarları, Fotoğraf film fabrikaları	Boyama işlemleri, sabun fabrikaları	Mum ve balmumu fabrikaları, kibrit fabrikaları, boyahaneler
Mühendislik	Metal levha üretimi	Otomotiv fabrikaları, tamirhaneleri	Elektronik fabrikaları, buzdolabı ve çamaşır makinesi fabrikaları	
Yiyecek ve içecekler	Mezbahalar Mandıralar	Fırınlr, bisküvi, çikolata, şekerleme imalathaneleri, bira fabrikaları	Hayvan yemi fabrikaları, meyve kurutma, suyu çıkarılmış sebze ve çorba fabrikaları, şeker imalathaneleri, tahıl değirmenleri	Alkol damıtma
Çeşitli	Hastaneler, oteller, lokantalar, kütüphaneler (kitap depoları hariç), okullar, bürolar	Fizik laboratuvarları, çamaşırhaneler, otoparklar, müzeler	Radio ve televizyon Yayınları, tren istasyonları, tesisat odaları	Sinemalar, tiyatrolar, konser salonları, tütün fabrikaları
Kâğıt			Cilthaneler, mukavva fabrikaları, kâğıt fabrikaları, baskı işleri ve matbaalar	Atık kâğıt işletmeleri
Lastik ve plastik			Kablo fabrikaları, plastik döküm ve plastik eşya (köpük plastik hariç), kauçuk eşya fabrikaları, sentetik lif (akrilik hariç) fabrikaları Vulkanize fabrikaları	Halat fabrikaları
Dükkanlar ve ofisler	Bilgisayara veri işleme ofisleri (veri saklama odaları, hariç)		Büyük mağazalar Alışveriş merkezleri	Sergi salonları
Tekstiller ve konfeksiyon		Deri eşya fabrikaları	Halı fabrikaları (kauçuk ve köpük plastik hariç), kumaş ve giysi fabrikaları, fiber levha fabrikaları, ayakkabı imalathaneleri, triko (örgü), ev tekstili (bez) fabrikaları, yatak, şilte fabrikaları (köpük plastik hariç), dikim ve dokuma atölyeleri, yün ve yünlü kumaş atölyeleri	Pamuk iplikhanesi, keten ve kenevir hazırlama tesisleri
Kereste ve tahta			Ahşap işleri fabrikaları, mobilya fabrikaları (köpük plastikler hariç), mobilya mağazaları, koltuk kanepeler vb döşemelerinin (plastik köpük hariç) imalathaneleri	Odun talaşı fabrikaları, yonga levha fabrikaları, kontrplak levhaları
Orta tehlike -1 ve orta tehlike -2 kullanım alanlarında boyama işlemi ve benzeri yüksek yangın yüküne sahip alanlar var ise, kullanım alanları orta tehlike-3 olarak değerlendirilir.				

Yukarıdaki tabloyu incelediğimizde orta derece yangın tehlikesi altında bulunan işletmelerin genel itibari ile orta derece yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip malzemelerin imal edildiği ve depolandığı işletmelerin yanı sıra yoğun insan trafiğinin yaşanabileceği işletmeler olduğu görülmektedir. Çalışmaya konu kütüphaneler “orta tehlike – 1” olarak tasnif edilmiştir.

2.5.3. Yüksek tehlikeli yerler

Yüksek yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip ve yangının çabucak yayılarak büyümesine sebep olacak malzemelerin bulunduğu yerlerdir.

Tablo 2.3. Yönetmelik Ek-1/C yüksek tehlike kullanım alanları

Yüksek Tehlike -1	Yüksek Tehlike -2	Yüksek Tehlike -3	Yüksek Tehlike -4
Döşemelik kumaş ve muşamba fabrikaları kumaş ve muşamba yer döşemeleri imalatı	Aydınlatma fişeği fabrikaları	Selüloz nitrat fabrikaları	Havai fişek fabrikaları
Boya, renklendirici (ahşap renklendirici ve koruyucuları-pnoteks) ve vernik imalatı	Plastik köpük ve sünger imalathaneleri, lastik köpük eşyaları,		
Yapay kauçuk, reçine, lamba isi ve terebentin imalatı	Katran damıtma		
Talaş fabrikaları Odun yünü imalatı	Otobüs ambarı, yüklü kamyonlar ve vagonlar Otobüsler, yüksüz kamyonlar ve demiryolu vagonları için depolar		

Yukarıdaki tabloda belirtildiği üzere yüksek derece yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip malzemelerin imal edildiği ve depolandığı işletmelerin yanı sıra yönetmeliğin 19. Maddesinde de belirtildiği üzere parlayıcı ve patlayıcı maddeler ile akaryakıtların imal edildiği, depolandığı, doldurma-boşaltma ve satış işlerinin yapıldığı yerler de yüksek tehlikeli işletmeler olarak değerlendirilir. Bütün veriler ışığında işletmeleri tehlike sınıfına göre değerlendirdiğimizde karşımıza çıkan genel sonuç aşağıdaki tabloda resmedilmiştir.

Tablo 2.4. İşletmelerin Yangın Tehlike Sınıfları ve Karakteristik Özellikleri

Tehlike Sınıfı	Karakteristik Özellikleri
Az tehlikeli işletmeler	Düşük yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip malzemeler bulunmaktadır, En az 30 dakika yangına dayanıklı ve 126 m ² 'den küçük tek bir kompartıman alana sahiptir, Genelde ofis olarak kullanılmaktadır (Bilgisayara veri işlenen ofisler hariç).
Orta tehlikeli işletmeler	Orta yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip malzemeler bulunmaktadır ya da imal edilmektedir, Yemek pişirilen üniteler mevcuttur, Tesisatlar vardır, İstasyon karakteri taşıyan yerlerdir, İnsan trafiği yoğunudur, Bilgisayara veri girişi yapılan ofisler (veri saklama odaları hariç).
Yüksek tehlikeli işletmeler	Yüksek yangın yüküne ve yanabilirliğe sahip ve yangının çabucak yayılarak büyümesine sebep olacak malzemeler bulunmaktadır ya da imal edilmektedir, Parlayıcı ve patlayıcı maddeler ile akaryakıtların imal edildiği, depolandığı, doldurma-boşaltma ve satış işlerinin yapıldığı yerler.

2.5.4. Tahliyeyle ilişkin yasal düzenlemeler

Birçok yasal düzenleme iş sağlığını ve güvenliğini güvence altına almayı hedeflemektedir. Yasal düzenlemelerin meşruiyetini hiç şüphesiz iş yerlerinde meydana gelen ve insan sağlığını ve güvenliğini tehdit eden yaşanmışlıklar oluşturmaktadır. Yaşanan yeni tecrübelerle ilgili olarak da kanunlar ya revize edilmekte ya da yeni yasal düzenlemeler gerçekleştirilmektedir. Kanuni düzenlemeler ortaya konan çalışmanın güvenlik konsepti başlığı altında listelenen yapısal, teknik ve yönetsel tedbirlere standart getirerek güvenlik seviyesini her türlü tehlikeye karşı hazır hale getirmeyi hedeflemektedir.

Hiç şüphesiz bu kanuni düzenlemelerin başında RG 30.06.2012 tarih ve 28339 sayılı 6331 No'lu "İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu" gelmektedir. Söz konusu kanun iş yerlerinde güvenlik seviyesinin en üst seviyede kalması için önleyici (preventif) ve ön alıcı (proaktif) tedbirleri yasal bir ödev ve sorumluluk olarak sıralamaktadır. Kanunun konu başlıklarından bir tanesi de yangın ve tahliye:

- Acil durum planları, yangınla mücadele ve ilk yardım (Madde 11)
- Tahliye (Madde 12)

Dayanağını 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunundan alan RG 18.06.2013 tarih ve 28681 sayılı “İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik” de tahliye bahsini de içine alacak şekilde işveren ve yöneticilere hitaben “acil durum planlarını hazırlar ve tatbikatların yapılmasını sağlar” demektedir (Madde 5/ç).

Yine RG 19.12.2007 tarih ve 26735 sayılı “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” tahliyeyle ilişkin en kapsayıcı yasal düzenlemedir. Yönetmelikte tahliyeyle ilişkin yapısal, teknik ve yönetsel tedbirlerin yanı sıra bu tedbirlere ilişkin standartlar da listelenmiştir. Çalışmaya konu kütüphanenin yangın güvenlik analizi bu yönetmelik hükümleri çerçevesinde çalışmanın ilerleyen bölümlerinde irdelenecektir.

RG 17.07.2013 tarih ve 28710 sayılı “İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” tahliyeyle ilişkin hükümlerin yer aldığı başka bir yasal düzenlemedir. Yönetmelikte “acil çıkış yolları ve kapıları” ayrı bir başlık olarak verilmiştir (Madde 10).

Yine RG 11.09.2013 tarih ve 28762 sayılı “Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği” de başta tahliye anı olmak üzere acil durumlarda kullanıma hazır tutulması gereken işaretleri listelemekte ve gerekli eğitimlerin verilmesini ödev saymaktadır (Madde 6).

Bütün bu kanuni düzenlemelerin genel amacına yukarıda değinilmişti. Tahliye çerçevesinde özel amacı ise canlıların tehlikeli bölgeleri hızlı bir şekilde terk edip, güvenli alana sağlıklı bir şekilde geçmelerini temin etmektir.

2.6. Tahliyelerde İnsan Faktörü ve Kütüphane Binalarında Tahliye Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Tahliyeyle ilişkin yurt içinde ve yurt dışında birçok çalışmanın yapıldığı gözlemlenmiştir. Çalışmalarda genellikle mikroskobik modeller yardımı ile tahliye hızına etki eden faktörlerin araştırıldığı gözlemlenmiştir. Bütün mikroskobik modellemelerde insan faktörünün programlarda kodlanmasının zorluğu yazılım mühendisleri tarafından sıklıkla dile getirilmiştir (Rüppel ve Schatz, 2011: 600-611).

Ancak Liu ve arkadaşları (2014) bilgisayar oyunlarına yansıtılan insana ilişkin parametrelerin bilgisayar programlarına da yansıtılarak daha gerçekçi verilerin elde edilebileceğini iddia etmektedirler.

Ancak kütüphanelerden tahliyenin konu edildiği çalışmaların sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Ortaya konan çalışmanın kütüphanelerde tahliye konulu Türkiye’de ilk çalışma olduğu söylenebilir.

Li ve arkadaşları (2018) muhtemel bir yangın durumunda Nankin Kütüphanesinde bulunanların tahliyelerini konu alan bir çalışma yapmış ve yangın anında söndürme sistemlerinin çalışmamasının tahliyeye olan etkisini ölçmüşlerdir. Tahliye mikroskobik bir modelle yapılmış, Pyrosim ve Pathfinder programları kullanılmıştır. Dumanın tabakasının yüksekliğine, Karbon monoksit (CO) yoğunluğuna, fraksiyonel etkin doz (FED) değerine bağlı olarak kütüphane geneli için yangın büyüklüğünü 4 MW ve risk zamanını 280 saniye ve okuma salonları için yangın büyüklüğünü 8 MW ve risk zamanını 125 saniye olarak ele almışlardır. Ancak yapılan simülasyonda yangın söndürme ünitelerinin çalışmaması nedeni ile kütüphanenin tahliyesinin 411 saniyede ve okuma salonunun tahliyesinin ise 165 saniyede gerçekleşebildiği saptanmıştır.

Jirasingha, ve Patvichaichod (2011) kütüphane binasında tahliye hızını ve güvenliğini yangın tehlikesinin çapına ve tahliye olunan kişilerin yoğunluğuna bağlı olarak incelemişler ve dört farklı senaryoyu bilgisayar destekli programla simüle etmişlerdir. Birinci durumda tahliye edilen personel sayısı 517 ve yangın büyüklüğü 5 MW olarak alınmıştır. İkinci durumda tahliye edilen kişi sayısı 517 ve yangın büyüklüğü 7 MW olarak belirlenmiştir. Üçüncü durumda tahliye edilen kişi sayısı 788 ve yangın büyüklüğü 5 MW olarak verilmiştir. Dördüncü ve son senaryoda ise tahliye edilen kişi sayısı 788 ve yangın büyüklüğü 7 MW olarak alınmıştır. Simülasyon sonucunda birinci ve ikinci senaryoda tahliye sürelerinin sırasıyla 518 ve 529 saniye olduğu tespit edilmiştir ve tahliye güvenli bir şekilde tamamlanmıştır. Üçüncü ve dördüncü senaryoda ise tahliye sürelerinin sırasıyla 1090 ve 1130 saniye olduğu saptanmıştır. Üçüncü senaryodaki tahliye esnasında 1 kişi, dördüncü senaryodaki tahliye sonucunda ise 18 kişi hayatını kaybetmiştir. Sonuç olarak kütüphanelerde yaşanan yangının

büyükliğünün ve tahliye olunan kişi sayısının tahliye süresi ve güvenliği üzerinde doğrudan etkisinin olduğu saptanmıştır.

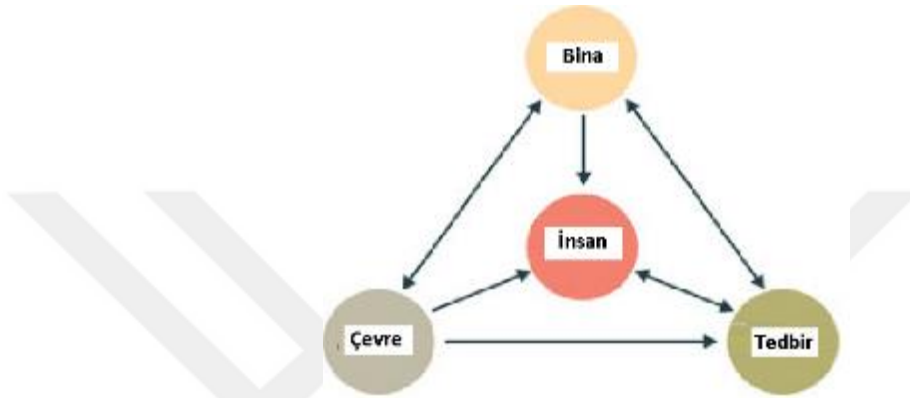
Taveres ve arkadaşları (2007) Brezilya kütüphane tesislerinde Ocak 2005'te iki tahliye denemesi yapmışlardır. Bu denemeler Brezilya'da kütüphanelerde yapılan ilk tahliye denemelerden birini temsil etmektedir. Tahliye denemelerinin amacı, Batı Avrupa kültürüne sahip toplum ile farklı kültüre sahip Brezilya toplumunun tahliye öncesi hazırlık zamanına ilişkin verileri toplamaktır. Deneylerde bireylerin 5 ile 98 saniye arasında değişen ortalama 46,7 saniye hazırlık süresi geçirdikleri saptanmıştır. Batı Avrupa toplumunun hazırlık düzeyinde daha hızlı hareket ettiği belirlenmiştir.

Gwynne ve arkadaşları (2003) tahliye öncesi hazırlık aşamasında geçen süreyi test etmek için hastane polikliniği ile üniversite kütüphanesini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmada hastaların hemşirelerin yönlendirmelerine daha fazla oranda ve hızlı bir şekilde tepki verirken, öğrencilerin sadece % 50'sinin yönlendirmelere riayet ettiklerini saptamışlardır.

Makroskobik ve mikroskobik modelleme yöntemi ile tahliye hızını ölçmeye yönelik yapılan bir çalışmada Christensen ve Sasaki (2008) aralarında engellilerinde bulunduğu (biri görme engelli, biri işitme engelli ve dördü hareket kısıtlılığı olan) toplam 71 üniversite çalışanının tahliye hızlarını ölçmüştür. Ölçüm sonucunda anlamlı bir farkın oluşmadığı makroskobik ölçümde tahliye süresinin toplam (155) saniye ve mikroskobik ölçümde ise tahliye süresinin toplam (122) saniye olduğu saptanmıştır. Arada oluşın farkın ise kişilerin simülasyonlarda hesaba katılamayan diğer bireysel faktörlerden (Helbing ve Ark., 2005: 1-24) kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Yasalar bazı faktörlerden kaynaklanacak sorunları minimize etmek için bir dizi düzenlemeler getirmiştir. Ancak tahliyenin yasal düzenlemeler dışında kalan ve bilimsel olarak irdelenmesi gereken tarafı insanın dahil olduğu süreçlerdir. Örneğin

diğer bütün faktörlerden doğabilecek sorunlar minimize edilse dahi insan faktörüne bağlı olarak tahliye hızı değişkenlik gösterebilmektedir. İnsan faktörüne bağlı olarak tahliye sürecinin her aşamasında bir kısım şüpheli durumlar, yetersizlikler, belirsizlikler ve hatta zayıflıklar gözlemlenebilir (Friedl ve Scelsi, 2004). Denilebilir ki insan her bir faktör ile doğrudan etkileşim halindedir ve bu faktörlerden olumlu ya da olumsuz bir şekilde etkilenebilmektedir.



Şekil 3.2. Tahliye anında etkileşim halinde olan genel faktörler

Şekil 3.2. incelendiğinde insan bütün faktörlerin tam merkezinde bulunmaktadır. Tehlikenin (bu çalışmada yangın) çeşidine ve çapına bağlı olarak oluşan yeni çevre şartları, binanın konumu, dizaynı ve büyüklüğüne bağlı olarak mevcut yapısal şartlar, ve alınan tedbirlerin hızlılığı ve etkinliğine bağlı olarak gelişen güvenlik şartları tahliyeyi ve kurtarma faaliyetlerini hem doğrudan hem de dolaylı bir şekilde etkilemektedir.

3.2. İnsan Faktörü

Tehlike anında yapılan tahliyelerde insan faktörünün incelenmesine dair bilimsel çalışmaların tarihi 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Mohler ve Arkadaşları (1964) yapmış oldukları bir bilimsel çalışmada uçak kazaları sonrası acil tahliyeleri ele almışlar ve daha çok insan faktörüne odaklanmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonunda dış faktörlerin yanı sıra kişilerin bilgi seviyesinin (özellikle tahliyeyi yönetebilecek tecrübeli birilerinin varlığının), eğitilmiş olup olmadığının, kişilik ve fiziki özelliklerinin, cinsiyetinin, kabiliyetlerinin ve dağılımının (askeri ya da sivil personel)

tahliyenin hızı üzerinde ciddi etkilerinin olduğunu saptamışlardır (Mohler ve Ark., 1964). İnsan faktörünü ise genel itibari ile fiziki ve psikolojik faktörler olarak iki başlık altında toplamak mümkündür. Tecrübe, bilgi ve bilinç seviyesi ise hem fiziki hem de psikolojik özelliklerini yönlendirici ya da tamamlayıcı bir etkiye sahiptir.

3.2.1. Tecrübe, bilgi ve bilinç seviyesi

Tehlike anında bireylerin davranışlarına yön veren en önemli faktör kişinin daha önce benzer olayları yaşamış ya da öncesinde bir kısım tatbikatlardan geçmiş olmasıdır (Sieber, 1986). Bu yaklaşımdan da anlaşıldığı üzere kişinin bilinç düzeyinin oluşmasında hem bilginin hem de tecrübenin payı oldukça yüksektir. Tahliye anında ihtiyaç duyulan tecrübe ve bilgi, derecesine göre

1. Hiç yok,
2. Temel düzey,
3. İleri seviye

olmak üzere üç farklı kategoride toplanabilir. Bu farklılığa bağlı olarak tahliye hızı değişiklik göstermektedir. İlk uyarının ciddiye alınıp alınmaması ve sonrasında doğru stratejinin belirlenmesi ve oryantasyon sorununun yaşanmaması dahi bilgi ve tecrübe seviyesine bağlıdır (Schäfer ve Ark., 2014).

Kişilerin bilgi ve tecrübesine bağlı olarak gelişen tahliye akışının sonuçlarının derlendiği çalışmalar yapılmıştır (Ploog ve Clausen, 1997; Mark, 2001). Yapılan çalışmalarda, tahliyeye katılan insanların yalnızca %10-15'lik kısmının edindiği ileri seviye bilgi ve tecrübeye bağlı olarak bilinçli hareket ettiği ve tahliyeye önderlik yaptığı saptanmıştır. Bilgi ve tecrübe oranının bu denli düşük olmasının nedeni ise tahliyeye konu yangın vb. tehlikelerin sıklıkla yaşanmaması ve eğitim süreçlerinin yaygın olmamasıdır. Ancak tehlikenin başlaması ile bilgi ve tecrübeye sahip bilinçli insanların karar alıcı ve bütün grubu sürükleyici rolü hemen belirginleşmektedir (Bodamer, 1989). Temel düzeyde bilgiye sahip %70'lik kısmının kısa bir şoktan sonra toparlandığı ve tahliyeyi olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Geriye kalan %10-

15'lik kısmın ise hiçbir bilgiye sahip olmaması nedeni ile bilinçsiz şekilde hareket ettiği ve tahliye hızını olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir

Görüldüğü üzere bilgi ve tecrübe dayanışmayı da beraberinde getirmektedir. Ancak tehlike anında dayanışmanın sadece bilgi ve tecrübeden etkilenmediği aynı zamanda tahliye konu bireylerin birlikte yaşama ve yardımseverlik kültüründen de etkilendiği belirlenmiştir (Schäfer ve Ark., 2014).

3.2.2. Fiziki özellikleri ve kabiliyet

Tahliye olunan kişilerin fiziki özellikleri başta performans olmak üzere birçok hususu etkilemektedir. Fiziki özellikleri belirleyen parametrelerin başında ise yaş, cinsiyet, vücut ölçüleri ve sakatlıklar gelmektedir. Yu ve arkadaşları (2014) yapmış oldukları bir çalışmada uçaklardan (Boeing 767-300) acil tahliye konu etmişler ve tahliye anında bireylerin fiziksel özelliklerine yoğunlaşmışlardır. Yapmış oldukları çalışma incelendiğinde yaşa ve cinsiyete bağlı olarak vücut ölçülerinin değiştiğini ve yürüme performanslarının yaş geçtikçe düştüğü görülmüştür. Vücut ölçüsü olarak bel çevre uzunluğunu dikkate almışlardır (Yu ve Ark., 2014: 187-197).

