



## Simulation-Based analysis of evacuation performance for assembly buildings in accordance with the Turkish fire regulation

Muhsin Selçuk Satır\*<sup>ID</sup>, Abdurrahman Yağmur Topraklı<sup>ID</sup>

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Gazi University, 06570, Ankara, Türkiye