Tablo 3.1. Yaş ve cinsiyete göre vücut ölçüleri

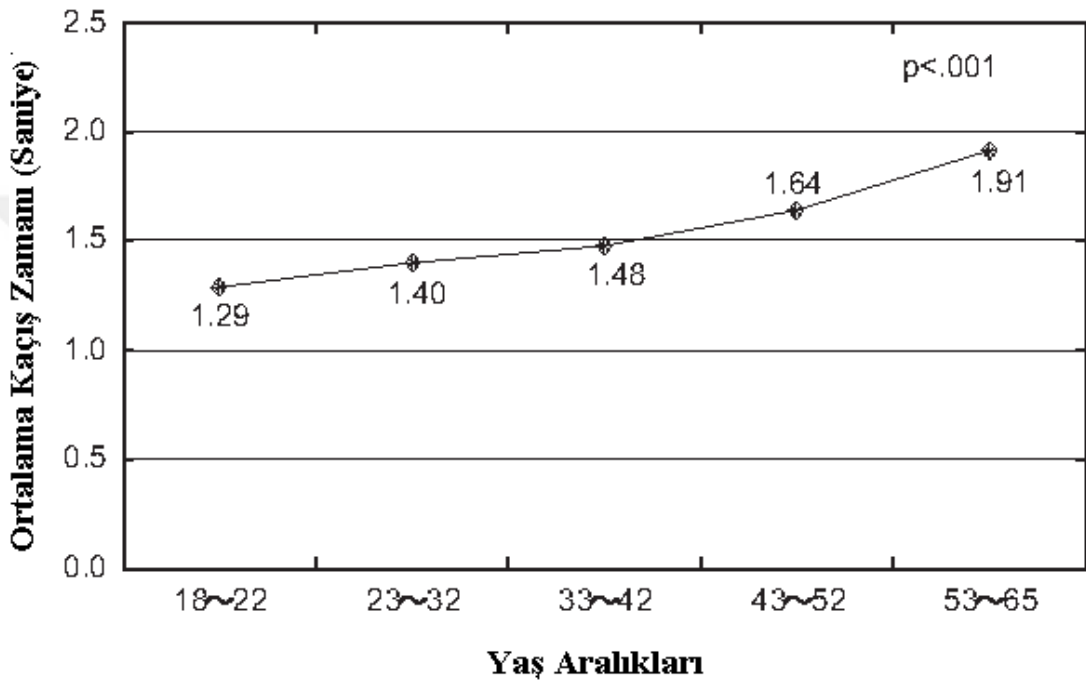
Cinsiyet	Yaş	Bel Çevre Uzunluğu Ortalama (cm)
Erkek	19	88,1
	20-29	93,8
	30-39	98,2
	40-49	102,9
	50-59	103,9
	60-69	106,7
Kadın	19	85,8
	20-29	88,2
	30-39	91,6
	40-49	95,2
	50-59	96,9
	60-69	98,6

Kaynak: Yu ve Ark., 2014: 187-197

Tablo incelendiğinde cinsiyete bakmaksızın yaş ilerledikçe bel ölçüsünün genişlediği ve vücudun daha fazla hacim kapladığı görülmektedir. Bu durum konforlu bir tahliye

için gerekli olan alanın kısıtlanması anlamına gelmektedir ki bu husus çalışmanın tahliye için ihtiyaç duyulan alan başlığı altında detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

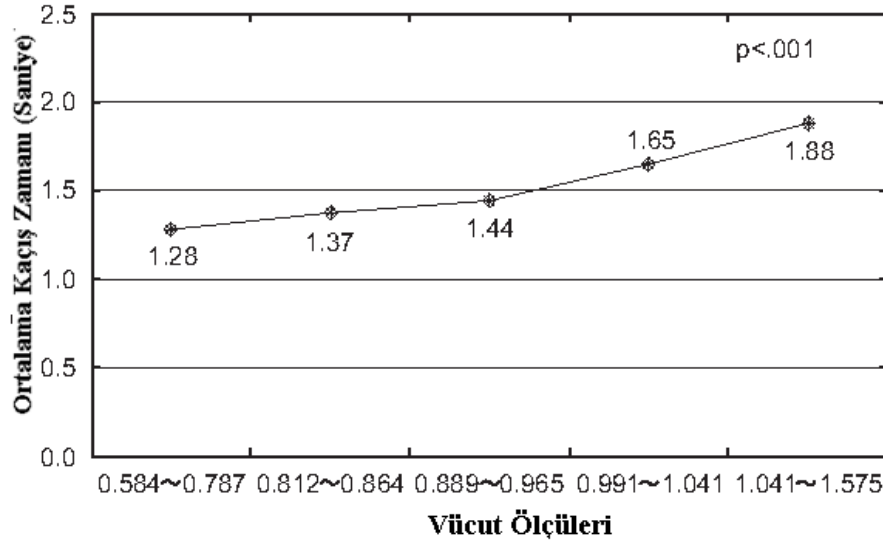
Yapılan çalışmada yaşa bağlı olarak performansta görülen düşüklüklerin tahliye hızını olumsuz etkilediği saptanmıştır. Tahliye hızındaki düşüş aşağıdaki grafikte (Şekil 3.3.) resmedilmiştir.



Kaynak: Yu ve Ark., 2014: 187-197

Şekil 3.3. Yaş ve tahliye süresi ilişkisi

Aynı tahliye hızının vücut ölçülerinin değişiminde de gözlemlendiği saptanmıştır. Kişilerin vücut ölçüleri büyüdükçe hantallaştıkları ve tahliye akışından olumsuz etkilendikleri belirlenmiştir.



Kaynak: Yu ve Ark., 2014: 187-197

Şekil 3.4. Vücut ölçüsü ve tahliye süresi ilişkisi

Her iki grafik bir bütün halinde incelendiğinde yaş ile vücut ölçüsü arasında doğrudan bir ilişki olduğu ve tahliye hızının her iki değişkenden de olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

3.2.3. Kişilik özellikleri ve anlık psikolojik durum

Tahliye olunan insanların kişilik özellikleri başta kaçış yolunun seçimi olmak üzere tahliyenin birçok aşamasında etkisini göstermektedir. Ancak kişilik özellikleri tahliyelerin mikroskobik modellerle açıklanırken etkin kullanılmadığı parametrelerdir. Oysa psikolojik değişkenlerin modellenmesi, tahliyeler sırasında insan davranışının tahminini geliştirecektir (Pidada ve Ark., 1996: 413-419). John Leach'ın (1994) Dinamik Afet Modeli tahliyeyi üç aşama olarak tanımlar. Birincisi etki öncesi aşamadır ki kendi içinde tehdidin oluşması ve uyarı evrelerini barındırır. İkincisi etki aşamasıdır. Üçüncüsü etki sonrası aşamadır ki kendi içerisinde tahliye bölgesine geri dönme, kurtarma ve travma evrelerini içermektedir. Her evrede farklı bir psikolojik tepkimenin olduğu düşünülmektedir. Bu tepkiler felaket türleri arasında dikkate değer ölçüde tutarlı ve aktarılabilir niteliktedir. Etki öncesi aşamada risk tahmini çok düşüktür, dolayısıyla tahliye kaçınılmaz bir eylem olarak hissedilmeyebilmektedir. Etki aşaması sırasındaki ağır stres ve yaşamı tehdit edici

olayların reddedilmesi (umursanmaması) etkili tahliyeyi engelleyebilmektedir. Worst (2010) bütün bu evrelere bağlı olarak ortaya çıkabilecek kişisel tepkimeleri aşağıdaki şekilde özetlemektedir.

3.2.3.1. Tehdidin oluşması aşaması

- Emlaklar tehdidi işaret etse de tehdit görmezden gelinebilir,
- Algılanan kişisel risk gerçek riskten düşük olabilir,
- Afetin bilinmeyen potansiyel sonuçları gözlemlenemeyebilir,
- Bilgi seviyesinin düşüklüğü yanlış seçimlere itebilir,
- Tehdide bağlı olarak kişiler kendilerini duygusal olarak tahliyeye hazır hissetmeyebilir (örneğin duman yoğunluğu olan bir koridordan yürümek istemeyebilir),
- Tedirginlik verici duygular aktif olarak bastırılabilir,
- Kayıtsız davranış sergilenebilir

3.2.3.2. Uyarı aşaması

- Tehlike yaklaşmaktadır ve tahliye hazırlığı hızlanmalıdır,
- Yaralanma ve ölüm tehdidinin hiçe sayılması ile kayıplar yaşanabilir,
- Uyarı sinyalleri dikkate alınmayabilir veya yanlış algılanabilir,
- Belirsizlikten doğan rahatsızlıklar yaşanabilir,
- Bina sakinleri muhtemel kayıplardan dolayı tahliyeyi reddedebilir,

3.2.3.3. Etki aşaması

- Tehlike etkisini göstermektedir,
- Tahliye kaçınılmazdır, ancak tehlikenin yayılmasına bağlı olarak sürekli zorlaşmaktadır,
- Stres en yüksek seviyededir,
- Davranışlarda denge bozuklukları gözlemlenebilir,
- Sevk ve idare zorlaşmaktadır,

- Duyusal bilgiyi anlamak zorlaşmaktadır,
- Kaza ve zayıf inandırılabilirliği veya reddedilmesi söz konusudur,
- Kişiler değer hiyerarşisi arasında seçim yaparken zorlanmaktadır (mal kayıplarına karşılık can kaybı gibi)
- Dönüşlü, otomatik veya mekanik davranışlar ön plana çıkmaktadır,
- Kişilik özelliğine bağlı olarak hiç beklenmedik davranışlar gözlemlenebilmektedir
- Bir grup aşırı aktif olabilir, negatif davranışlar sergileyip tahliye olumsuz etkileyebilir (genel grup içindeki oranı yaklaşık % 15)
- İkinci bir grup kayıtsız kalabileceği gibi sinirsel davranışlar da sergileyebilir, bu grupta inisiyatif eksikliği fazladır (genel grup içindeki oranı yaklaşık % 75)
- Üçüncü ve son grup ise gayet sakin, güçlü bir şekilde potansiyel liderliği barındıracak duygu ve davranış içerisindedir (genel grup içindeki oranı yaklaşık % 10)

3.2.3.4. Tahliye bölgesine geri dönme aşaması

- Yaşanan felaket sonrası bir karışıklık söz konusudur,
- Muhtemel yeni yaralanmalar sonrası akut tahliyeler söz konusu olabilir,
- Felaketin gerçekliğini reddetme eğilimi vardır,
- Zararların, yaralanmaların ve kayıpların yavaşlaması söz konusudur,
- Farkındalık, muhakeme ve hatırlama daha da kuvvetlenmektedir,
- Çocuksu duygusal bağımlılık gözlemlenebilir,
- Artan duygusal ifade, irrasyonel öfke görülebilir,
- Aktivitede ve basit sosyal davranışlarda artış hissedilir,

3.2.3.5. Kurtarma aşaması

- Tahliye bölgesi güvencedir ancak dikkat gerektirmektedir,
- Karışıklık ile beraber inkar artmaktadır,
- Güçlü ve irrasyonel öfke, endişe ve suçluluk duygusu gelişebilir,

- Konuşmak en güzel rehabilitasyon olarak kendini göstermektedir,
- Kayıtsız ve yorgun davranışlar gözlemlenebilir,
- Muhtemel yeni yaralanmalar sonrası akut tahliyeler söz konusu olabilir,
- Kurtarmada öncelik sırası gözetilirken fikir karmaşası yaşanabilir,

3.2.3.6. Travma sonrası aşama

- Hayatta kalanlar hayatlarını yeniden inşa etmeye çalışmaktadırlar,
- Afetin üstesinden gelmek psikolojik güçlenmeyi ve esnekliği teşvik etmektedir,
- Hayatta kalan bazı kişilerde (% 20) felaketin şiddetine bağlı olarak psikolojik bozukluklar gözlemlenebilir.

Yukarıda sıralanan ve her aşamada sergilenen davranışlar ve kişilik özelliklerinin her biri deneye açık ve çalışılması gereken alanlardır. Örneğin Zhan ve arkadaşları (2013) bir çalışmada tahliye olunan insanların yürüme yolu seçimi ve son çıkış seçenekleri ile kişilik özellikleri (özellikle vicdani) arasındaki potansiyel ilişkiye odaklanmışlardır. Bir grup öğrenciyi kullanarak 8 tahliye denemesi yapmışlardır. Öğrencilerin tahliye davranışını nitel olarak analiz etmek için de bir anket yapmışlardır. Bir taraftan da öğrencileri kişilik açısından değerlendirmeye tabi tutmuşlardır. Elde edilen bulgularda vicdanlı insanların daha rasyonel davrandıkları ve vicdaniliğin yürüme yolu ya da çıkış seçiminde en belirgin kişilik özelliği olduğunu saptamışlardır. Ayrıca belirtmek gerekir ki kişilik bozuklukları da fiziksel kısıtlılıklar gibi tahliyeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

3.2.4. Kişilerin dağılımı

Tahliyeyi etkileyen insan faktörlerinden bir tanesi de kişilerin dağılımıdır. Grubun genel görünümü tahliyenin hızına etki etmektedir. Grubun büyüklüğü (dar boğaz oluşmayacağından dolayı), eğitim seviyesi, yaş ortalaması, cinsiyet dağılımı, grup üyeleri arasındaki sosyal bağ ve hiyerarşik yapı gibi kişilerin dağılımına ilişkin birçok faktör tahliye hızı üzerindeki etkisini gösterebilmektedir. Özetle denebilir ki insan

merkezi konumdadır ve çok faktörlü etkileşimin her parametresi ile doğrudan ilgilidir. Bireylerin oluşturduğu ve bireysel özelliklerin kümülatif toplamı grup karakterini oluşturmaktadır. Oluşan grup karakterine göre de bir tahliye şekli ve hızı belirmektedir. Örneğin uçaklardan yapılan bir tahliye deneyinde kişilerin askeri ya da sivil personel olmasının dahi tahliyenin hızı üzerinde ciddi etkilerinin olduğu saptanmıştır (Mohler ve Ark., 1964).

Proulx (2001) Tablo 3.2.'de verildiği üzere bireyi ve dolaylı olarak tahliye olan herkesi etkileyen faktörleri gruplandırmıştır. Bu faktörleri;

1. Kişilerin karakteri,
2. Binanın karakteri,
3. Yangının karakteri

olmak üzere üç farklı başlıkta toplamıştır. İnsan doğası gereği bu üç ana grup içerisinde listelenen faktörlerden etkilenebilmekte ve davranış sapmaları yaşayabilmektedir. Ya da başka bir ifade ile bu faktörler bireyi olağan şartlardan alıp olağanüstü şartlara sürükleyerek davranışlarını sıra dışı şartlar altında test etmektedir.

Tablo 3.2. Yangın anında insan davranışlarını etkileyen faktörler

Kişilerin Karakteri	Bina Karakteri	Yangın Karakteri
Fizyolojik ve Biyolojik Profil	Kullanım Şekli	Görüş İpuçları
	Konut	Alev
Cinsiyet	Ofis	Duman
Yaş	Fabrika	Duvar, tavan ya da zeminin
Kabiliyet	Hastane	deformasyonu
Sınırlılıklar	Otel	
	Sinema	
	Okul	
	Alışveriş Merkezi	
Bilgi ve Tecrübe	Binanın Mimarisi	Kokusal İpuçları
Binaya Aşinalık	Kat sayısı	Yanma kokusu
Geçmiş yangın deneyimi	Kat alanı	Asit kokusu
Yangın güvenliği eğitimi	Çıkışların yeri	
Diğer acil durum eğitimi	Merdiven boşluklarının yeri	
	Mekanın karmaşıklığı / Yön bulma	
	Yapı şekli	
	Görsel erişimKonut	

Tablo 3.2. (Devamı)

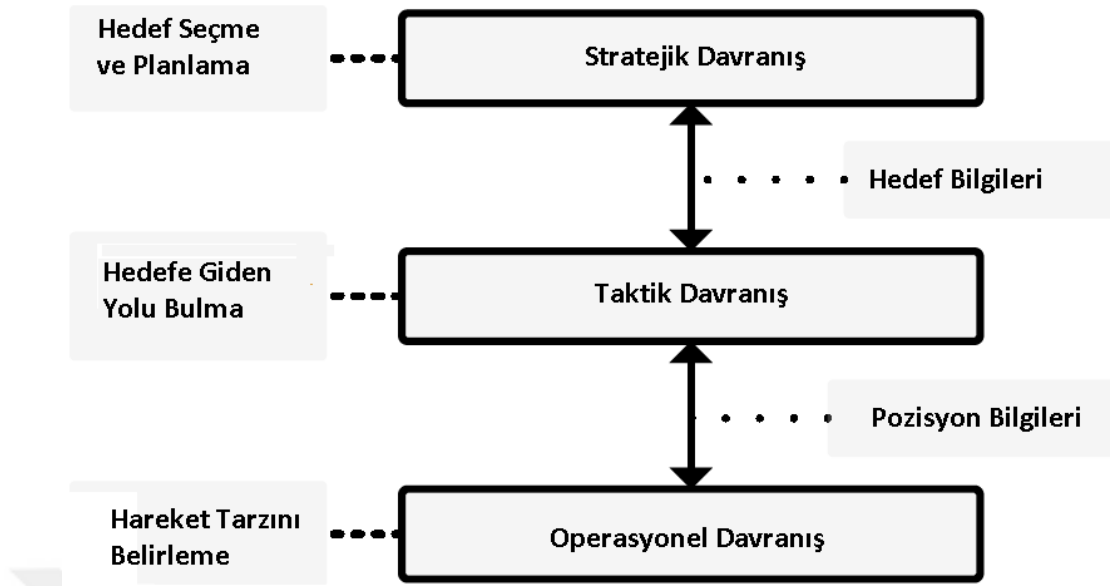
Olay Sırasındaki Şartlar	Binadaki Aktiviteler	Ses İpuçları
Yalnız ya da başkalarıyla	Çalışılıyor	Çatlama
Hareketli ya da hareketsiz	Uyunuyor	Cam kırılması
Alarm	Yemek yeniyor	Eşya düşmesi
Sarhoşluk vs. hali	Alışveriş yapılıyor	
	Film vs. izleniyor	
Kişilik Profili	Yangın Güvenliği Özellikleri	Diğer İpuçları
Kolay yönlendirilebilen	Yangın alarmı (türü, ses tonu, yeri, sayısı)	Isı
Lider ruhlu	Sesli iletişim istemi	
Otoriteye karşı asi	Yangın güvenlik planı	
Endişeli / panikatak	Eğitilmiş çalışanlar	
	Sığınma alanı	
	İşaretler	
	Işık seviyesi	
	Yürüme konforu	
Kişinin Rolü		
Ziyaretçi		
Çalışan		
Mekan sahibi		

Kaynak: (Proulx, 2001: 219-232)

Tablo içerisinde yer alan bütün bu faktörlere çalışmanın ilerleyen bölümlerinde detaylı olarak yer verilecektir. Burada kısaca vurgulamak gerekir ki her bir faktör şiddetine göre birey davranışı üzerinde belirleyici olabilmektedir. Kişilerin fizyolojik ve biyolojik özellikleri, potansiyel davranışını açıklama ve öngörmeye gözle görülebilen ipuçları verebilmektedir. Örneğin yaşı ve hareket kısıtlılığın olmaması bir yangına tepkinin nasıl gelişeceğini belirlemede etkili olan parametrelerden biridir. Diğer taraftan bilgi ve tecrübe gözle görünmese dahi olayın başlaması ile birlikte kendini göstermekte ve kişiler bilgi ya da tecrübelerine bağlı olarak olayın hemen başından itibaren farklı davranışlar sergileyebilmektedirler. Olay anında kişinin durumu, derhal ve uygun şekilde tepki gösterme potansiyellerini de belirleyebilir. Her bir kişinin kişiselliği ve karar alma stilleri etkili olabilir. Bazıları başkalarının tepkilerini verirken, diğerleri liderlik rolünü üstlenir. Son olarak, bina sahibinin binadaki rolü farklı cevapları açıklayabilir, örneğin yangın anında bir restoran sahibinin davranışlarının müşteriler ile aynı olmayacağı aşikardır.

3.2.5. Bireylerin tahliye anında davranış modeli

Tahliye anında tüm bireyler etkileşim halindedir. Karar almak ve yön tayin etmek genellikle bilinçli bireylerin kontrolündedir (Bodamer, 1989). Stratejik kararlar genellikle grup içerisindeki daha fazla bilgi ve tecrübeye sahip bireylerin yönlendirmesi ile alınır. Stratejik davranışın temelinde kaçış hedefini belirleme ve anlık planlama vardır. Bu aşamada hangi çıkışın daha makul olduğu tespit edilmeye çalışılır. Tabi bu stratejik kararın alınmasında hem tahliye yollarının iyi bilinmesi hem de tehdidin doğru algılanması gerekmektedir. Hedef tayin edildikten sonra hedefe giden yolların bulunması taktiksel bir davranış olarak karşımıza çıkmaktadır. Fiziki kabiliyet ve binanın tahliye olacak insanların biyolojik kısıtlılıklarına göre sunduğu imkanlar belirleyici olmaktadır. Örneğin sağlıklı bir birey yangın merdivenlerine doğru yönelirken tekerlekli sandalyedeki bir bireyin yangın asansörüne yönelmesi taktiksel davranışın bir sonucudur. Operasyonel davranış ise bireyin stratejik ve taktiksel aşamada öngördüğü eylemini uygulamaya sokmasıdır. Pozisyon bilgisi, grubun yoğunluğu, kaçış yolunun uzunluğu, eğimi ve genişliği son aşamadaki davranışların belirlenmesinde etkili olmaktadır. Son aşamada etkili olan diğer bir husus ise grup halinde hareket etme sezisi ile diğer bireylerle senkronize davranış içerisinde bulunma çabasıdır (Hoogendoorn ve ark, 2001).



Kaynak: Hoogendoorn ve ark, 2001

Şekil 3.5. Davranış modeli

3.2.6. Genel panik

Panik davranışının ortaya çıkması özel şartlara bağlıdır. İnsan ne zaman ki alışageldiği bir ortamın dışında şartlarla karşılaşır ve kendisini o şartlardan arındırma hususunda çaresiz hissederse o zaman panik dediğimiz tepkisel bir davranış içerisine girer (Sieber, 1986). Bu panik halinin kitle yığını tarafından yaşanması durumunda ise genel panik oluşur. Genel paniğin ölçüsü her bir bireyin göstermiş olduğu tepkisel davranışın kolektif bir hale dönüşmesidir. Panik halindeki bireyi sakinleştirmek ve onu makul çizgiye çekmek için kullanılan iletişim yöntemleri ve gerekirse fiziki ve biyolojik müdahale imkânları genel panik halinde daha kısıtlı bir hal almaktadır. Çünkü genel panikte yatıştırılması gereken bireyden ziyade bir topluluktur. Genel panik yaşayan toplulukları, özellikle yangın gibi yıkıcı sonuçları olabilecek (ölüm, yaralanma vb.) bir felaket anında sakinleştirmek ve rasyonel bir çizgiye çekmek oldukça müşkül bir durumdur (Keating, 1982). Çünkü genel panik ortaya çıkan riskin büyüklüğüne bağlı olarak şiddetlenmektedir. Ancak burada vurgulamak gerekir ki genel panik hali bireylerin her birinin rasyonel düşünme yetisini kaybettiği ya da kullanamadığı bir süreçtir. Örneğin Avrupa örneklerinde olduğu gibi eğitilmiş toplumlar dahi genel paniğe yakalanabilir. Konser arenalarında ya da futbol stadyumlarındaki tahliye

anında oluşan genel panikleri ve ölümle sonuçlanan vakaları buna örnek olarak verebiliriz (Elliott ve Smith, 1993). Genel paniğin konu edildiği bir bilgisayar simülasyonunda elde edilen veriler göstermiştir ki sağlıklı ve hızlı bir tahliye bireysel kabiliyetlerin en üst seviyeye çıkarılması kadar kolektif davranışlarında optimizasyonuna bağlıdır (Helbing ve ark., 2000).

Panik hiç şüphesiz genel itibari ile sosyal psikolojinin alanına girmektedir (Kelley ve ark.). Bu alanda yürütülen çalışmalar göstermiştir ki genel panik felaket şartları altında bulunan toplumun ruh halinin bir yansımasıdır ve üstesinden gelinmesi gereken şartları daha da zor bir hale sokmaktadır (Brown, 1965). Nasıl ki bir bireyin panik halini yenmenin en kolay ve masrafsız reçetesi onunla iletişime geçip sakinleştirmek ise genel paniğin reçetesi de grubun her bir ferdi ile eş zamanlı iletişime geçip, etkin bir koordinasyon ile grubu yönlendirmektir (Mintz, 1951).

3.3. Diğer Faktörler

3.3.1. Yangının çeşidi ve çapı

Tahliyeye etki eden faktörlerin başında yangının çeşidi ve çapına bağlı olarak oluşturduğu risk gelmektedir. Yangının tehlike boyutuna ulaştığı ve tahliyeyi olumsuz etkilediği anın belirlenmesinde sırasıyla bir kısım temel kriterlerden bahsedilebilir.

3.3.1.1. Görüş açısı

Birinci kriter hiç şüphesiz görüş açısının kapanma noktasına gelmesidir. Yangının türüne bağlı olarak oluşan duman kaçış yollarını görünmez hale getirebilmekte ve tahliyeyi zorlaştırabilmektedir. Bu çerçevede 125 kişinin katılımı ile yeraltı tesislerinde dört farklı görünürlük koşulunda bir tahliye çalışması gerçekleştirilmiş, çalışmada tahliye süresi, hareket hızı, yol bulma ve tahliye yolları ile ilgili konuların bireysel tahliye faaliyetleri kaydedilmiş ve incelenmiştir. Görüş açısındaki fark, tahliye edilenlerin hareket hızında ve yürüme mesafesinde (yol şaşırma nedeni ile) değişikliklere neden olduğu gözlemlenmiştir. Görüş açısı koşullarında iç mekan

ışıklandırmalarının sadece düz zeminlerde hareket hızında önemli değişikliklere neden olduğu saptanmıştır. Görüş açısının mekânsal karakteristiklere bağlı olarak daha farklı sonuçlar doğurduğu tespit edilmiştir (Jeon ve Ark., 2011). 5 katlı bir ofiste 75 kişinin katılımı ile yapılan başka bir çalışmada görüş açısı %16 oranında düşürülünce tahliye hızının bireylerde ortalama olarak $0.51 \pm 0.06 \text{ m/s}$ düşüşe neden olduğu saptanmıştır (Xie ve Ark., 2018).

3.3.1.2. Dumanın yüksekliği ve sıcaklığı

İkinci kriter duman yüksekliği ve sıcaklığıdır. Dumanın yüksekliği ve sıcaklığı hem görüş açısına etki etmektedir hem de yaydığı sıcaklık nedeni ile geçişleri zorlaştırmaktadır. Yapılan bir çalışmada dumanın tahliye olan bireylerin sadece fiziki kabiliyetleri üzerinde değil aynı zamanda psikolojik duruşları üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır. Hatta dumanın yoğunluğunun, sıcaklığının ve renginin dahi etkilerinin birbirinden farklı etkiler yaptığı tespit edilmiştir (Tadahisa, 1997). Görüş açısı ve duman arasındaki korelasyon aşağıda gösterildiği gibi formüle edilebilir (Jin, 1978).

$$V \approx \frac{1}{C_s} \ln \left(\frac{B_{EO}}{\theta_{ckL}} \right) \quad (3.1)$$

V : Görüş Açısı

C_s : Sönüm katsayısı tarafından ifade edilen duman yoğunluğu (1/m)

B_{EO} : İşaretlerin parlaklığı (cd / m^2)

θ_{ckL} : Duman işaretlerinin belirsizlik eşiğindeki kontrast eşiği (0.01~0.05)

Bu formulasyondan da anlaşıldığı üzere duman yoğunluğu ile kaçış yollarındaki ışıklı işaretler arasında doğrudan bir korelasyon bulunmaktadır. Yapay ışıklar ne kadar sağlıklı ve güçlü olursa duman yoğunluğu esnasında tahliye olan kişilerin yol bulma oryantasyonları da o kadar güçlü olmaktadır. Bu formül çerçevesinde birçok deney yapılmıştır. Burada vurgulamak gerekir ki yapılan bütün çalışmalarda dumanın tahliyeye mutlak bir etkisi gözlenmiştir ancak etki değeri kesin bir hesaba kavuşturulamamıştır (Schneider ve Kirchberger, 2007).

3.3.1.3. Karbon monoksit (CO)

Üçüncü kriter ise karbon monoksittir. Dumanla beraber yayılan karbon monoksit yoğunluğuna bağlı olarak tahliye olan kişiler üzerinde farklı etkiler bırakarak tahliyeyi olumsuz yönde etkileyebilir. Karbon monoksitin muhtemel etkileri aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Tablo 3.3. Karbon monoksitin insan vücuduna etkisi

İçerik ($\times 10^{-6}$)	Maruz Kalma Süresi	Zararlı Etkileri
100 (%0,01)	8 saat içinde	Hissedilmez
400-500 (%0,05)	1 saat içinde	Hissedilmez
600-700 (%0,07)	1 saat içinde	Baş ağrısı, bulantı, nefes darlığı
1000-2000 (%0,2)	2 saat içinde	Bilinç kaybı, nefes darlığı, koma, iki saat içinde ölüm
3000-5000 (%0,5)	20-30 dakika içinde	Ölüm
10000 (%1)	1 dakika içinde	Ölüm

Kaynak: (Li ve Ark., 2018)

3.3.1.4. Yangın toksisite standartları

Sonuncu element yangın anında oluşan toksisite değeridir. Bu çerçevede oluşan fraksiyonel etkin doz (FED) ya da fraksiyonel etkin konsantrasyon (FEC) değerleri güvenli bir tahliye için önemlidir. FED değerinin 0,1'den ya da FEC değerinin 1'den büyük olması durumunda tahliye ortamının güvensiz olduğu değerlendirilmektedir (Liu ve Ark., 2006).

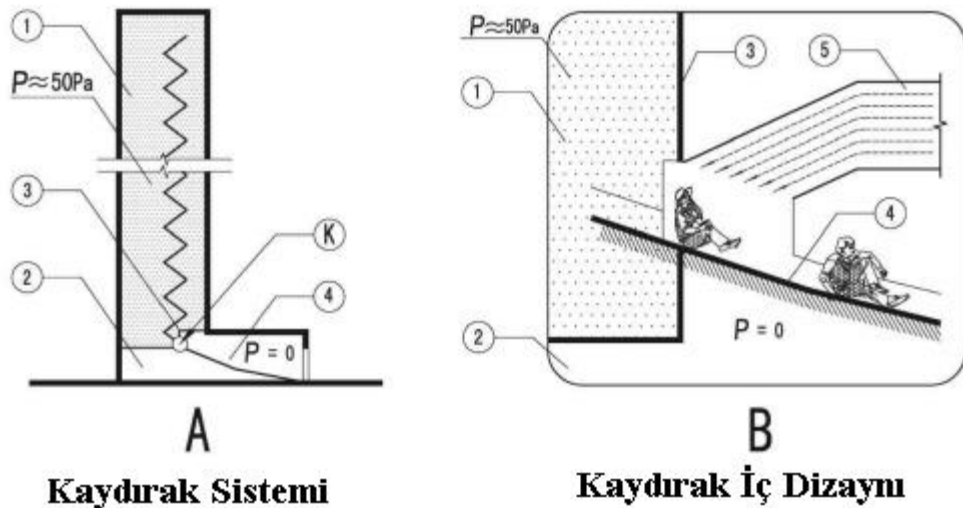
3.3.2. Binanın yapısı, şekli ve büyüklüğü

Binaları yapı malzemelerine, şekline ve büyüklüğüne göre tasnif etmek mümkündür. Her bir bina çeşidi yangının şiddeti üzerinde etkili olduğu gibi tahliye hızı ve güvenliği üzerinde de etkilidir. Örneğin binaları kullanılan yapı malzemelerine göre kerpiç, ahşap, (yarı) kagir, betonarme ya da çelik olarak sınıflandırabiliriz. Ne tür binalarda hangi malzemelerin kullanılacağı “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” Madde 29’da düzenlenmiştir. Bu düzenlemeden de anlaşıldığı üzere kullanım tipine göre yapı malzemelerinin yangına dayanım sürelerinin optimal

seviyede olması gerekmektedir. Optimal seviyelere ilişkin değerler yine aynı yönetmeliğin ekinde detaylandırılmıştır.

“Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” binaları şekil ve büyüklüğüne göre de tasnife tutarak hem yangın hem de tahliye güvenliği için bir kısım standartlar getirmiştir. Özellikle kullanım alanı büyüklüğü ve binanın yüksekliği hem kaçış yollarının genişliğinde hem acil çıkışların sayısı ve genişliğinde önemli faktörlerdir.

Yüksek binalarda tahliye süresini düşürme ve tahliyeyi emin kılma üzerine yapılan çalışmalarda son dönemlerde artış gözlemlenmektedir. Bütün çalışmaların amacı tahliye anında katlarda oluşan darboğazı engellemektir. Örneğin Siikonen ve Hakonen,(2003) yapmış oldukları bir çalışmada yüksek binalarda yangın asansörü kullanılması avantajlarını konu etmişler ve vardıkları sonuca göre az katlı binalarda yangın asansörü kullanımının tahliye süresini uzatırken, yüksek katlı binalarda özellikle dar boğaz (bottleneck) denilen sıkışıklığın oluşmaması nedeni ile tahliye süresinin dramatik bir şekilde düştüğünü saptamışlardır. Yine yangın anında yüksek katlı binalardan daha hızlı ve güvenli bir tahliye için kaydırak sistemi simüle edilmiş ve verimli sonuçlar alınmıştır (Zhang, 2017: 1203-1210).



Kaynak: (Zhang, 2017: 1203-1210).

Şekil 3.6. Kaydıraklı tahliye sistemi

Şekilden de anlaşıldığı üzere tahliye olunan kişiler belirli bir eğitimdeki güvenli borulardan kendilerini aşağı bırakarak zemine ulaşmaya çalışmaktadırlar. Elbette ki bu tür sistemlerin ne denli güvenli olduğu ya da bu sistemleri tehdit eden risklerin neler olduğu ayrı birer araştırma konusudur. Ancak çalışmadan da anlaşıldığı üzere binaların şekli tahliye süresine etki etmekte ve bilim insanları bu sorunu çözebilmenin arayışı içerisinde.

3.3.3. Alınan tedbirlerin yeterliliği

Tahliye kapsamında alınabilecek yapısal, teknik ve yönetsel tedbirlere çalışmada geniş bir şekilde yer verilmişti. Bu tedbirlerden bir tanesinin dahi yok sayılması hem tahliye güvenliğini riske sokabilmekte hem de tahliye hızını sınırlamaktadır. Yapısal tedbirler bir taraftan yürüme konforu sunarken diğer taraftan özellikle yangını baskılamaya ve dumanı tahliyeye yönelik teknik tedbirler tahliye olumsuz etkileyebilecek çevresel faktörleri ortadan kaldırmaya yardım etmektedir.

Yapılan bir çalışmada tedbirlerin yok sayılması durumunda tahliyenin nasıl etkileneceği test edilmiştir. Bir spor kompleksinin yangın anındaki tahliyesinin simüle edildiği çalışmada 967 kişinin normal şart altında 245 saniyede tahliye olurken kademeli olarak düşürülen güvenlik tedbirlerine bağlı olarak tahliye süresinin tedbirlerin düşüş seviyesine bağlı olarak sırasıyla 383 ve 650 saniyeye çıktığı saptanmıştır (Kayış, 2018).

3.3.4. Tahliye anında sevk ve idare: liderlik ve motivasyon

Tahliye anında liderlik yalnızca sosyal psikolojinin ilgi alanına girmemektedir. Bir çok disiplin bu konuyu araştırmaktadır. Tahliye anında sevk ve idare yetkilendirilmiş kişiler tarafından yapılabildiği gibi, olayın gelişimine bağlı olarak grup içerisinde bulunan birileri tarafından da spontane üstlenilebilmektedir. Ancak yapılan çalışmalar göstermiştir ki tahliye anında gruba liderlik yapan insanların ortak özelliği genel itibarı ile daha tecrübeli olmaları, bilgi seviyelerinin daha üstte olması ve bunlara bağlı olarak da daha rasyonel hareket etmeleridir.

Yapılan alışmalar göstermiştir ki bu bilgili ve tecrübeli liderlerin öncülük ettiği tahliye süreci, nc olmayanlara göre daha hızlı ve güvenli olmaktadır (Dyer ve Ark., 2008: 461-470). Mikroskobik tahliye modelleri basit kalabalık rehberliği açısından liderliğe de odaklanmaktadır. Etkili kitle rehberliğinin çıkış verimliliğini ve yolcuların hayatta kalma kabiliyetini artırabileceğini saptamıştır. Örneğin modelleme yapılırken lider kullanıcı kodlaması yapılan simülasyonlarda tahliye hızlarının diğerlerine kıyasla daha kısa olduğu belirlenmiştir (Aub ve Shield, 2004: 601-611).

Afetlere, özellikle de yangınlara verilen insan tepkisi, bilgiye, tecrübeye ve liderliğe bağlı olumlu ya da olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Shields ve Proulx, 2000: 95-113). Panik ise genelde bilgi ve tecrübe eksikliğine bağlı olarak liderlik yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Çünkü insanlar o an bilgili ve tecrübeli olduğuna ya da yetkilendirildiklerine inandıkları birileri tarafından hedefe kanalize edilebilirler ve yönlendirilebilirler (Sugiman ve Misumi, 1988: 3-10).

3.3.5. İletişim ve koordinasyon

İletişim ve koordinasyon acil tahliyeler başta olmak üzere bütün kriz durumlarında anahtar role sahiptir. Kriz anında iletişim çok yönlüdür ve iletişime imkan tanıyan bütün enstrümanların seferber edilmesi önemlidir. Tahliye anındaki iletişimin ana gayesi doğru bilgilendirme ve isabetli yönlendirmedir. Kriz bölgesindeki herkesin iletişime açık hale getirilmesi için teknolojik imkanlardan yararlanılabilir. Koordinasyon hem tahliye alanındaki iletişimin bir parçasıdır hem de tahliye dışındaki imkanların seferber edilmesidir. Örneğin yangın anında tahliye ve kurtarma faaliyetlerine itfaiyenin dahil edilmesi ancak iyi bir koordine ile mümkündür.

BÖLÜM 4. TAHLİYE SÜRESİ HESAPLAMA METOTLARI

4.1. Tahliye Süresini Hesaplama Araçları

4.1.1. Yürüme hızı

Özellikle yangın simülasyonlarında yürüme hızı için literatürde baz alınan rakam 1,3 m/s olsa da yürüme hızını eş zamanlı olarak etkileyebilecek bir çok faktörden bahsedilebilir (Bosina ve Weidmann, 2016: 1-29). Örneğin demografik farklılıklar, yürünen yerin karakteristiği, yürünen alandaki çevresel şartlar ve daha bir çok husus yürüme hızını etkileyebilmektedir (Montufar ve Ark., 2007: 90-97).

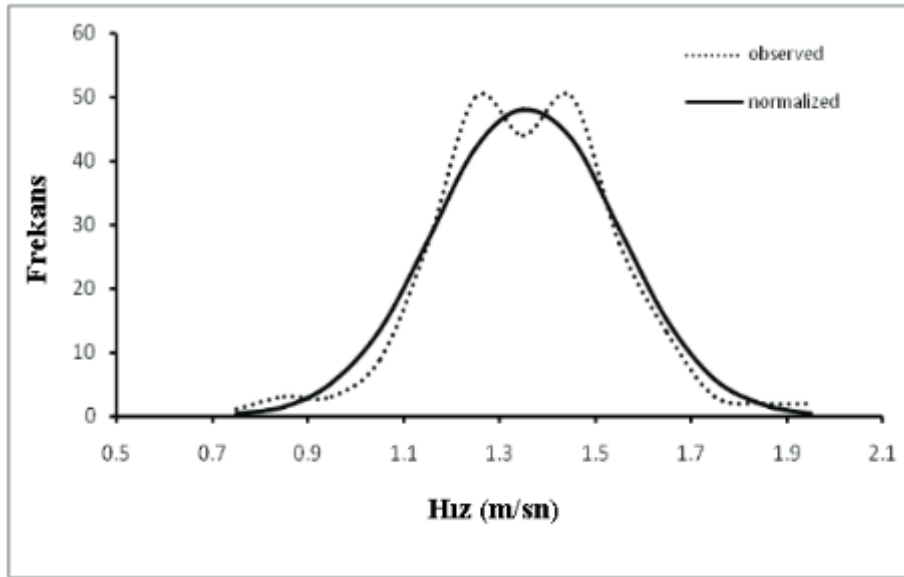
Yürüme hızı kişinin saniye de aldığı yoldur ve aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$V = \Delta x / t \quad (4.1)$$

V : Hız

Δx : Yer değiştirme mesafesi (metre)

t : Birim zaman (saniye)

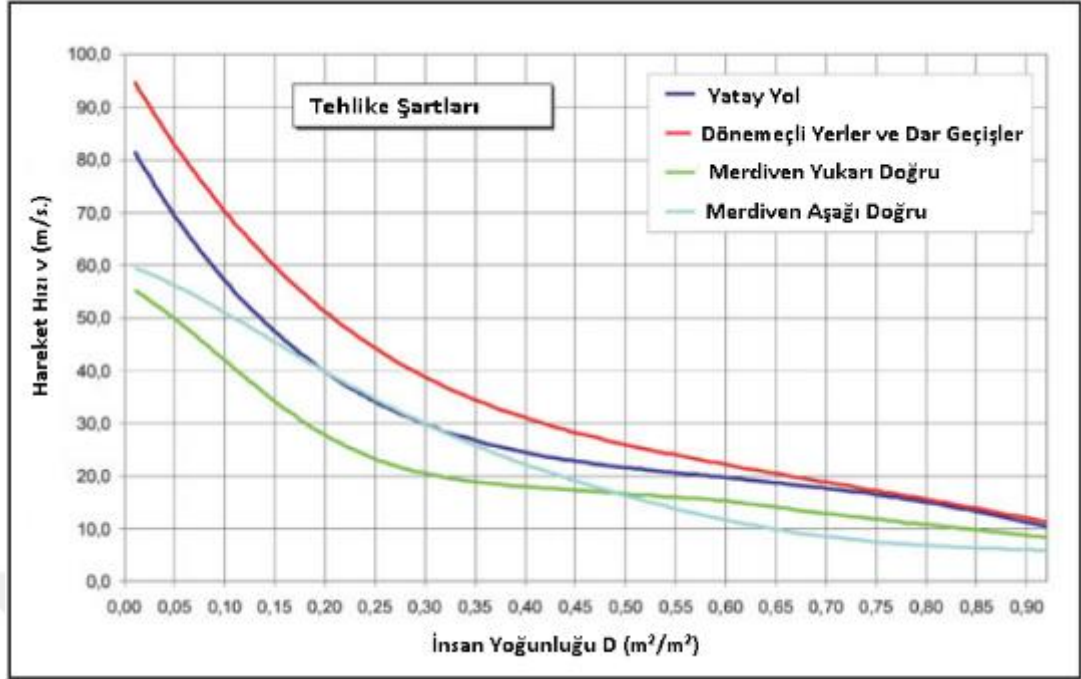


Kaynak: (Chandra ve Bharti, 2013: 660-667)

Şekil 4.1. Yürüme hızı dağılımı

Çeşitli yaş ve cinsiyet gruplarından oluşan bir grubun ve dört farklı yürüme alanındaki yürüme hızlarına ilişkin yapılan bir çalışmada yürüme hızının Şekil 4.1.'de görüldüğü üzere 0,7 m/sn ile 1,9 m/sn olarak değiştiği ve ortalama hızın 1,3 m/sn olduğu saptanmıştır. (Chandra ve Bharti, 2013: 660-667). Simülasyon çalışmasında da yürüme hızı 1,3 m/sn olarak alınmıştır.

Predtetschenski ve Milinski (1971) de yürüme hızını tehlikenin ölçüsüne ve yürünen yolun eğimine bağlı olarak ölçmüştür. Şekil 4.2.'de resmedildiği üzere tehlikenin şiddetini artıran çevresel faktörlerin etkisi azaltıldıkça yürüme hızının arttığı gözlemlenmiştir.



Kaynak: Schneider ve Kirchberger, 2007

Şekil 4.2. Çevresel faktörlerin yürüme hızına etkisi

4.1.2. Yürüme mesafesi

Tahliye süresini hesaplanırken dikkate alınan diğer bir husus yürüme mesafesidir. Tahliye süresi her bir birey için yukarıda formüle edilen hıza ve yürüme mesafesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ancak kaçış mesafesine ilişkin olarak “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” bir kısım düzenlemeler getirmiştir (Ek 5/B).

Tablo 4.1. Ek-5/B Çıkışlara götüren en uzun kaçış uzaklıkları

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık (m)		İki yön en çok uzaklık (m)		Çıkamaz koridor en çok uzaklık(m)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli	Koridorlar Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli
Yüksek Tehlikeli Yerler	10	20	20	35	10	20
Endüstri Amaçlı Yapılar ⁽¹⁾	15	25	30	60	15	20
Yurtlar, Yatakhaneler	15	30	45	75	15	20
Mağazalar, Dükkânlar, Marketler	15	25	45	60	15	20
Büro Binaları	15	30	45	75	15	20
Otoparklar ve Depolar	15	25	45	60	15	20
Okul ve Eğitim Yapıları	15	30	45	75	15	20
Toplanma Amaçlı Binalar	15	25	45	60	15	20
Hastaneler, Huzurevleri	15	25	30	45	15	20
Oteller, Pansiyonlar	15	20	30	45	15	20
Apartmanlar	15	30	30	75	15	20
Kolay alevlenici ve yoğun duman çıkarıcı malzeme bulundurulmayan endüstriyel amaçlı yapılarda tek ve iki yönlü uzaklık ½ oranında artırılabilir.						
Not: Kaçış mesafeleri için, dış kaçış geçitlerinde yağmurlama sistemli binalardaki, açık otoparklarda ise yağmurlama sistemli otopark kaçış mesafeleri esas alınır.						

Tablo incelendiğinde kaçış için uygun görülen maksimum yürüme mesafesi tayin edilirken binanın kullanım sınıfı, tek yönlü, çift yönlü ya da çıkamaz koridor olup olmadığı ve yağmurlama sisteminin mevcudiyeti dikkate alınmıştır.

4.1.3. Kişi yoğunluğu ve ihtiyaç duyulan alan

Tahliye konu kişilerin yoğunluğu ve bu kişilerin seri bir şekilde tahliye edilebilmesi için gerekli alanın orantılı olması gerekmektedir. Bu husus “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” çerçevesinde de kullanıcı yükü kavramı altında düzenlenmiştir. Kanunda kullanıcı yükü “herhangi bir anda, bir binada veya binanın esas alınan belirli bir bölümünde bulunma ihtimali olan toplam insan sayısı” olarak tanımlanmıştır (Madde 4/aa). Kullanıcı yükü katsayısı ise “yapılarda kişi başına düşen

kullanım alanının metrekaresi cinsinden m²/kişi olarak” ifade edilmiştir (Madde 4/bb). Aynı yönetmeliğin 30/3. Maddesinde ise “her yapıda, bütün kullanıcılara elverişli kaçış imkânı sağlayacak şekilde, yapının kullanım sınıfına, kullanıcı yüküne, yangın korunum düzeyine, yapısına ve yüksekliğine uygun tip, sayı, konum ve kapasitede kaçış yolları düzenlenir” denmektedir.

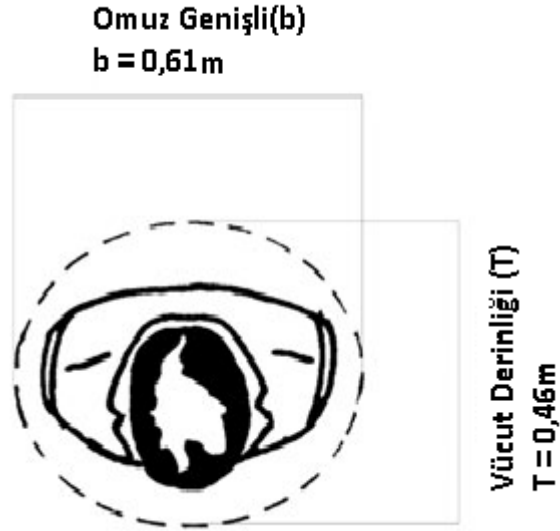
Kanuni düzenlemelerden hareketle bir kısım bilim insanları tahliye anında insan yoğunluğunu hesaplamak için bir kısım formüller geliştirmişlerdir. En yaygın kullanılan formüllerden bir tanesi Predtetschenski ve Milinski (1971) tarafından geliştirilen formüldür:

$$D = \frac{\sum f}{b \cdot l} \quad \left[\frac{m^2}{m^2} \right]$$

$$\sum f = \sum P \cdot f^* \quad (4.2)$$

- D : Tahliye yoğunluğu
P : Kullanıcı yükü
b : Kaçış yolu genişliği
l : Yürüyüş mesafesi
f* : Bir kişiye lazım gelen tahmini alan

Yukarıdaki formülden de anlaşıldığı üzere tahliye yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılan bütün parametreler değişkendir. Her binanın kendine ait bir kullanıcı yükü olduğu gibi, her kaçış yolunun genişliği ve yürüyüş mesafesi de farklılık arz edebilmektedir. Bu çerçevede dikkate alınması gereken diğer bir husus ise kullanıcı yüküne karşılık gelen tahliye alanında olduğu gibi, elips vücut yapısına sahip her bir birey için lazım gelen tahmini ortalama yürüme alanının da hesaplanmasıdır. Her bir birey için hesaplanan yürüme mesafesi yaş ve cinsiyet gibi demografik faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği gibi mevsimsel farklılıklardan da etkilenebilmektedir. Tahliye olan kişilerin vücut elipsine bağlı olarak kapladığı alan Şekil 4.3.’de modellenmektedir.



Kaynak: Kaynak: Schneider ve Kirchberger, 2007

Şekil 4.3. Vücut elipsinin ihtiyaç duyduğu alan hesabı

Şekil 4.3. incelendiğinde her bir birey için lazım gelen yürüyüş alanının hesabında omuz bölgesinin hareket rotasına bağlı olarak çizilen bir elips söz konusudur. Bu elips yapı dikkate alınarak insanın fiziksel yoğunluğunun ulaşabileceği maksimum değer (D_{max}) ise 0,92 alınmaktadır (Predtetschenski ve Milinski, 1971).

4.1.4. İhtiyaç duyulan zaman

Yukarıda yangının tehlikeli boyuta geldiğini gösterir bir kısım kriterlere yer verilmişti. Burada daha çok sağlıklı bir tahliye için gerekli olan zamanın hesaplanması üzerine durulacaktır. Tahliye süresi hesaplamalarında iki zaman aralığı ön plana çıkmaktadır.

- Kullanılabilir güvenli tahliye zamanı (ASET)
- Gerekli güvenli tahliye zamanı (RSET).

Kişilerin gerekli zaman dilimi içerisinde yangın bölgesini terk edip güvenli bölgeye ulaşması durumunda sağlıklı bir tahliye işleminin gerçekleştiğinden bahsedilebilir (Zhou, 2011). Yangın insan sağlığına tehlikeli bir boyuta ulaşmadan önce kişilerin güvenli bölgeleri tahliye edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle aşağıdaki

formülasyondan da anlaşıldığı üzere tahliye için gerekli olan zamanın tayininde birçok parametre aynı anda devreye girmektedir (Zhou, 2011):

$$t_{ev} = t_d + t_a + t_p + t_m$$

t_{ev} : tahliye süresi

t_d : tehlikenin fark edilme süresi

t_a : alarm süresi

t_p : alarmı algılama ve toparlanma süresi

t_m : tehlike bölgesinden güvenli bölgeye hareket süresi

Formülasyondan da anlaşıldığı üzere yangının başlaması ile beraber tahliye süreci de işlemeye başlamaktadır ve bu süreç içerisinde geçen her saniye güvenli bir tahliye için gerekli olan süreden düşülmektedir.

Bu formülasyon çerçevesinde dünyada geliştirilen bir kısım standartlar ihtiyaç duyulan zaman aralığındaki hareket sürelerine belirli ölçüler getirerek sağlıklı bir tahliye süreci yönetimine katkı sunmuşlardır. Örneğin Tablo 4.2.'de gösterildiği üzere NFPA 130 standardı yürüme alanlarının eğimini göz önünde bulundurarak (yürüme yolu, merdiven, rampa vb.) bir standart geliştirmiştir. Buna göre kapalı alanlarda eğimin %4'den küçük olması durumunda her bir çıkış kapısı için kapasiteyi 89,4 kişi/dakika ve her bir birey için yürüme hızını 61,0 metre/dakika olarak saptamıştır. Eğimin %4'ten fazla olması durumlarda ise her bir çıkış kapısı için kapasiteyi rampa yukarı 62,6 kişi/dakika, rampa aşağı 71,6 kişi/dakika ve her bir birey için yürüme hızını rampa yukarı 15,24 metre/dakika, rampa aşağı 18,3 metre/dakika olarak belirlemiştir.

Tablo 4.2. NFPA 130'a göre kapalı alanlarda kapasite ve hız standardı

Yürüme Alanının Eğimi %4'ten küçük		
Acil Çıkış Kapasitesi		89,4 kişi/dk.
Yürüme Hızı		61,0 m./dk.
Yürüme Alanının Eğimi %4'ten büyük		
Rampa yukarı	Acil Çıkış Kapasitesi	62,6 kişi/ dk.
	Yürüme Hızı	15,24 m./dk.
Rampa aşağı	Acil Çıkış Kapasitesi	71,6 kişi / dk.
	Yürüme Hızı	18,3 m./dk.

Kaynak: Kaynak: Schneider ve Kirchberger, 2007

Yangının başlaması ile alarm sisteminin harekete geçmesi teknolojik sistemlerle otomatik hale getirildiği için özellikle işletmelerdeki güvenlik konseptlerinde alarm sisteminin derhal devreye girdiği kabul edilmektedir. Bunun için de otomatik alarm ve söndürme sistemlerinin çalışıp çalışmadığının sürekli test, bakım ve denetlenmesi Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğin 84. Maddesinde düzenlendiği üzere kanuni zorunluluktur.

Gerekli uyarı yapıldıktan sonra kişilerin reaksiyon süreleri binalarda bulunan insanların dağılımına göre çeşitlilik göstermektedir. Britanya Standartları (BS) Tablo 4.3.'de verildiği üzere bu çerçevede bir dizi ölçümler geliştirmiştir. Bu ölçümlere göre kullanıcılarının binayı iyi tanıyor olmaları durumunda reaksiyon sürelerini hoparlör uyarıları için 1 dakikanın altında, banttan yayın yapılması durumunda 3 dakika ve alarm zili çalması durumunda ise 4 dakikadan fazla olarak belirlemiştir. Kullanıcıların binayı iyi tanıyor olmamaları durumunda ise reaksiyon sürelerini hoparlör uyarıları için 2 dakikanın altında, banttan yayın yapılması durumunda 3 dakika ve alarm zili çalması durumunda ise 6 dakikadan fazla olarak tespit etmiştir.

Tablo 4.3. Bina tiplerine göre yetişkinlerin uyarılara reaksiyon süreleri

Kullanıcıların Tecrübe Seviyesi	Reaksiyon Süresi (dakika)		
	Hoparlör Uyarısı	Banttan Yayın	Alarm Zili / Siren
Binaların konumu iyi biliniyor	< 1 dk.	3 dk.	> 4 dk.
Binaların konumu iyi bilinmiyor	< 2 dk.	3 dk.	> 6 dk.

Kaynak: BS DD 240: Fire Engineering in Buildings. British Standards, UK, 1997

Tablo bir bütün halinde incelendiğinde hoparlör uyarılarının daha etkili olduğu görülmektedir. Gerçek ses tonunun bireylerin tehlikeyi daha çabuk algılamasında ve reaksiyon göstermesinde daha etkili olmasının nedeni oluşan tehlikenin en hızlı ve en net bir şekilde haberdar edilmesidir. Kuvvetle muhtemel tehlikenin şiddeti ses tonuna yansımaları algıda seçiciliğe yol açabilmekte ve aynı algıyı diğer bireylere de aktarabilmektedir. Bu paralelde geliştirilen başka standartlarda ise otomatik uyarı sistemlerinin dahi farklı etki güçleri gözler önüne serilmektedir. Örneğin Tablo 4.4.'de verildiği üzere Avustralya Yangın Mühendisliği Rehberi (FEG) uyarı sirenini dört farklı kombinasyona tabi tutmuş ve en etkili uyarı şeklinin dalgalı siren sesi ve sözlü anonsun yanı sıra görsel ikaz olduğunu saptamıştır:

Tablo 4.4. Uyarı çeşitliliğine bağlı reaksiyon derecesi

Uyarı Şekli	Reaksiyon Derecesi		
	İyi	Orta	Kötü
Normal siren	< 4 dk.	7 dk.	> 10 dk.
Dalgalı siren	< 3 dk.	5 dk.	> 7 dk.
Dalgalı siren ve hoparlör	< 2 dk.	3,5 dk.	> 5 dk.
Dalgalı sireni, hoparlör ve görsel ikaz	< 1 dk.	2 dk.	> 3 dk.

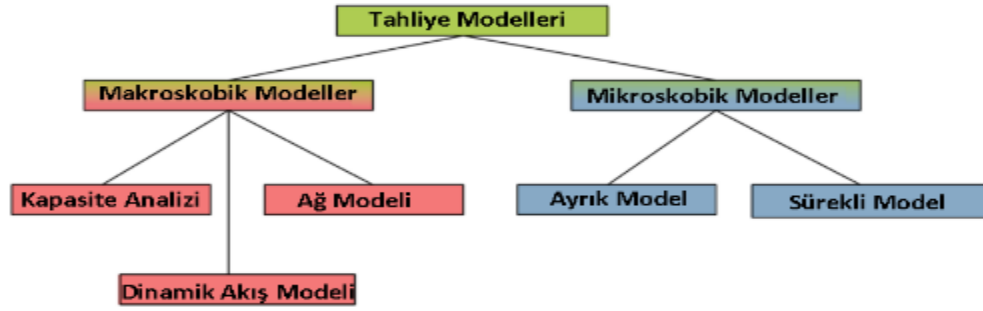
Kaynak: FEG: Fire Engineering Guidelines, 1996

Tablo bir bütün halinde incelendiğinde görsel uyarının içerisinde olduğu kombinasyonun en etkili uyarı şekli olduğunu göstermektedir. Bu da insanların tehlike karşısında uyarılmasının, aynı zamanda tehlikeye karşı en hızlı şekilde reaksiyon konusunda ikna edilmesi anlamına geldiğini de göstermektedir.

Tahliye hesaplamalarında ya da simülasyonlarında başarılı olarak kabul edilen tahliyeler iki yaklaşıma dayanmaktadır. Ya tahliyenin her hangi bir yaralanma ya da ölüm gerçekleşmeden tamamlanmış olması gerekmektedir ya da tahliye süresinin tehdidin ciddi boyutlara ulaşma süresinden az olması gerekmektedir. Ancak literatürde genel itibari ile herkesin güvenli alana ulaştığı tahliyeler başarılı tahliye olarak kabul görmektedir (Frantzich, 1994).

4.2. Tahliye Süresi Hesaplanma Modelleri

Linn (2012) tahliye sürelerini hesaplamada kullanılan yöntemleri makroskobik ve mikroskobik olmak üzere iki başlık altında toplamaktadır. Manuel olarak hesaplanan makroskobik modeller kendi içerisinde kapasite analizi, ağ ve dinamik akış olmak üzere üçe ayrılırken; bilgisayar destekli hesaplanan mikroskobik modeller ise ayrı ve sürekli olmak üzere iki başlıkta toplanmaktadır.



Kaynak: Linn, 2012

Şekil 4.4. Tahliye hesaplama modelleri

4.2.1. Makroskobik modeller (Tahliye Tatbikatı Verisi)

4.2.1.1. Kapasite analizi

Kapasite analizi NFPA 130 standardında örneklendiği gibi bir binanın kaçış için lazım olan kapasitesinin analiz edilmesidir. Ana parametreler yürüme yol genişliği ve aynı hat üzerinde tahliye olunan kişi yoğunluğudur.

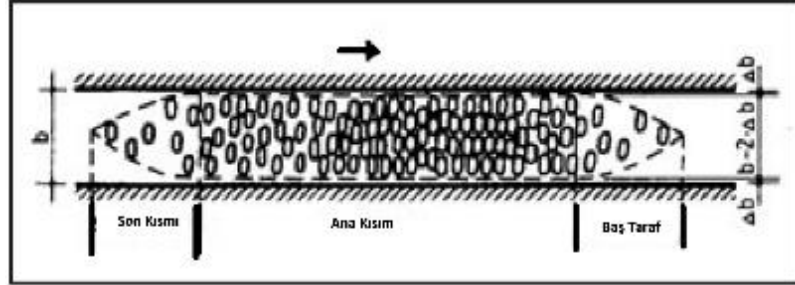
4.2.1.2. Ağ modeli

Ağ modelinde kapasite analizine ilave olarak yürüme yolu üzerinde bulunan ve rampa, merdiven, çıkış sayıları gibi tahliyeyi etkileyebilecek elementlerin devreye sokulduğu bir modeldir. Ağ modelinde çok sayıda değişken devreye girdiğinden hesap zor olduğundan bu tür modeller genel itibari ile bilgisayar destekli programlar aracılığı ile uygulanmaktadır.

4.2.1.3. Dinamik akış modeli

Büyük kalabalıkların birleştirilmiş, doğrusal olmayan, kısmi diferansiyel denklemlerle ifade edildiği modellerdir (Hughes, 2003: 169-182). Daha çok Predtetschenski ve Milinski (1971) tarafından geliştirilen bir modeldir. Bu modelde tahliye anındaki akışın kendine özgü bir karakteri vardır. İkaz duyulduğu andan itibaren akış başlamaktadır. En üst yoğunluğa çıkıp pozisyonunu bir süre koruduktan sonra

tekrardan düşmektedir. Bu çerçevede insan akışı bir oklavaya benzetilmektedir. Bu nedenle kuyruk modeli olarak da adlandırılmaktadır.



Kaynak: Schneider ve Kirchberger, 2007

Şekil 4.5. İnsan akışının süreç içerisindeki yoğunluk değişimi

4.2.2. Mikroskobik modeller (Simülasyon)

Mikroskobik modellerde her bir birey belirli bir karakterle tanımlanabilir ve tanımlanan karaktere göre tahliye etki ölçülebilir. Bu hususiyeti nedeni ile bireysel modeller olarak da adlandırılabilir. Bunlar daha çok bilgisayar simülasyonlarıdır.

Bilgisayar destekli simülasyonların kullanım alanları her geçen gün daha da artmaktadır (Van Wageningen-Kessels ve Ark., 2016: 272-285). Binalarda yangın anındaki tahliyelerin güvenilirliklerinin ya da sürelerinin ölçümü sayısal simülasyonun en zor görevlerinden biridir. Programlama yapılırken çalışmada detaylı bir şekilde izah edilen ve tahliye etki eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Yine programlama yapılırken yasal düzenlemelerin bilinmesinin yanı sıra kullanılan sayısal işlemlerin derinlemesine öğrenilmiş olması gerekmektedir. Diğer bir ifade ile tahliye etki eden her bir faktör sisteme entegre edilerek simülasyon daha kapsamlı hale getirilebilir.

Elde edilen sonuçların manuel testler ile birebir örtüşmeyeceği muhakkaktır. Ancak bilgisayar programları olayın ya da senaryonun gerçeği ile bire bir aynı dizayn edilmesi imkanı tanıdığından, dijital simülasyondan gerçeğine yakın veriler elde edilebilir (Johansson ve Ark., 2015: 95-107). Diğer taraftan manuel testlerin maliyetli ve taşıdığı riskler göz önüne alındığında, her bir faktör girişi yenilendiğinde kolayca tekrarlanma fırsatı sunan bilgisayar destekli simülasyonların önemi ortaya

çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar ise en azından bir fikir edinmemize yardımcı olmaktadır (Galea ve Gwynne, 1999: 741-749). Başka bir ifade ile simülasyon modeli gerçek sistemi temsil etmektedir ve karar vermemiz için bir destek aracıdır (Mazlina ve Herawan, 2013: 329-338).

Bilgisayar destekli simülasyonlarda kullanılan modellemelere çalışmanın mikroskobik modeller atında toplanabilir. Simülasyon modellemesi yapılırken genel itibari ile sürekli, ayırık ya da kullanıcı bazlı modellemeler kullanılır. Her bir modellemenin kendine özgü üstün tarafları vardır. Fakat bütün modeller için genel sorun insan faktörünün ve çevresel faktörlerin çeşitliliğidir.

Çalışmada detaylı bir şekilde dile getirildiği üzere kanuni düzenlemeler bir kısım standartlar getirerek tahliyeyi güvenli hale getirmeyi hedeflemişlerdir. Örneğin bulunulan noktanın acil çıkış kapısına maksimum uzaklığı, yürüme yolu genişlikleri ya da her bir yangın bölgesi için lazım gelen acil çıkış sayısı ve kapıların genişliği tahliye hızını belirlemede birer parametredir. Bütün bu parametreler özellikle yapısal tedbirler alınırken dikkate alınan hususlardır.

Mühendislik yaklaşımı ise kanunlar tarafından tanımlanan bu standartları daha detaylı bir şekilde ele alarak farklı hesaplama metotları geliştirmiştir. Bu nedenle çok kapsamlı bir modellemeyi içermektedir. Çok farklı prosedürleri içeren hendesi tahliye hesaplamaları manuel yapılabildiği gibi bilgisayar destekli programlar yardımı ile de yapılabilmektedir. Bütün bu hesaplamalar yapılırken dikkate alınan binanın şekline, kullanıcıların dağılımına, fiziki, psikolojik ve sosyolojik yapılarına ya da çevresel faktörlere ilişkin bütün parametreler dikkate alınabilmektedir. Ya da başka bir deyişle her gün daha farklı parametreyi dikkate alan hesaplamalar ya da uygulamalar geliştirilmektedir.

4.2.2.1. Sürekli model

Pathfinder, ASERI ve SIMULEX adlı programlarda olduğu gibi genel itibari ile kompleks binalar için tasarlanan bir modeldir. Sosyal güç modeli olarak da

adlandırılmaktadır. Fizikten gelen denklemlere dayanır ve geometrik hesaplamalar süreklilik arz eder. Bireylerin hareketleri için girilebilecek birçok parametre söz konusudur. Sürekli modelin en büyük dezavantajı mevcut hesaplama kapasitesi ile sınırlı olmasıdır (Helbing, 1995: 4282-4286).

4.2.2.2. Ayrık model

EXODUS ve PedGo adlı programlarda olduğu gibi ayrık modellerde hesaplama yapılırken alan hesapları ve kişilerin temsili ayrık olarak gerçekleşir. Her bir hücre bir kişiyi temsil eder. Hareket kabiliyeti ağ yapısına bağlıdır. Bu özelliği nedeni ile daha hızlı ve kesin sonuçlar sağlayabilir. Gemi tahlieleri, çift yönlü yaya akışları ya da biyotik yönleri olan genel modeller örnek olarak verilebilir (Blue ve Adler, 1999: 135-141).

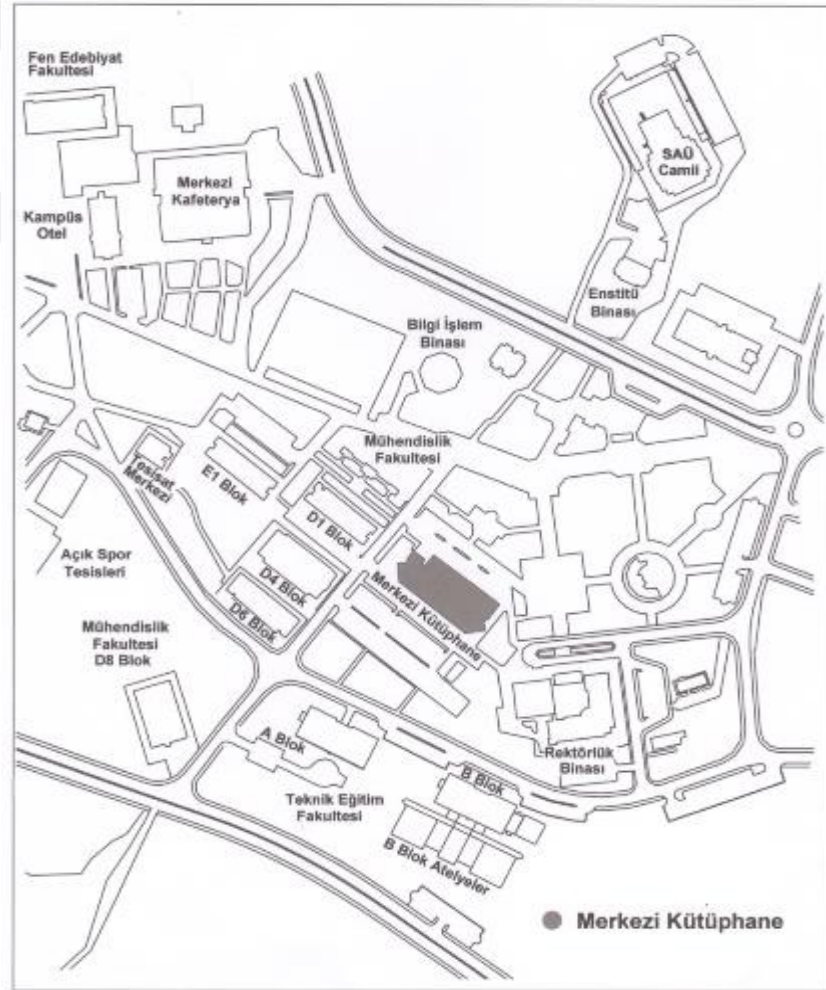
4.2.2.3. Kullanıcı bazlı model

Tahliye olanların bir kullanıcı ile temsil edildiği mikroskobik modellerdir. Kullanıcılar koordinatların yanında insan özelliklerine sahip olabilirler. Davranışları rastgele doğayı bütünleştirebilir. Yaya basamaklarının mekânsal yönleriyle ilgili genel modeller mevcuttur (Wirth ve Szabó, 2017: 72-79). Çalışmada kullanılan Pathfinder adlı program kullanıcı bazlı simülasyonlarda en yaygın kullanılan programlardan biridir.

BÖLÜM 5. TAHLİYE BÖLGESİ: KÜTÜPHANE

5.1. Kütüphanenin Konumu

Tahliye konu kütüphane binası Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsünde 1303 m² arsa üzerine kurulu ve 4845 m² kullanım alanına sahip bir binadır. Ancak binanın 2. katı (1060 m²) boş olduğu için aktif kullanım alanı 3784 m² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.1. Merkezi kütüphanenin konumu

Konumu gereği etrafı açık alan olduğu için tahliye sonrası için güvenli bir toplanma alanına ihtiyaç duyulmadan binayı terk edenlerin güvenli bir şekilde tahliye oldukları varsayılmıştır. Ayrıca tahliye anında kurtarma faaliyetlerinde bulunacak itfaiye ekiplerinin yanaşması için gerekli alanların var olduğu görülmektedir.



Şekil 5.2. Merkezi kütüphanenin genel görünümü

5.2. Kütüphanenin Yapısı ve Kullanım Alanı

Merkezi kütüphane betonarme karkas sistemi ile imal edildiğinden dolayı tefrişat ve kitaplar dışında yüksek yanma özelliğine sahip malzeme bulunmamaktadır. Binanın yapısal özellikleri yangına dayanım noktasında güçlü olsa da özellikle kitapların varlığı muhtemel bir yangın anında yüksek miktarda ısı ve duman yayabileceğini göstermektedir. Simülasyon ve tatbikat esnasında yangının tahliyeyi engelleyecek boyutta ısı ve duman yaymadığı varsayılarak hareket edilmiştir.

Bina kütüphane olarak kullanılmaktadır. Muhtemel bir yangın anında bireylerin haberdar edilmesi için gerekli olan otomatik ve manuel uyarı sistemleri mevcuttur. Yangın anında uyarı sistemlerinin optimal bir şekilde kullanıldığı varsayılarak simülasyon ve hesaplamalar yapılmıştır.

5.4. Kütüphane Yangın Güvenliği ve Tahliye Tedbirlerinin Kritiği

Merkezi Kütüphane Binası ilgili yönetmeliğin Ek-1/B tablosuna göre diğer toplanma alanlarında olduğu gibi “Orta 1 tehlike” sınıfına girmektedir. Bina yüksekliği 21,50 metreden düşük olduğu için yapı elemanlarının yangına dayanım süreleri yağmurlama sistemi olmadan 60 dakika ve yağmurlama sistemi var olduğunda 30 dakikadır. Kütüphane binasında yağmurlama sistemi bulunmamaktadır.

Kullanıcı yük sayısı ilgili yönetmeliğin Ek-5/A maddesine göre kullanıcı yükü kat sayısı $10\text{m}^2/\text{kişidir}$. Aktif kullanım alanı 3.784 m^2 olduğu için kullanıcı yükü $3784\text{ m}^2/10 = 378$ çıkmaktadır.

İlgili yönetmeliğin Ek-5/B maddesine göre yağmurlama sistemi bulunmadığından acil çıkışa tek yöne uzaklık 15 metrenin ve çift yöne uzaklık 30 metrenin altındadır. Birim genişlik için kişi sayısı acil çıkış kapılarında 100 metre, koridor kapılarında 80 metre, kaçış merdivenlerinde 60 metre ve rampalarda 100 metredir. Çıkmaz koridor uzaklık ise en fazla 20 metredir. Bu veriler çerçevesinde acil çıkış kapılarının hesabı şu şekilde yapılabilir:

$$\begin{array}{ll} \text{Kullanıcı Yüğü} \times 0,5 = & 378 \times 0,5 = 1,89 \text{ metre} \\ \text{Birim Genişlik} & 100 \end{array}$$

Hesaplama doğrultusunda elde edilen veriye göre kütüphane binasının ihtiyacı olan acil çıkış kapısı genişliği 1,89 metredir ve tek acil çıkış kapısının net genişliği takriben 1,8 metrenin üzerindedir. Gerçekleştirilen tatbikatta ve uygulanan simülasyon programında tek çıkış kapısı üzerinden uygulamalar yapılmıştır.

Ek-7’ye göre bina (kurum/eğitim tesisi) 21.5 metrenin altında olduğu için otomatik yangın algılama sistemi mecburiyeti bulunmamaktadır ve yangın tehlikesi manuel olarak bildirilmiştir. Simülasyon hesabında da aynı durum dikkate alınmıştır.

BÖLÜM 6. YÖNTEM

6.1. Araştırma Modeli ve Veri Toplama Yöntemi

Kütüphanelerde yangın tahliye hızı tahliye tatbikatı verisi ve simülasyon hesaplama metotlarından sürekli model ile hesaplama yapan Pathfinder yazılımı ile tahliye süresi hesabı yapılmıştır. Tahliye tatbikatı verileri manuel insan akış modeline göre toplanmıştır.

Bilgisayar temelli simülasyon yapılırken Pathfinder isimli simülasyon programı kullanılmıştır. ABD orjinli Thunderhead Engineering Firmasınca geliştirilen Pathfinder simülasyon programı AutoCAD formatını okuyabilir ve DXF ile DWG gibi dosyaların içe aktarılmasını desteklemektedir.

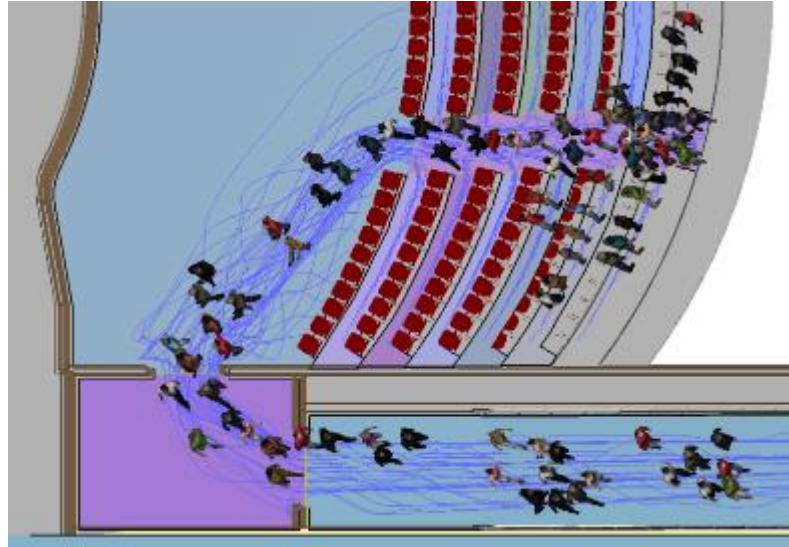
Model geometrisini temsilen üç boyutlu üçgen örgünün kullanıldığı Pathfinder programının desteklediği dual simülasyon modu kodlanan kullanıcıların hareketlerine yön vermektedir. Birinci mod olan “Steering” modunda programa kodlanan kullanıcılar önlerine çıkan engellerden kaçarak kendilerine komut edilen çıkışa doğru birbirlerinden bağımsız olarak gitmeye çalışırlar. İkinci mod olan SFPE modunda her bir kullanıcı kendisine tanımlanan davranışlara göre hareket ederek çıkışa doğru gitmeye çalışırlar.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.1. Dual simulasyon modu

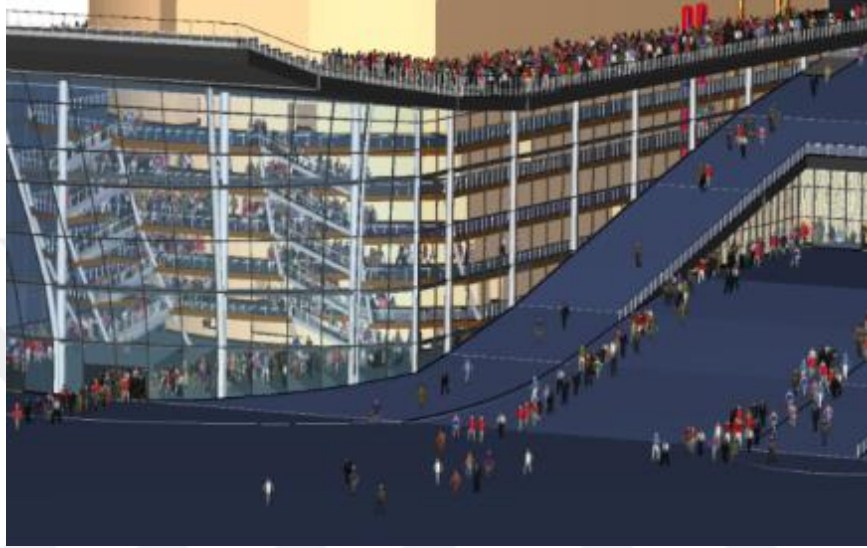
Kullanıcı kodlamalarında belirli parametreler kullanılır. Bu parametreler her bir kullanıcının çıkışa gitmek için kullandığı çıkış saati, çıkış noktası, hareket rotası, yürüyüş mesafesi gibi birçok davranış kombinasyonlarını içermektedir. Parametrelerin içerdiği bilgiler karşılaştıkları duman, ısı, engel, kapının kapalı olması gibi durumlara aktif olarak değişebilmekte ve kullanıcıları başka çıkışlara yönlendirmektedir.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.2. Hareket parametreleri

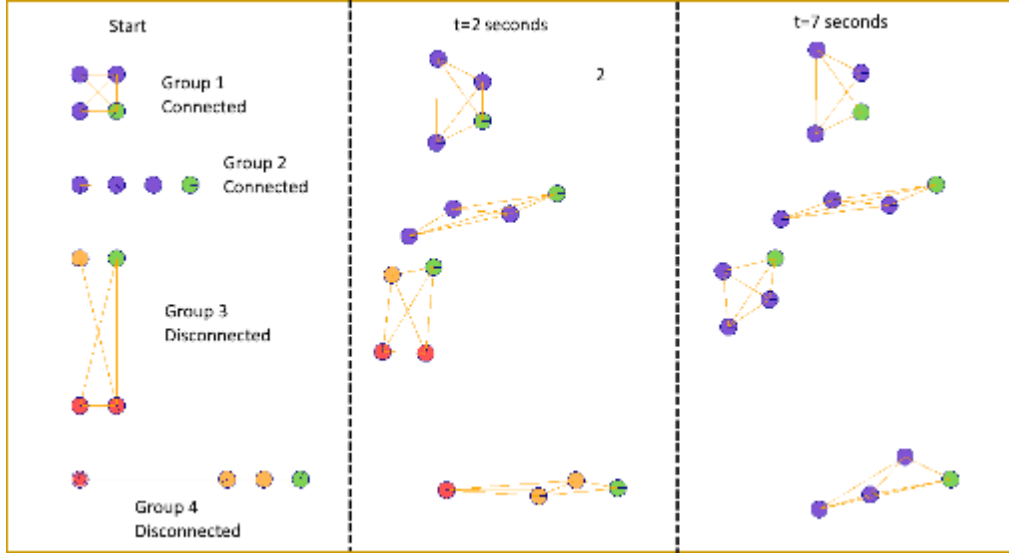
Pathfinder programı sadece çevresel faktörlerin kodlanabildiği bir program değildir. İnsan faktörüne ilişkin yaş, kıyafet, hacim gibi tahliye konusuna konu eden birçok değişkenin de kodlanabildiği bir programdır. Program dinamik bir ayrıntı düzeyi kullandığı için aynı anda sınırsız denebilecek sayıda kullanıcılar farklı değişkenlere göre kodlanabilmekte ve simüle edilebilmektedir.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.3. Kişi yoğunlukları

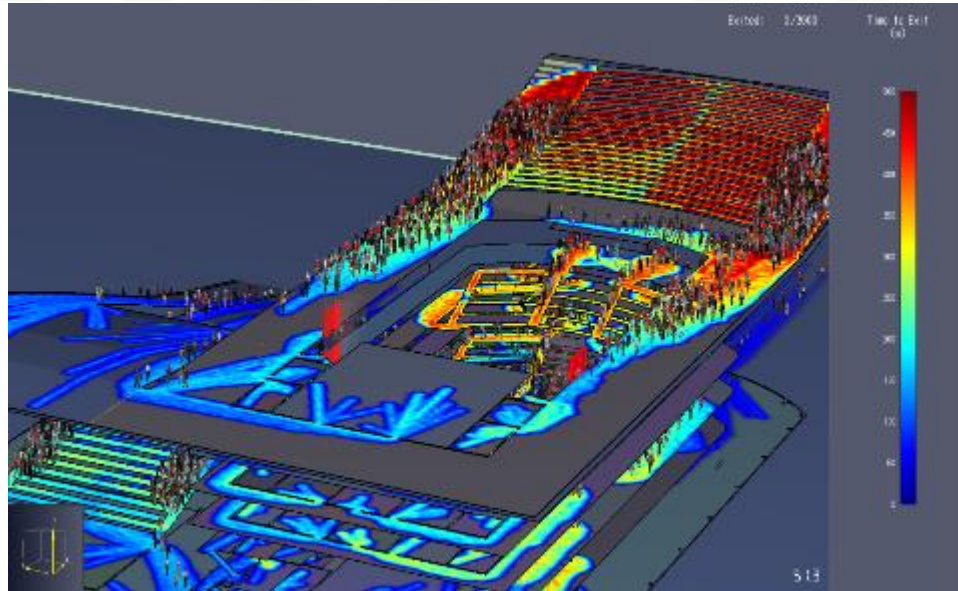
Pathfinderin diğer bir özelliği grup hareketine imkan tanımasıdır. Örneğin tahliye anında bazı çevreleri gruplara ayırabilmekte ve grup davranışı sergilemesine imkan tanımaktadır. Oluşturulan bu gruplara ilave olarak belirli kullanıcılar lider olarak kodlanabilmekte ve grubu yönlendirmesi istenebilmektedir.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.4. Grup davranışı

Pathfinder programı bünyesinde barındırdığı kontur grafiği aracılığı ile insanların akış hızları ve yoğunlukları başta olmak üzere birçok süreci renkler kullanarak sınıflandırabilmektedir.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.5. Kontur grafiği renk tasnifi

Pathfinder programı tahliye anında başta engelliler olmak üzere kullanıcıların asansör kullanımı zorunlu koşulmuşsa davranışlar buna göre kodlanabilmektedir. Bu çerçevede asansör ya da başka imkanları kullanmaya zorlanan kullanıcılar en yakın seçeneğe doğru yönlendirilmektedirler.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.6. Asansör bekleme komutu

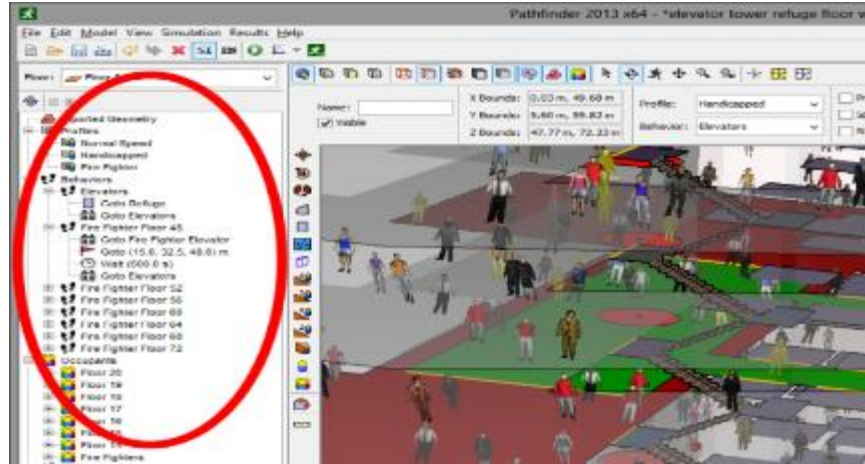
Pathfinder programında insanların tahliyesi için uygun görülen merdivenler, rampalar, koridorlar başta olmak üzere bütün kaçış yolları eş zamanlı olarak kodlanabilmektedir. Bu özelliği programın her çeşit binada simülasyon yapılmasına imkan vermektedir.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.7. Çok seçenekli kaçış yolları

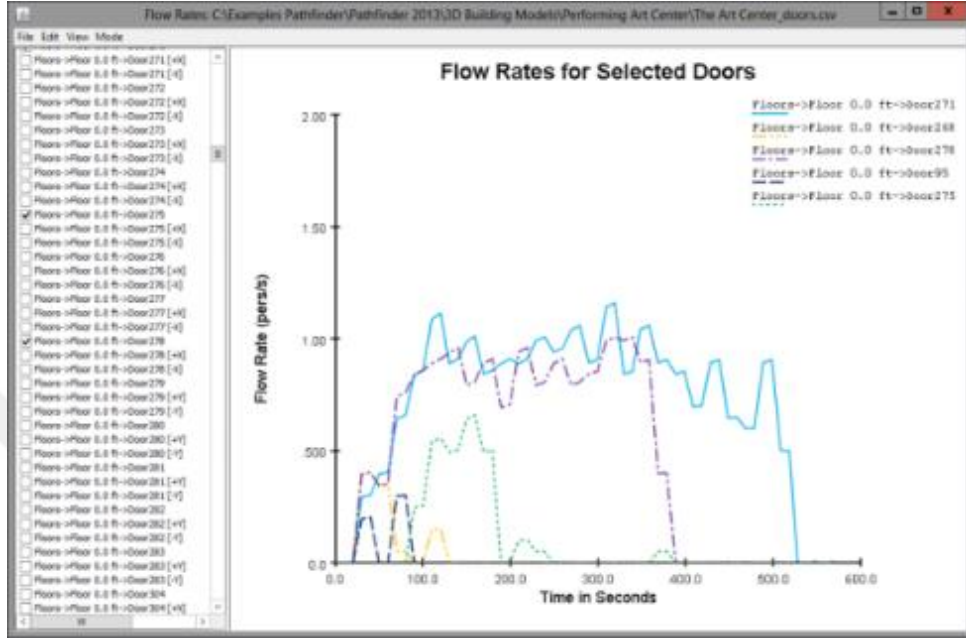
Pathfinder programında kullanıcılar farklı hızlarda hareket etmek üzere kodlanabilirler. Yine kullanıcılar kendi bulunduğu konuma, hızına ve önündeki yoğunluğa göre çıkış rotalarını kendileri belirleyebilmektedirler. Bu özelliği sayesinde program gerçeğe yakın sonuçlar verebilmektedir.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.8. Kullanıcıların hızlarına ve yoğunluğa göre rota seçimi

Program üç boyutlu grafikleri haricinde sunduğu diğer grafik seçenekleri ile hareket hızlarını, yoğunlukları ve her bir hareket için zamanlamayı görmeye ve değerlendirmeye yardımcı olmaktadır.



Kaynak: Thunderhead Engineering Resmi İnternet Sitesi

Şekil 6.9. Sonuç değerlendirme grafiği

6.2. Araştırma Grubu

Araştırma grubunu tamamı üniversite öğrencilerinden oluşan ve Sakarya Üniversitesi merkez kütüphanesinde ders çalışmakta olan 296 öğrenci oluşturmaktadır. Simülasyon programına da aynı sayıda ve karakterde kullanıcı kodlaması yapılmıştır.

6.3. Verilerin Analizi

Çıkan veriler kıyaslanarak tahliye tatbikatı verisi ve simülasyon sonuçları arasında fark olup olmadığı araştırılmaktadır. Analiz yapılırken hem gerçek tatbikatta hem de simülasyon programında yapılan farklı senaryoda toplam 296 öğrencinin tahliye süreçleri ve tahliye sonunda elde edilen zaman skoru baz alınmıştır.

BÖLÜM 7. BULGULAR

7.1. Tahliye Tatbikatı Verilerine İlişkin Bulgular

Tahliye tatbikatı verileri elde edilirken tahliye tatbikatının yapıldığı merkez kütüphanede Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik kapsamında bütün tedbirlerin alındığı varsayılmıştır. Tahliye esnasında yangının büyüklüğüne ve çapına ilişkin her hangi bir senaryo uygulanmamıştır. Yangının tahliyeyi etkilemeyecek boyutta olduğu, duman ve ısı yayılımının kaçışları engelleyecek ölçüde olmadığı varsayılmıştır.

Tahliyeye katılan kişilerin spontane bir şekilde yangın alarmı verildikten sonra binayı terk etmeleri istenmiştir. Tahliye anında tahliyeye liderlik yapılmış ve insanların güvenli ve hızlı bir şekilde binayı tahliye etmeleri sağlanmıştır.



Şekil 7.1. Öğrenciler merdivenlerden inerken

Tahliye anında ikinci kat boş olduğu için tahliyeler zemin kat, 1. ve 3. kat ile çatı katından gerçekleşmiştir. Tahliye anında insan akışının doğal bir sonucu olarak özellikle üst katlardan aşağı doğru inişlerde dar boğaz (bottleneck) oluşmuştur. Oluşan bu dar boğazın tahliye hızı üzerinde etkisi olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7.2. Tahliye anında oluşan dar boğaz

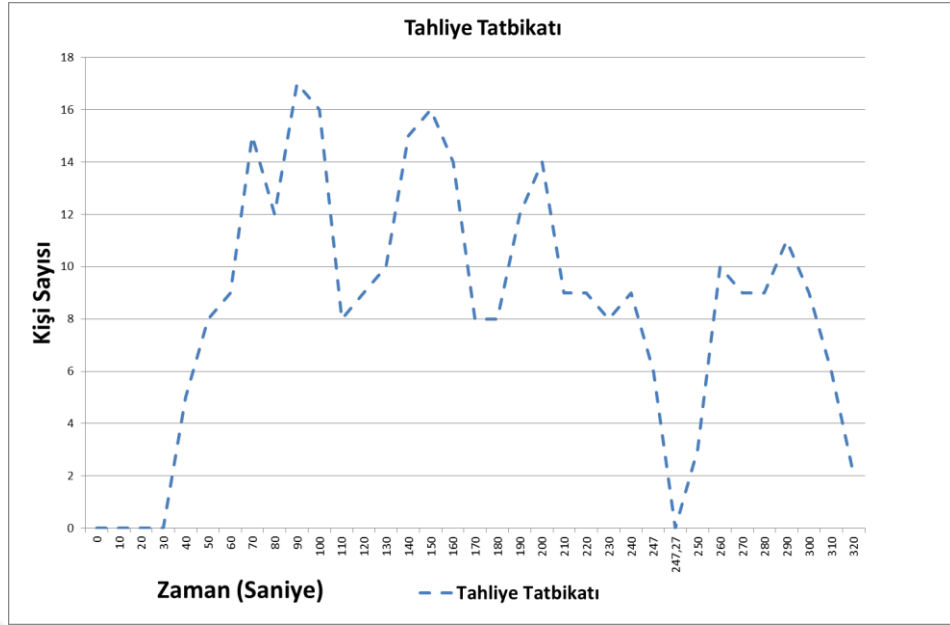
Uyarılar hem yangın butonuna basılmak suretiyle ve hem de sesli bir şekilde yapılmıştır. Uyarılara reaksiyon süresinin ilgili performans odaklı kriterler kapsamında belirlenen 1 dakikanın altında (20 saniye) olduğu gözlemlenmiştir.

Tahliye konu bireyler sağlıklı ve genç insanlardan oluştuğu için tahliye esnasında insan akışını engelleyecek bireysel fiziki engellerle karşılaşılmamıştır. Tahliyeye katılan bireylerin tahliye anındaki davranışları gözlemlendiğinde herhangi bir olumsuz davranışın sergilenmediği ve panik durumunun oluşmadığı belirlenmiştir. Panik durumunun oluşmamasında yangının ürkütücü ve etkileyici atmosferinin olmayışının etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 7.1. Gerçek tatbikatta tahliye olan bireylerin tahliye hızları

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	296	0	0
30	296	0	0
40	296	5	5
50	291	8	13
60	283	9	22
70	274	15	37
80	259	12	49
90	247	17	66
100	230	16	82
110	214	8	90
120	206	9	99
130	197	10	109
140	187	15	124
150	172	16	140
160	156	14	154
170	142	8	162
180	134	8	170
190	126	12	182
200	114	14	196
210	100	9	205
220	91	9	214
230	82	8	222
240	74	9	231
247	65	6	237
247,27	59	0	237
250	59	3	240
260	56	10	250
270	46	9	259
280	37	9	268
290	28	11	279
300	17	9	288
310	8	6	294
320	2	2	296

Yapılan tatbikat sonunda toplam 296 kişinin 320 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 1 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı, 55,8 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89,4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların altında kaldığı görülmektedir. Tahliye süresi boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.3.).



Şekil 7.3. Zamana bağlı olarak tahliye olan kişi sayısı

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir.



Şekil 7.4. Tahliye sonrası güvenli alanda toplanma

7.2. Simülasyon Çalışmasına İlişkin Bulgular

Kütüphanede “Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik” kapsamında bütün tedbirlerin alındığı varsayılmıştır. Tahliye esnasında yangının büyüklüğüne ve çapına ilişkin her hangi bir senaryo uygulanmamıştır. Yangının tahliyeyi

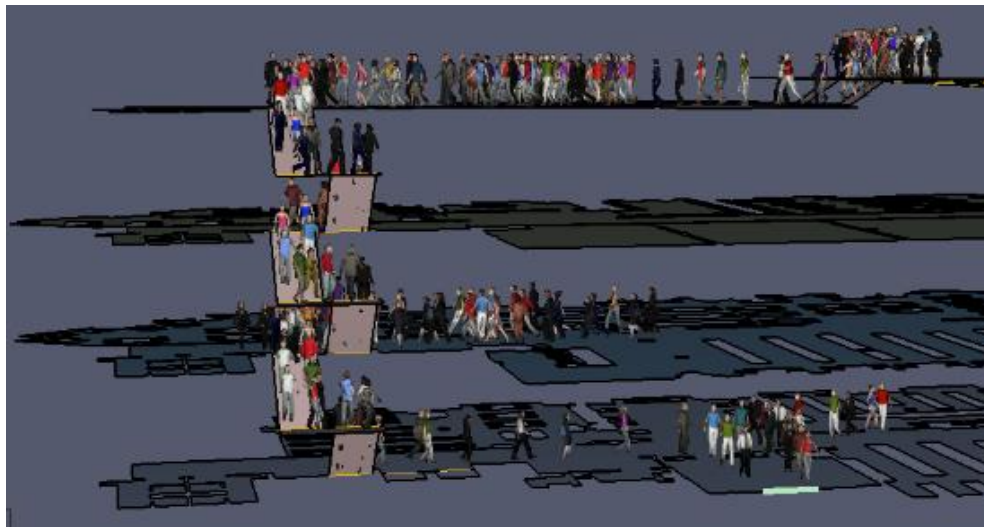
etkilemeyecek boyutta olduğu, duman ve ısı yayılımının kaçışları engelleyecek ölçüde olmadığı varsayılmıştır.



Şekil 7.5. Tahliye simülasyonu yapılan kişilerin dağılımı

Tahliyeye katılan kişiler birer kullanıcı olarak programa kodlanmıştır. Kodlama yapılırken gerçek tatbikattaki sayılar ve kişilerin konumları baz alınmıştır. Alarm verildikten sonra kullanıcıların binayı terk etmeleri istenmiştir.

Tahliye anında ikinci kat boş olduğu için simülasyonda da tahliyeler zemin kat, 1. ve 3. kat ile çatı katından gerçekleşmiştir. Tahliye anında insan akışının doğal bir sonucu olarak özellikle üst katlardan aşağı doğru inişlerde dar boğaz (bottleneck) simülasyonda da gözlemlenmiştir. Oluşan bu dar boğazın tahliye hızı üzerinde etkisi olduğu aşağıdaki şekilden de anlaşılmaktadır.



Şekil 7.6. Tahliye simülasyonu anında oluşan dar boğaz

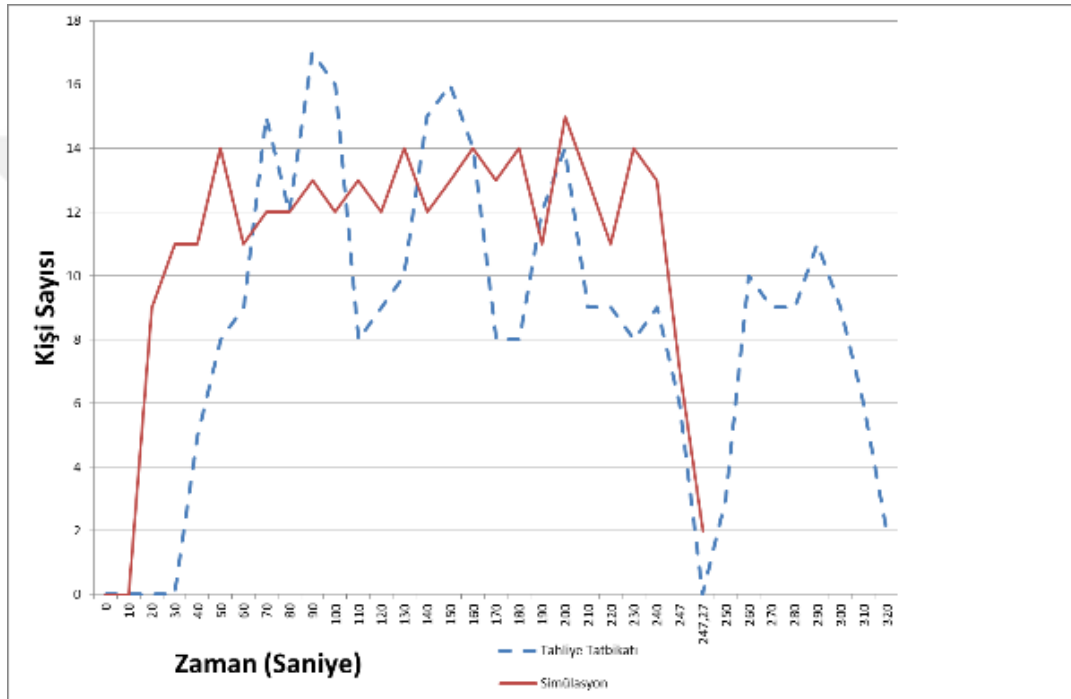
Uyarılara reaksiyon süresinin ilgili performans odaklı kriterler kapsamında belirlenen 1 dakikanın altında (20 saniye) ve normal tatbikattan daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Bunda etkili olan faktörün ise gerçek tatbikattaki hazırlık süresi olduğu değerlendirilmektedir.

Tahliye konu bireyler sağlıklı ve genç insanlardan oluştuğu için tahliye esnasında insan akışını engelleyecek bireysel fiziki engellerle karşılaşılmayacak şekilde kodlama yapılmıştır. Tahliyeye katılan bireylerin tahliye anındaki davranışları gözlemlendiğinde herhangi bir olumsuz davranışın sergilenmediği ve panik durumunun oluşmadığı belirlenmiştir. Panik durumunun oluşmamasında yangının ürkütücü ve etkileyici atmosferinin olmayışının etkili olduğu değerlendirilerek kullanıcılara panik davranış sergilemeleri konusunda herhangi bir kodlama yapılmamıştır.

Tablo 7.2. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	287	9	9
30	276	11	20
40	265	11	31
50	251	14	45
60	240	11	56
70	228	12	68
80	216	12	80
90	203	13	93
100	191	12	105
110	178	13	118
120	166	12	130
130	152	14	144
140	140	12	156
150	127	13	169
160	113	14	183
170	100	13	196
180	86	14	210
190	75	11	221
200	60	15	236
210	47	13	249
220	36	11	260
230	22	14	274
240	9	13	287
247	2	7	294
247,27	0	2	296

Yapılan simülasyon sonunda toplam 296 kişinin 247,27 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 1 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı, 71,8 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89,4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların çok üstünde olduğu görülmektedir. Tahliye simülasyonu boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.7.).



Şekil 7.7. Simülasyonda zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir.

Tahliye tatbikatı verisinde elde edilen 320 saniye tahliye rekorunun simülasyon ile elde edilmesi için kullanıcıların yürüme hızları 1,05 saniyeye düşürülmüş ve farklı senaryolar denenerek yapısal ve yönetsel tedbirlerin yürüyüş hızı sabit kalmak şartı

ile tahliye süresi üzerindeki etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Diğer çevresel faktörler ise aynı şekilde kabul edilmiştir.

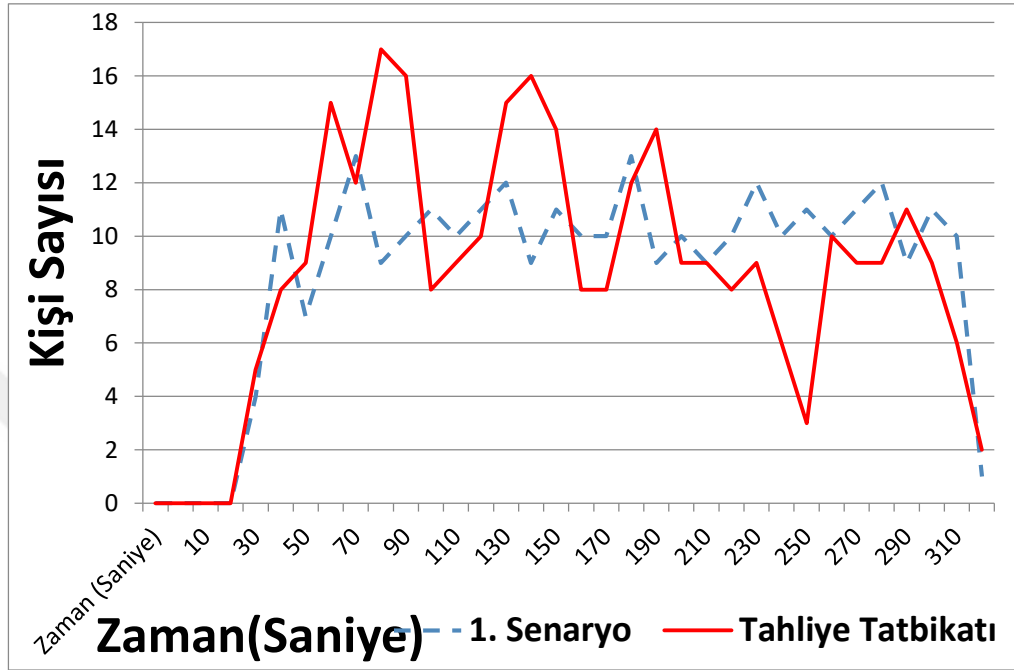
- Senaryo:

Tablo 7.3. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (1. Senaryo)

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	296	0	0
30	296	0	0
40	292	4	4
50	281	11	15
60	274	7	22
70	264	10	32
80	251	13	45
90	242	9	54
100	232	10	64
110	221	11	75
120	211	10	85
130	200	11	96
140	188	12	108
150	179	9	117
160	168	11	128
170	158	10	138
180	148	10	148
190	135	13	161
200	126	9	170
210	116	10	180
220	107	9	189
230	97	10	199
240	85	12	211
250	75	10	221
260	64	11	232
270	54	10	242
280	43	11	253
290	31	12	265
300	22	9	274
310	11	11	285
319	0	10	296
320	0	1	296

Kullanıcıların yürüyüş hızlarının 1.05 m/saniye düşürüldüğü simülasyonun 1. senaryosunda toplam 296 kişinin 320 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 1 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı, 55,8 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89.4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış

kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların altında kaldığı görülmektedir. Tahliye süresi boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.8.).

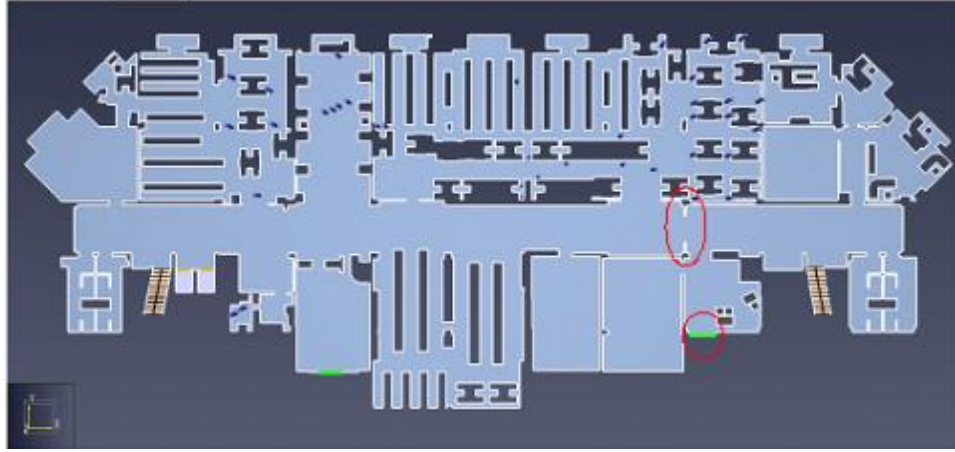


Şekil 7.8. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (1. Senaryo) (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir. Ancak tahliye tatbikatı verisi ve simülasyon tahliye hızının eşitlenmesine rağmen gerçek insanlarla kullanıcıların tahliye davranışlarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Bu da insan faktörünün tahliye anındaki rolünü ortaya koymaktadır.

- 2. Senaryo:

İkinci senaryoda yapısal bir tedbir uygulanmış ve ikinci bir çıkış merdiveni ve çıkış kapısı devreye sokulmuştur (Şekil 7.9.).



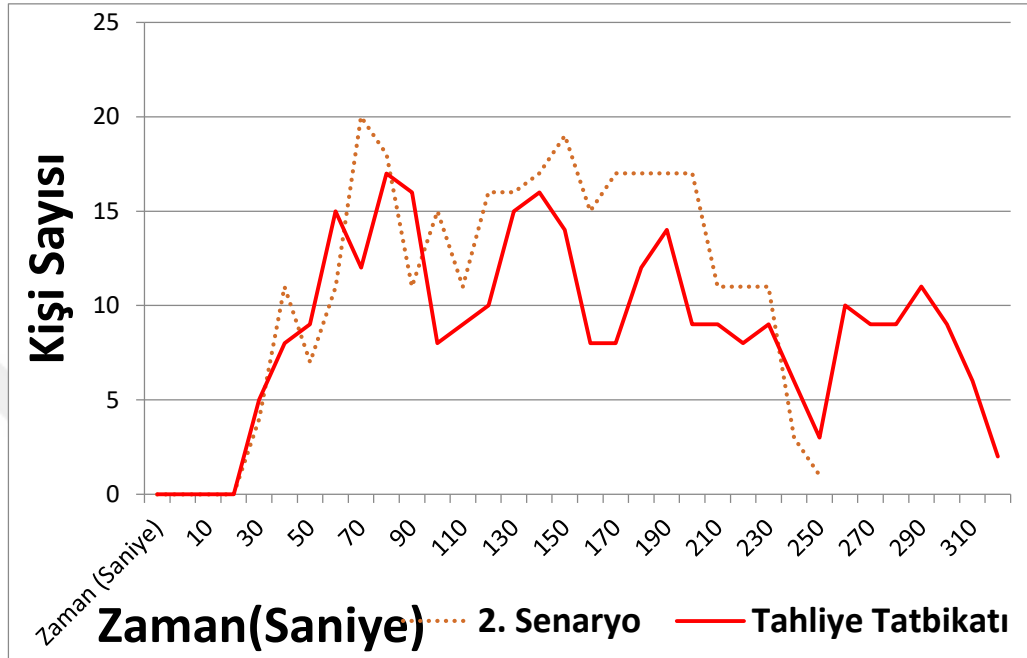
Şekil 7.9. Acil çıkış merdivenin ve kapısının ikiye çıkarılmış hali

Tablo 7.4. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (2. Senaryo).

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	296	0	0
30	296	0	0
40	292	4	4
50	281	11	15
60	274	7	22
70	263	11	33
80	243	20	53
90	225	18	71
100	214	11	82
110	199	15	97
120	188	11	108
130	172	16	124
140	156	16	140
150	139	17	157
160	120	19	176
170	105	15	191
180	88	17	208
190	71	17	225
200	54	17	242
210	37	17	259
220	26	11	270
230	15	11	281
237	4	11	292
238	1	3	295
239	0	1	296

Yapılan simülasyonun 2. senaryosu sonunda toplam 296 kişinin 239 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 2 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı yaklaşık 74 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89.4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika

şeklindeki acil çıkıp kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların çok üstünde olduğu görülmektedir. Tahliye simülasyonu boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.10.).



Şekil 7.10. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (2. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir. İkinci simülasyon videosu incelendiğinde bazı bariz engellerin varlığı göze çarpmıştır. Bu engeller kullanıcıların gereksiz sıkışmalarına, birikmelerine ve hareket kabiliyetlerinin kısıtlanmasına sebep olmaktadır. Zemin kattaki birçok kullanıcının bulunduğu yerin 2. merdivene yakın olmasına rağmen bölüm çıkışı 1. merdivene yakın olduğu için o tarafa doğru ilerledikleri ve bu yüzden hem 1. merdivende gereksiz birikmeler ve sıkışmaya sebep oldukları, hem de tahliye süresinin uzadığı fark edilmiştir. Bu nedenle bu durumun çözümü için 2. Merdivene yakın bir yerde bulunan bir masa yerinden kaldırılmış ve geçiş yolu rahatlatılmıştır (Şekil 7.11.).

- 3. Senaryo:

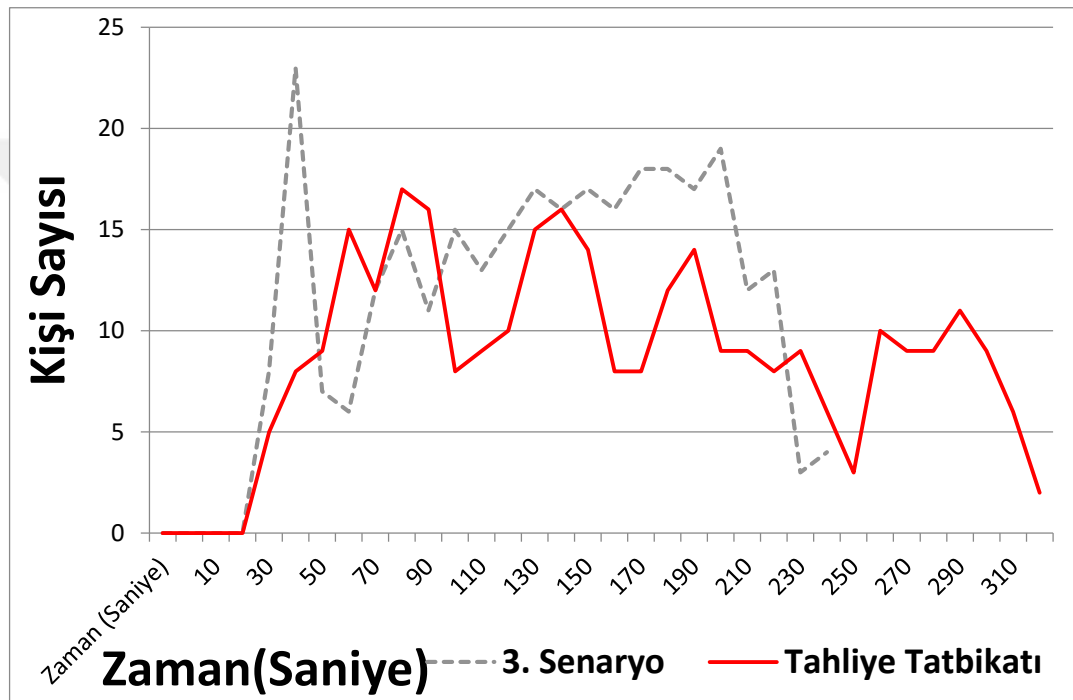


Şekil 7.11. Geçiş güzergahındaki masanın kaldırılması

Tablo 7.5. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (3. Senaryo).

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	296	0	0
30	296	0	0
40	288	8	8
50	265	23	31
60	258	7	38
70	252	6	44
80	240	12	56
90	225	15	71
100	214	11	82
110	199	15	97
120	186	13	110
130	171	15	125
140	154	17	142
150	138	16	158
160	121	17	175
170	105	16	191
180	87	18	209
190	69	18	227
200	52	17	244
210	33	19	263
220	21	12	275
230	8	13	288
240	5	3	291
243	1	4	295

Yapılan simülasyonun 3. senaryosu sonunda toplam 296 kişinin 243 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 2 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı yine yaklaşık 74 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89.4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların çok üstünde olduğu görülmektedir. Tahliye simülasyonu boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.12.).

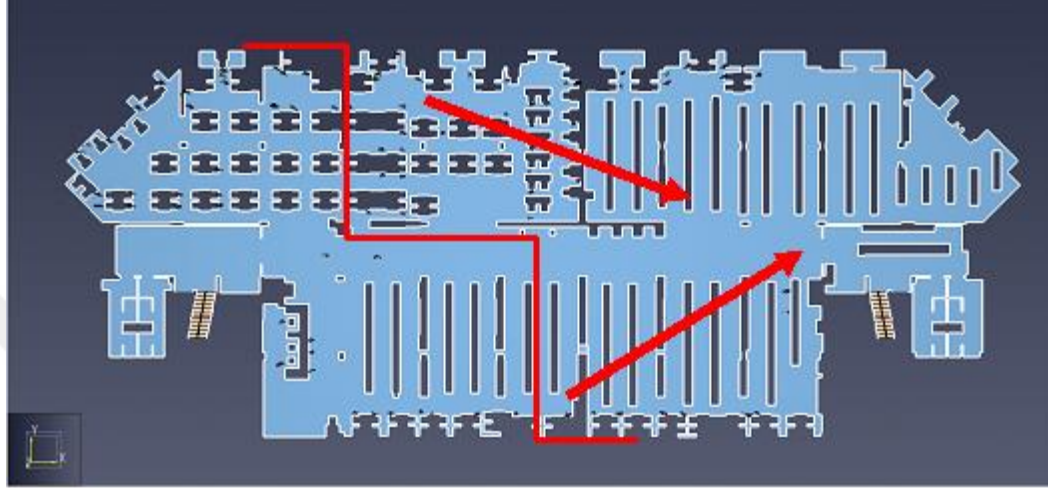


Şekil 7.12. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (3. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir. Ancak 2. ve 3. senaryo skorları arasında bir fark olmadığı ve bunun nedeninin ise kullanıcı dağılımlarının kapılara bilgisayar tarafından gelişigüzel herhangi bir denge gözetmeden yapılmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tahliye süreçlerinin yönetilmesinin önemi de bu vesile ile ortaya çıkmıştır. Bu nedenle 4. Senaryoda 1. kattaki kullanıcıların bir kısmı 2. kapıya

yönlendirilmiş, böylelikle 1. katta 1. merdivende olan birikme engellenmeye çalışılmıştır (Şekil 7.13.).

- 4. Senaryo:

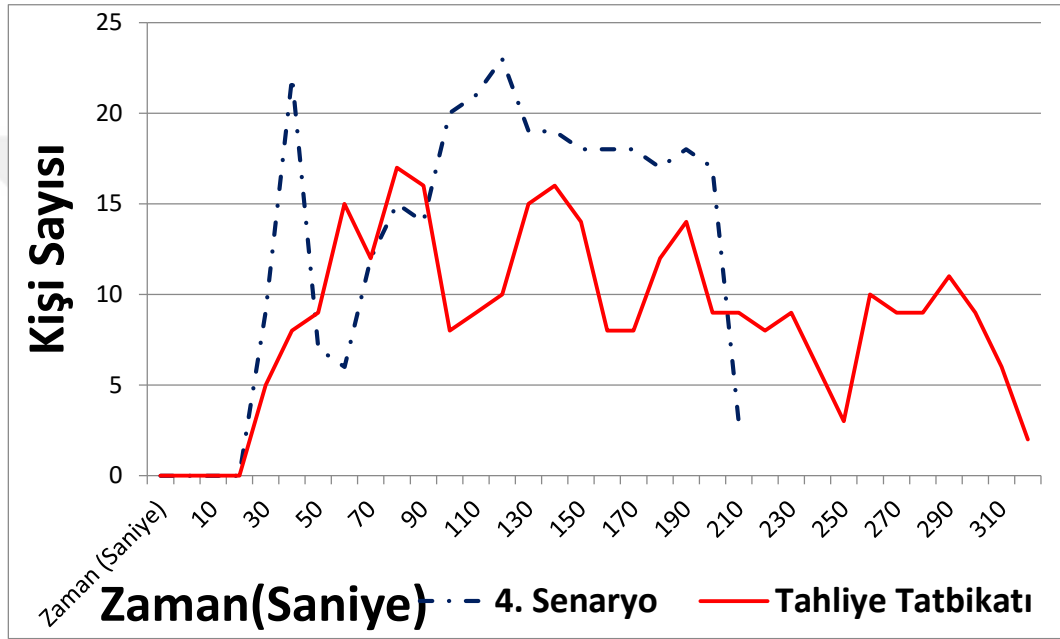


Şekil 7.13. Birinci katta bulunan kullanıcıların 2. kapıya yönlendirilmesi

Tablo 7.6. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (4. Senaryo).

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	296	0	0
30	296	0	0
40	287	9	9
50	265	22	31
60	258	7	38
70	252	6	44
80	240	12	56
90	225	15	71
100	211	14	85
110	191	20	105
120	170	21	126
130	147	23	149
140	128	19	168
150	109	19	187
160	91	18	205
170	73	18	223
180	55	18	241
190	38	17	258
200	20	18	276
210	3	17	293
214	0	3	296

Yapılan simülasyonun 4. senaryosu sonunda toplam 296 kişinin 214 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 2 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı yine yaklaşık 83 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89.4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların çok üstünde olduğu görülmektedir. Tahliye simülasyonu boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.14.).



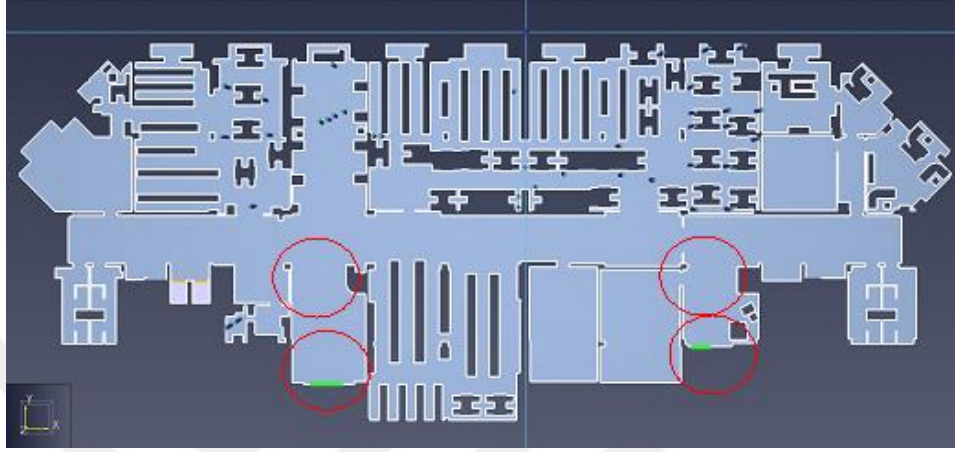
Şekil 7.14. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (4. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı ve yönlendirmeden kaynaklı zikzakların olduğu görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir.

Simülasyonun beşinci senaryosunda yapılan yapısal ve yönetsel tedbirler genişletilerek hem geçiş güzergahları daha açık hale getirilmiş, hem çıkış kapıları daha

geniştirilmiş ve yönlendirme 1. kat haricindeki katlarda da uygulanmıştır. (Şekil 7.15.).

- 5. Senaryo:

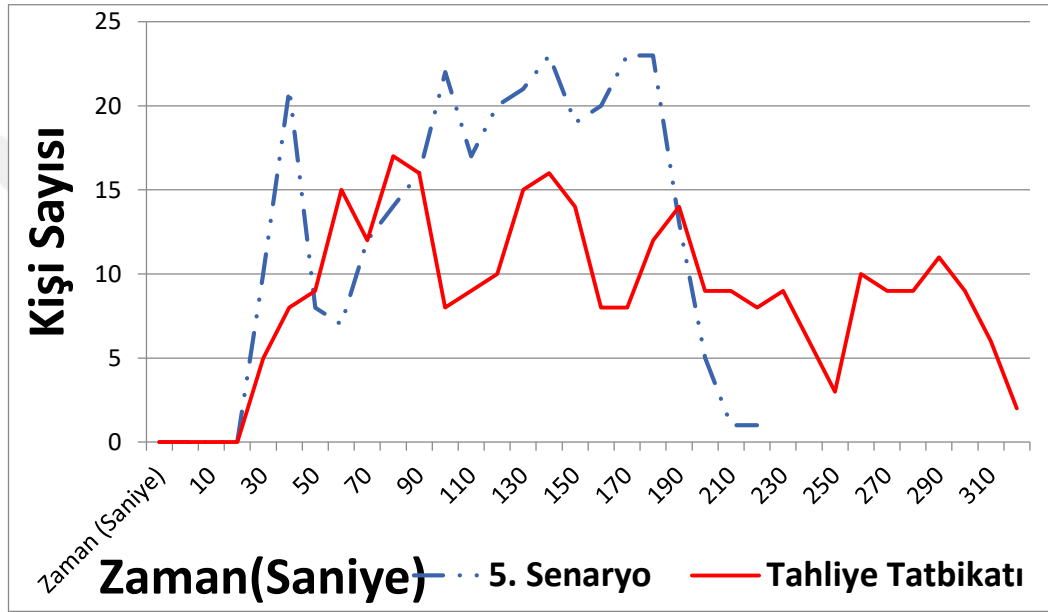


Şekil 7.15. Yapısal ve yönetsel tedbirlerin genişletilmesi

Tablo 7.7. Simülasyonda kullanıcıların tahliye hızları (5. Senaryo).

Süre (saniye)	Kalan Kişi Sayısı	Çıkan Kişi Sayısı	Kümülatif Toplam
0	296	0	0
10	296	0	0
20	296	0	0
30	296	0	0
40	286	10	10
50	265	21	31
60	257	8	39
70	250	7	46
80	238	12	58
90	224	14	72
100	208	16	88
110	186	22	110
120	169	17	127
130	149	20	147
140	128	21	168
150	105	23	191
160	86	19	210
170	66	20	230
180	43	23	253
190	20	23	276
200	7	13	289
204	2	5	294
205	1	1	295
206	0	1	296

Yapılan simülasyonun 4. senaryosu sonunda toplam 296 kişinin 206 saniyede tahliye oldukları görülmüştür. Acil çıkış kapısı 2 tane olduğu için elde edilen tahliye hızı yine yaklaşık 86 kişi/dakika olarak hesaplanmıştır. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89.4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış kapı hızları dikkate alındığında elde edilen hızın performans kriterli standartların çok üstünde olduğu görülmektedir. Tahliye simülasyonu boyunca oluşan yoğunluk aşağıdaki grafikte resmedilmiştir (Şekil 7.16.).



Şekil 7.16. Senaryo zamana bağlı olarak tahliye olan kullanıcı sayısı (5. Senaryo). (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye yoğunluğunun tahliye zaman çizelgesinin ortalarında arttığı ve yönlendirmeden kaynaklı zikzakların olduğu görülmektedir ki elde edilen bu tablo literatürde tanımlanan insan akış aritmetiğini yansıtmaktadır. Başlardaki az sayıdaki yoğunluk ise hem reaksiyon hem de hazırlık süresini göstermektedir.

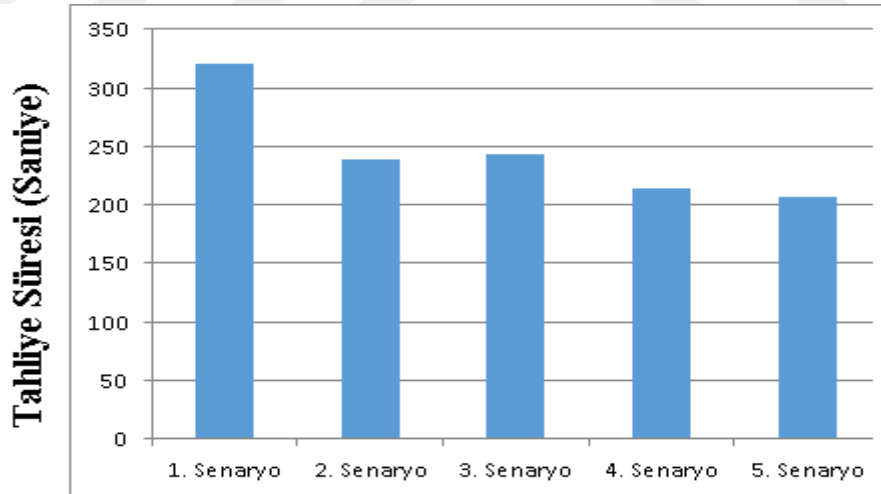
7.3. Simülasyon Verilerinin Karşılaştırması

Simülasyonda daha düzenli bir hareket disiplini gözlemlenirken tahliye tatbikatı verisinde hareket hızlarında dalgalanmalar gözlemlenmektedir. Bu dalgalanmalarda

incelendiğinde tahliye tatbikatı verisinde bazı saniyelerde tahliye olan insan sayılarında yüksek oranda iniş çıkışlar sergilenirken simülasyonda akışın düzenli ve simetrik olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 7.17.).

Bütün çevresel şartlar eşit olmasına rağmen tahliye tatbikatı verisinde 296 kişinin tahliyesi 320 saniyede (acil çıkış kapısı tahliye hızı 55,8 kişi/dakika) tamamlanırken simülasyonda tahliye 247,27 saniyede (acil çıkış kapısı tahliye hızı 71,8 kişi/dakika) gerçekleşmiştir. NFPA 130'un belirlediği eğim %4'ten küçük rampalar 89.4 kişi/dakika ve eğimi %4'ten küçük rampalar için 62,6 kişi/dakika şeklindeki acil çıkış kapı hızları dikkate alındığında tahliye tatbikatı verisinde elde edilen skorun standartların altında ve simülasyonda elde edilen skorun ise standart aralığında olduğu görülmektedir.

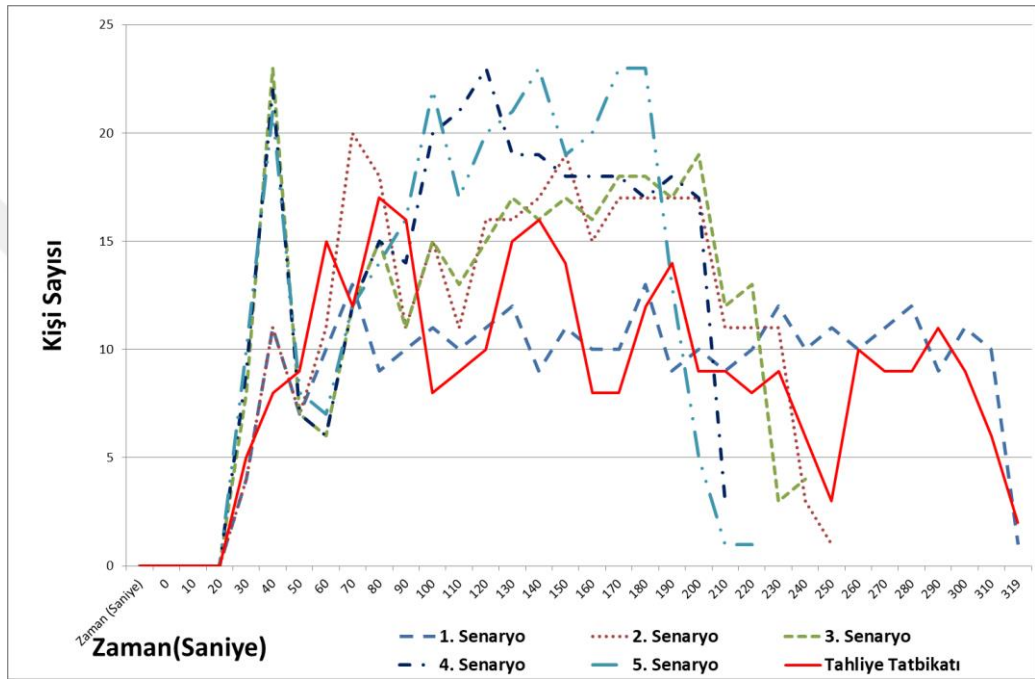
Ancak yürüme hızının 1.05 m/sn yapılan ilave senaryolar ile yapılan simülasyonda yapısal ve yönetsel tedbirlerin tahliye hızlarında olumlu yönde değişikliğe neden olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 7.17.).



Şekil 7.17. Tahliye sürelerinin senaryolara göre değişimi

Yukarıdaki şekil incelendiğinde tahliye sürelerinin yapısal ve yönetsel tedbirler iyileştirildikçe azaldığı görülmektedir. Simülasyonda bütün senaryolar bir bütün halinde incelendiğinde yapısal ve yönetsel tedbirlerin tahliye hızı üzerindeki etkisi bariz bir şekilde ortaya çıkmıştır. Tahliye olunan kullanıcı sayısı tahliye tatbikatı

verisindeki 296 kişi ile sınırlandırıldığı için yapılan yapısal ve yönetsel tedbirlerin tahliye hızına tam etkisi ölçülememiştir. Tahliye olunan kullanıcı sayılarının yükseldikçe dar boğazların daha fazla olacağı ve alınan tedbirlerin bu dar boğazları ortadan kaldırarak tahliye süresini daha çok aşağı çekeceği değerlendirilmektedir. 5 farklı senaryoda tahliye süresi boyunca kullanıcıların tahliye sayılarının her 10 saniyede gerçekleşme şekli Şekil 7.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 7.18. Tahliye sayılarının senaryolara göre değişimi (Tahliye Tatbikatı verileri ile birlikte)

7.4. Tartışma ve Analiz

Ortaya konan çalışmada tahliye tatbikatı verisi ile yapılan tahliye çalışmalarında tahliye hızının simülasyonda nazaran daha yavaş olduğu belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalarda aynı doğrultuda veriler sunmaktadır. Tahliye tatbikatı verisi ve simülasyon sonucu yapılan tahliye hesaplamalarındaki farkın kişilerin simülasyonlarda hesaba katılamayan diğer bireysel faktörlerden (Helbing ve Ark., 2005: 1-24) kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Özellikle konforlu bir tahliye alanı olmasına ve yangın büyüklüğünün tahliyeyi etkileyecek ölçüde olmamasına rağmen tahliyenin neden geciktiği üzerine yoğunlaşmaktadır ve insan faktörü bu gecikmenin ana nedeni olarak irdelenmektedir (Hofinger ve Ark., 2014). Ancak araştırmaya tabi

tutulan bireylerin yapılan çalışmanın bir deneyden ibaret olduğunu bilmeleri ve gerçek kimliklerini ortaya koymamaları da elde edilen sonuçları tartışmalı hale getirmektedir (Zinke ve Ark., 2014). Bireylerin bilgisi olmadan yapılan deneylerde de insan faktörün sorgulanmıştır ancak gerçek bir tehlikenin insanlar üzerinde bıraktığı etki gözlemlenememiştir (Schmidt ve Galea, 2013: 741-749). Dolayısı ile acil durumlardaki insan faktörünün tam olarak irdelenebilmesi için yaşanmış gerçek olayların çok çeşitli perspektiflerden analiz edilip tatbikatlara uyarlanabilmesi önem arz etmektedir. Örneğin makroskobik ve mikroskobik modelleme ile tahliye hızını ölçmeye yönelik yapılan başka bir çalışmada Christensen ve Sasaki (2008) aralarında engellilerinde bulunduğu (biri görme engelli, biri işitme engelli ve dördü hareket kısıtlılığı olan) toplam 71 üniversite çalışanının tahliye hızlarını ölçmüştür. Ölçüm sonucunda anlamlı bir farkın oluşmadığı makroskobik ölçümde tahliye süresinin toplam (155) saniye ve mikroskobik ölçümde ise tahliye süresinin toplam (122) saniye olduğu saptanmıştır.

Tahliye hızına ilişkin olarak elde edilen simülasyon ve tahliye tatbikatı verilerinden hangisinin daha gerçekçi olduğu üzerinde düşünülmesi gereken bir husustur. Bir taraftan tahliye tatbikatı verisinde insan faktörüne etki eden çevresel faktörler tam olarak yansıtılmıyorken diğer taraftan simülasyonda insan faktörünün kullanıcılara tam olarak kodlanamaması problemin merkezinde bulunmaktadır. Literatürde de aynı konu tartışmaya açılmış ve bütün mikroskobik modellemelerde insan faktörünün programlarda kodlanmasının zorluğu yazılım mühendisleri tarafından sıklıkla dile getirilmiştir (Rüppel ve Schatz, 2011: 600-611). Ancak Liu ve arkadaşları (2014) bilgisayar oyunlarına yansıtılan insana ilişkin parametrelerin bilgisayar programlarına da yansıtılarak daha gerçekçi verilerin elde edilebileceğini iddia etmektedirler.

Kütüphanelerden tahliyenin konu edildiği çalışmaların sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Ortaya konan çalışmanın kütüphanelerde tahliye konulu Türkiye’de ilk çalışma olduğu söylenebilir. Li ve arkadaşları (2018) muhtemel bir yangın durumunda Nankin Kütüphanesinde bulunanların tahliyelerini konu alan bir çalışma yapmış ve yangın anında söndürme sistemlerinin çalışmamasının tahliyeye olan etkisini ölçmüşlerdir. Tahliye mikroskobik bir modelle yapılmış, Pyrosim ve Pathfinder programları

kullanılmıştır. Dumanın tabakasının yüksekliğine, Karbon monoksit (CO) yoğunluğuna, fraksiyonel etkin doz (FED) değerine bağlı olarak kütüphane geneli için yangın büyüklüğünü 4 MW ve risk zamanını 280 saniye ve okuma salonları için yangın büyüklüğünü 8 MW ve risk zamanını 125 saniye olarak ele almışlardır. Ancak yapılan simülasyonda yangın söndürme ünitelerinin çalışmaması nedeni ile kütüphanenin tahliyesinin 411 saniyede ve okuma salonunun tahliyesinin ise 165 saniyede gerçekleşebildiği saptanmıştır.

Ortaya konan çalışmada bütün çevresel şartlar eşit olmasına rağmen tahliye tatbikatı verisinde 296 kişinin tahliyesi 320 saniyede (acil çıkış kapısı tahliye hızı 55,8 kişi/dakika) tamamlanırken simülasyonda tahliye simülasyonu 247,27 saniyede (acil çıkış kapısı tahliye hızı 71,8 kişi/dakika) gerçekleşmiştir. Literatür benzer şartlarda bir tahliye ya da simülasyonu gerçekleştirilmediği için mukayese imkanı bulunmamaktadır. Ancak Jirasingha, ve Patvichaichod (2011) kütüphane binasında tahliye hızını ve güvenliğini yangın tehlikesinin çapına ve tahliye olunan kişilerin yoğunluğuna bağlı olarak incelemişler ve dört farklı senaryoyu bilgisayar destekli programla simüle etmişlerdir. Birinci durumda tahliye edilen personel sayısı 517 ve yangın büyüklüğü 5 MW olarak alınmıştır. İkinci durumda tahliye edilen kişi sayısı 517 ve yangın büyüklüğü 7 MW olarak belirlenmiştir. Üçüncü durumda tahliye edilen kişi sayısı 788 ve yangın büyüklüğü 5 MW olarak verilmiştir. Dördüncü ve son senaryoda ise tahliye edilen kişi sayısı 788 ve yangın büyüklüğü 7 MW olarak alınmıştır. Simülasyon sonucunda birinci ve ikinci senaryoda tahliye sürelerinin sırasıyla 518 ve 529 saniye olduğu tespit edilmiştir ve tahliye güvenli bir şekilde tamamlanmıştır. Üçüncü ve dördüncü senaryoda ise tahliye sürelerinin sırasıyla 1090 ve 1130 saniye olduğu saptanmıştır. Üçüncü senaryodaki tahliye esnasında 1 kişi, dördüncü senaryodaki tahliye sonucunda ise 18 kişi hayatını kaybetmiştir. Sonuç olarak kütüphanelerde yaşanan yangının büyüklüğünün ve tahliye olunan kişi sayısının tahliye süresi ve güvenliği üzerinde doğrudan etkisinin olduğu saptanmıştır. Yine yapılan başka bir çalışmada tedbirlerin yok sayılması durumunda tahliyenin nasıl etkileneceği test edilmiştir. Bir spor kompleksinin yangın anındaki tahliyesinin simüle edildiği çalışmada 967 kişinin normal şart altında 245 saniyede tahliye olurken kademeli olarak düşürülen güvenlik tedbirlerine bağlı olarak tahliye süresinin

tedbirlerin düşüş seviyesine bağlı olarak sırasıyla 383 ve 650 saniyeye çıktığı saptanmıştır (Kayış, 2018).

Ortaya konan çalışmada gerçek tahliye tatbikatında bireylerin ortalama yaklaşık 40 saniye reaksiyon ve hazırlık süresi geçirdikleri tespit edilmiştir. Taveres ve arkadaşları (2007) Brezilya kütüphane tesislerinde Ocak 2005'te iki tahliye denemesi yapmışlardır. Bu denemeler Brezilya'da kütüphanelerde yapılan ilk tahliye denemelerden birini temsil etmektedir. Tahliye denemelerinin amacı, Batı Avrupa kültürüne sahip toplum ile farklı kültüre sahip Brezilya toplumunun tahliye öncesi hazırlık zamanına ilişkin verileri toplamaktır. Deneylerde bireylerin 5 ile 98 saniye arasında değişen ortalama 46,7 saniye hazırlık süresi geçirdikleri saptanmıştır. Sonuçların birbiri ile örtüştüğü görülmektedir.

Ortaya konan çalışmada tahliye tatbikatındaki hareket hızlarındaki dalgalı görüntü insanların yönlendirmelere istenilen düzeyde reaksiyon göstermemelerinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Gwynne ve arkadaşları (2003) tahliye öncesi hazırlık aşamasında geçen süreyi test etmek için hastane polikliniği ile üniversite kütüphanesini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmada hastaların hemşirelerin yönlendirmelerine daha fazla oranda ve hızlı bir şekilde tepki verirken, öğrencilerin sadece % 50'sinin yönlendirmelere riayet ettiklerini saptamışlardır.

Simülasyona ilişkin yapılan ilave senaryolar yapısal ve yönetsel tedbirlerin tahliye hızı üzerindeki etkisini bariz bir şekilde ortaya koymuştur. Tahliye olunan kullanıcı sayısı tahliye tatbikatı verisindeki 296 kişi ile sınırlandırıldığı için yapılan yapısal ve yönetsel tedbirlerin tahliye hızına tam etkisi ölçülememiştir. Tahliye olunan kullanıcı sayılarının yükseldikçe dar boğazların daha fazla olacağı ve alınan tedbirlerin bu dar boğazları ortadan kaldırarak tahliye süresini daha çok aşağı çekeceği değerlendirilmektedir.

BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

8.1. Sonuç

Tahliye hızını öğrenmeye yönelik yapılan çalışmalar özellikle insanların yoğun olarak bulunduğu binalarda yangın güvenliği adına önem arz etmektedir. Gerçek tehdidin varlığı zamanında bir tedbir sergilenebilmesi öncesinde elde edilen tecrübelerle bağlıdır.

Ancak yangın tatbikatları bütün çevresel faktörlerinin yansıtılması zor ve tehlikeli süreçlerdir. Özellikle kalabalık binalarda yangın tatbikatlarının yapılması ayrı bir zorluk oluşturmaktadır. Çevresel faktörler ne kadar canlandırılırsa canlandırılırsın insan faktörü üzerinde istenilen etkiyi bırakmamaktadır.

Bu nedenle bilgisayar destekli tahliye simülasyonları bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bilgisayar destekli programlarda da çevresel faktörler kodlanabilse dahi insan faktörü istenilen düzeyde yansıtılamamaktadır.

Sonuçlar bütün parametreler doğrultusunda belki arzu edilen şekilde ortaya çıkmamaktadır, fakat tehlikenin büyüklüğü ve tecrübeye olan ihtiyaç tahliye tatbikatlarını ve simülasyonlarını zorunlu kılmaktadır. Tatbikatlar hiç şüphesiz büyük organizasyonları gerektiren pahalı süreçlere olabildiği gibi bir kısım riskleri de bünyelerinde barındırmaktadırlar. Teknoloji geliştikçe simülasyonların daha isabetli sonuçlar içeren tahliye simülasyonlarına imkan sunacağı değerlendirilmektedir.

8.2. Öneriler

Yangın riski devam ettiği sürece tahliye gerçeğinin bütün taraflarca doğru şekilde algılanması için hem tahliye tatbikatlarının hem de tahliye simülasyonlarının tekrarının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Özellikle tahliye tatbikatlarının yangın riski ve tahliye konularında toplumda farkındalık oluşturacağı önemli bir husustur. Nitekim insan faktörüne etki eden parametrelerden bir tanesi de hiç şüphesiz tecrübe ve bilinç seviyesidir. Tahliye tatbikatları bireylere tahliye anında hiç olmazsa senkronize ve koordineli çalışma hususlarında önemli katkılar sunacaktır.

Tahliye simülasyonlarının farklı programlarla ve farklı senaryolarla tekrarlanması ve insan faktörüne ilişkin kodlamaların tahliye simülasyonlarına ilave edilmesi farklı sonuçlar doğurabileceği gibi analiz imkanları da sunacaktır. Dolayısıyla aynı çalışmanın ya da benzerinin hem manuel olarak daha gerçekçi bir platformda hem de dijital olarak insan faktörüne ilişkin parametrelerin de kodlanmak kaydı ile tekrar şiddetle önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Antunes, R. and Gonzalez, V. (2015). A Production Model for Construction: A Theoretical Framework. *Buildings*. 5 (1): 209–228.
- Aube, F., & Shield, R. (2004). Modeling the effect of leadership on crowd flow dynamics. In P. M. A. Sloot, B. Chopard, & A. G. Hoekstra (Eds.), *Cellular Automata, Proceedings: Vol.3305:601–611*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Blue, V. and Adler, J. (1999). Cellular Automata Microsimulation of Bidirectional Pedestrian Flows. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1678 (1): 135–141.
- Bodamer, M. (1989). Verhalten von Menschen bei Brandgefahren. *vfdb-Zeitschrift Forschung und Technik im Brandschutz* 2: 47-48.
- Bosina, Ernst and Weidmann, Ulrich (2016). Estimating pedestrian speed using aggregated literature data, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 468: 1 - 29.
- Brown, R. (1965). *Social Psychology*, The Free Press, New York.
- Chandra, Satish and Bharti, Anish Kumar (2013) / *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 104: 660 – 667.
- Christensen, Keith and Sasaki, Yuya (2008). Agent-Based Emergency Evacuation Simulation with Individuals with Disabilities in the Population. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 11: 3- 9.
- Cline, P. B. (2015), *The Merging of Risk Analysis and Adventure Education. Wilderness Risk Management*. 5 (1): 43–45.
- Dyer J. R. G.; Ioannou C. C.; Morrell L. J.; Croft D. P.; Couzin I. D.; Waters D. A. and Krause J. (2008). Consensus decision making in human crowds. *Anim. Behav.* 75: 461–470.
- Elliott, D. & Smith, D. (1993). Football stadia disasters in the United Kingdom: learning from tragedy? *Industrial & Environmental Crisis Quarterly* 7(3): 205–229.
- Frantzich, H. (1994). A model for performance - based design of escape routes. Report 1011. Dept. of Fire Safety Eng. Lund Institute of Technology. Lund.
- Friedl, W. J. and Scelsi, A. (2004). *Gebäuderäumungen : Organisation – Vorbereitung – Profi-Tipps*, Richard Boorberg Verlag, Stuttgart.

- Galea, E.; Gwynne, S. (1999). A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the building environment. *Building and Environment* 34: 741-749.
- Gwynne, S., Galea, E.R., Parke, J. and Hickson, J., (2003). The Collection Of Pre-Evacuation Times From Evacuation Trials Involving A Hospital Outpatient Area And A University Library Facility. *Fire Safety Science* 7: 877-888.
- Helbing, D. (1995). Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*. 51 (5): 4282–4286.
- Helbing, D., Farkas, I. and Vicsek, T. (2000). *Simulating Dynamical Features of Escape Panic*, Dresden University.
- Helbing, D; Buzna, L; Johansson, A, and Werner T (2005). Self-organized pedestrian crowd dynamics: Experiments, simulations, and design solutions. *Transportation Science*, 39(1); 1-24.
- Hofinger, G., Zinke, R. And Künzer, L (2014). Human factors in evacuation simulation, planning, and guidance, *Transportation Research Procedia* 2 (2014): 603 – 611.
- Hoogendoorn, S. P., Bovy, P. H. L. und. Daamen , W. (2001). Microscopic pedestrian way_and dynamics modelling. In: 1. International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics: 124–154.
- Hughes, R. L. (2003). The flow of human crowds. *Annual Review of Fluid Mechanics*. 35 (1): 169–182.
- Jeon, G., Kim, J., Hong, W. and Augenbroe, G. (2011). Evacuation performance of individuals in different visibility conditions, *Building and Environment* Volume 46, Issue 5, May 2011: 1094-1103.
- Jin,T. (1978). Visibility through Fire Smoke, *J. of Fire & Flammabilite* ,9: 135-157.
- Jirasingha, Withayavuth and Patvichaichod, Supat (2011). Modeling Fire Evacuation of a Library Buildingbased on the Numerical Simulation, *American Journal of Applied Sciences* 8 (5): 452-458.
- Johansson, F., Peterson, A. and Tapani, A. (2015). Waiting pedestrians in the social force model, *Physica A:Statistical Mechanics and its Applications*, vol.419: 95-107.
- Kayış, Veysel (2013). Güreş Eğitim ve Kamp Tesisleri, Yangın Tahliyesi Bilgisayar Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keating, J. P. (1982). The myth of panic. *Fire Journal*, 57–61.
- Kelley, H. H, Condry, J. C. Jr., Dahlke, A. E & Hill, A. H. (1965). Collective behavior in a simulated panic situation. *Journal of Experimental Social Psychology* 1: 20–54.
- Kishkovsky, S. (2015). Fire at Library in Moscow Destroys Millions of Volumes. *NY Times* - 1 February 2015.
- Leach, J. (1994). *Survival psychology*. Palgrave.

- Li, M., Zhu, S., Wang, Z. (2018). Research on Fire Safety Evacuation in a University in Nanjing, *Procedia Engineering* 211 (2018): 372–378.
- Linn, P. (2012). Evakuierung von Hochhäusern im Gefahrenfall –Grundlagen und Systematik, Optimierung unter Zuhilfenahme gebäudetechnischer Anlagen Bachelorarbeit (Lisans Tezi) im Studiengang Rettungsingenieurwesen/ Rescue Engineering, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Fakultät Life Sciences, Hamburg.
- Liu, J., Li, F., Zhang, Z., Lan, B. (2006). Study on Assessment and Prediction of Fire Effluents Toxicity, *China Safety Science Journal* 16: 76.
- Liu, Rui; Du, Jing and Issa, Raja (2014). Human Library for Emergency Evacuation in BIM-Based Serious Game Environment, *Computing in Civil And Building Engineering* ©ASCE 201: 544-551.
- Mark, R. (2001). Das Fluchtverhalten von Menschen in Extremsituationen. *Brandverhütung* 1/2001: 7-10.
- Mazlina, A. M. and Herawan, T. (2013). Modelling Reactive and Proactive Behaviour in Simulation: A Case Study in a University Organisation, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering (IJMUE)*, vol. 8: 329-338.
- Mintz, A. (1951). Non-adaptive group behavior. *The Journal of Abnormal and Normal Social Psychology* 46: 150–159.
- Mohler, S.R., Swearingen, J.J., McFadden, E.B. and Garner, J.D. (1964). Human Factors of Emergency Evacuation, SAE Technical Paper 640785, Oklahoma.
- Montufar, M., Arango, J., Porter, M. and Nakagawa, S., (2007). Pedestrians normal walking speed and speed when crossing a street, *Transportation Research Record* 2002, TRB, National Research Council, Washington D C, USA: 90-97.
- Müller, G., 1998. Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen, *Zivilschutz-Forschung, Neue Folge Band 32*, Bundesamt für Zivilschutz, Bonn.
- NFPA 1250 (2004), Recommended Practice in Emergency Service Organization Risk Management, 2004 Edition.
- NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.
- NFPA 1500 (2007), Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program, 2007 Edition.
- Pidda, M., de Silva, F.N. and Eglesea, R.W. (1996). A simulation model for emergency evacuation. *European Journal of Operational Research* 90(3): 413-419.
- Ploog, D.: Clausen, L. (1997). Katastrophenmedizin. Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. Bundesamt für Zivilschutz (Hrsg.), 4. überarbeitete Auflage, Bonn.
- Prendke, W.-D., Schröder, H. (2005). Lexikon der Feuerwehr. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 3. Aufl.
- Proulx, G. (2001) Occupant behaviour and evacuation. In: *Proceedings of the ninth international fire protection symposium*, Munich, 25—26: 219–232.

- Ruhrhofer, M. und Schweitzer, R. (2003). Beurteilung der Räumung und Evakuierung von Personen aus Gebäuden. In: Brandschutz Arbeitssicherheit Jahrbuch 2003, Beratungsstelle für Brand- und Umweltschutz, Verlag Druckservice Muttenthaler, Petzenkirchen/Österreich: 104-107.
- Rüppel, U., and Schatz, K. (2011). Designing a BIM-based serious game for firesafety evacuation simulations. *Advanced Engineering Informatics*, 25(4), 600-611.
- Schäfer, C., Zinke, R., Künzer, L., Hofinger, G. and Koch, R. (2014). Applying persona method for describing users of escape routes, *The 7th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics 2014*: 636–641.
- Schäfer, C.; Künzer, L.; Zinke, R. (2013). Integration und Modellierung von menschlichen Faktoren für die Evakuierung von U-Bahn-Systemen, Universitaet Paderborn.
- Schmidt, S., & Galea, E. (Eds.). (2013). *Behaviour-Security-Culture. Human behaviour in emergencies and disasters: A cross-cultural investigation*. Lengerich: Papst Science Publishers.
- Schneider, U. und Kirchberger, H. (2007). Evakuierungsberechnungen bei Brandereignissen mittels Ingenieurmethoden, in: "Brandschutz Jahrbuch 2006/07 Arbeitssicherheit", Petzenkirchen, s. 62-75.
- Schneider, U. und Lebeda, C., 2000. *Baulicher Brandschutz*, Stuttgart; Berlin; Köln.
- Shields, T. and Proulx, G. (2000). The Science of Human Behavior: Past Research Endeavors, Current Developments and Fashioning a Research Agenda. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Fire Safety Science. IAFSS*, 2000: 95-114.
- Sieber, G.M. (1986). Panik. *vfdB-Zeitschrift Forschung und Technik im Brandschutz* 2, s. 39-41.
- Siikonen, M.-L. and Hakonen, H. (2003). Efficient Evacuation Methods in Tall Buildings, *Elevator World*, Vol. 51: 78-83.
- Sugiman, T., & Misumi, J. (1988). Development of a new evacuation method for emergencies: Control of collective behavior by emergent small groups, *Journal of Applied Psychology*, 73(1): 3-10.
- Tadahisa, J. (1997). Studies on Human Behaviour and Tenability in Fire Smoke, *Fire Safety Science-Proceedings Of The Fifth International Symposium*: 3-21.
- Tavares, Rodrigo Machado; Gwynne, Steve and Galea, Edwin R. (2007). Collection and Analysis of Pre-evacuation Time Data Collected from Evacuation Trials Conducted in Library Facilities in Brazil - CMS Paper S. No. 07/IM/132.
- Van Wageningen-Kessels, F., Leclercq, L., Daamen, W. and Hoogendoorn, S. P. (2016). The Lagrangian coordinate system and what it means for two-dimensional crowd flow models, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol.443: 272-285.

- Van Wageningen-Kessels, FLM., Leclercq, L., Daamen, W. & Hoogendoorn, SP. (2016). The Lagrangian coordinate system and what it means for two-dimensional crowd flow models, In : *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 443, February, p. 272-285.
- Vorst, Harrie (2010). Evacuation Models and Disaster Psychology, *Journal Procedia Engineering*, Vol. 3: 15-21.
- Wang, W., Wang, J., Ke, Q., Wu, Y., (2012). Numerical Simulation and Analysis of University Library Fire, *Safety* 33: 11.
- Werner, R.und SCHMUTZ, R. E. T. (2005). Evakuierungsarten, Ereignismanagement V1.1 CL 3.8 Evakuierungsarten, Risk Control RCC GmbH, Zürich/Schweiz.
- Wirth, E. and Szabó, G. (2017). Overlap-avoiding Tickmodel: an Agent- and GIS-Based Method for Evacuation Simulations. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 62 (1): 72–79.
- Xie, W., Zhang, Y., Cheng, Y. Chen, S., Liang, X and Zhang, W. (2017). Experimental Study on Movement Speed and RouteChoice of Individuals and Small Groups under Different Visibility Conditions, *Procedia Engineering* 00 (2018): 830-836.
- Yu, Liu; Wei-jie, Wang and Hong-Zhong, Huang (2014). A New Simulation Model for Assessing Aircraft Emergency Evacuation Considering PassengerPhysical Characteristics. *Reliability Engineering & System Safety* 121: 187-197.
- Zhan, Xin; Yang, Lizhong; Zhu, Kongjin; Kong, Xiaoming; Rao, Ping and Zhang, Taolin (2013). Experimental Study of the Impact of Personality Traits on Occupant Exit Choice During Building EvacuationCitation data: *Procedia Engineering*, ISSN: 1877-7058, Vol: 62, Page: 548-553.
- Zhang, Xin (2017). Study on rapid evacuation in high-rise buildings, *Engineering Science and Technology, an International Journal* Volume 20, Issue 3, June 2017: 1203-1210.
- Zhou, B. (2011). A Study on Safety Evacuation of the Underground Supermarket, *Journal of Shanghai Institute of Technology (Natural Science)* 11: 355.
- Zinke, R, Hofinger, G., Künzer, L., (2014). Psychological aspects of human dynamics in underground evacuation: Field experiments. In Weidmann,U., Kirsch, U., Schreckenberg, M. (Hg), *Proceedings of the 6th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED)*, 6.-8.Juni 2012 in Zürich. Springer, Heidelberg: 1149-1163.

EKLER

Ek 1: Path-Finder Tahliye Simülasyonu İnsan Akış Çizelgesi

Zaman (Saniye)	Kalan	Çıkan
0	296	0
1	296	0
2	296	0
3	296	0
4	296	0
5	296	0
6	296	0
7	296	0
8	296	0
9	296	0
10	296	0
11	296	0
12	296	0
13	295	1
14	295	1
15	294	2
16	294	2
17	292	4
18	290	6
19	289	7
20	287	9
21	285	11
22	283	13
23	281	15
24	280	16
25	280	16
26	279	17
27	278	18
28	277	19
29	277	19
30	276	20
31	275	21
32	274	22
33	273	23
34	273	23
35	272	24
36	270	26
37	269	27
38	267	29
39	267	29

40	265	31
41	264	32
42	263	33
43	261	35
44	259	37
45	259	37
46	257	39
47	255	41
48	253	43
49	252	44
50	251	45
51	249	47
52	247	49
53	246	50
54	245	51
55	244	52
56	243	53
57	242	54
58	242	54
59	241	55
60	240	56
61	239	57
62	238	58
63	237	59
64	236	60
65	234	62
66	233	63
67	232	64
68	230	66
69	229	67
70	228	68
71	227	69
72	226	70
73	225	71
74	223	73
75	222	74
76	221	75
77	219	77
78	218	78
79	217	79
80	216	80
81	215	81
82	213	83
83	212	84
84	211	85
85	209	87
86	208	88
87	206	90
88	205	91
89	204	92
90	203	93
91	202	94
92	201	95
93	200	96
94	198	98

95	197	99
96	196	100
97	195	101
98	194	102
99	193	103
100	191	105
101	190	106
102	190	106
103	189	107
104	188	108
105	186	110
106	185	111
107	183	113
108	182	114
109	180	116
110	178	118
111	177	119
112	176	120
113	174	122
114	173	123
115	171	125
116	170	126
117	169	127
118	168	128
119	167	129
120	166	130
121	165	131
122	163	133
123	161	135
124	160	136
125	159	137
126	158	138
127	157	139
128	156	140
129	154	142
130	152	144
131	151	145
132	149	147
133	148	148
134	147	149
135	146	150
136	145	151
137	144	152
138	143	153
139	142	154
140	140	156
141	138	158
142	137	159
143	136	160
144	135	161
145	133	163
146	133	163
147	131	165
148	129	167
149	128	168

150	127	169
151	125	171
152	124	172
153	122	174
154	121	175
155	119	177
156	118	178
157	116	180
158	115	181
159	115	181
160	113	183
161	111	185
162	110	186
163	109	187
164	108	188
165	107	189
166	105	191
167	104	192
168	102	194
169	101	195
170	100	196
171	99	197
172	97	199
173	96	200
174	94	202
175	93	203
176	91	205
177	89	207
178	89	207
179	88	208
180	86	210
181	84	212
182	83	213
183	81	215
184	80	216
185	79	217
186	78	218
187	77	219
188	76	220
189	76	220
190	75	221
191	73	223
192	71	225
193	70	226
194	68	228
195	67	229
196	65	231
197	64	232
198	63	233
199	62	234
200	60	236
201	58	238
202	57	239
203	56	240
204	54	242

205	53	243
206	52	244
207	51	245
208	50	246
209	48	248
210	47	249
211	46	250
212	45	251
213	45	251
214	43	253
215	41	255
216	41	255
217	40	256
218	38	258
219	37	259
220	36	260
221	35	261
222	33	263
223	31	265
224	30	266
225	28	268
226	27	269
227	26	270
228	24	272
229	23	273
230	22	274
231	20	276
232	19	277
233	18	278
234	16	280
235	15	281
236	15	281
237	14	282
238	12	284
239	11	285
240	9	287
241	8	288
242	7	289
243	7	289
244	6	290
245	5	291
246	3	293
247	2	294
247.27	0	296

ÖZGEÇMİŞ

Bülent AÇIL, 04.07.1978 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlköğretimini Tekirdağ Çorlu ve Kastamonu Taşköprü'de, Ortaöğretimini İzmir Selçuk'ta, Lise Öğretimini de Elazığ'da tamamladı. 2001 yılında Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO. Harita Kadastro Teknikeri bölümünü, 2015 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesini, 2017 yılında Atatürk Üniversitesi Tıbbi Sekreterlik bölümünü bitirdi. 1998 yılında İnşaat sektöründe başladığı meslek hayatında yöneticilik ve eğiticilik yaptı. 2010 yılında eğitim ve danışmanlık hizmetleri vermek üzere kendi şirketini kurdu. 2010 yılından bu yana Avrupa Birliği Projelerine ve firmalara çeşitli konularda eğitim ve danışmanlık hizmetleri sunmaktadır. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın Güvenliği ve Yangın Bölünde Yüksek Lisans yapmakta ve Tez aşamasındadır. Ayrıca 2019 yılında e-ticaret konusunda çalışmalar yürütmeye başlamıştır. Şu anda halen "Andem Eğitim ve Danışmanlık" markası ile Eğitim ve Danışmanlık sektöründe, "sizinordan" markası ile de e-ticarete yer almaktadır.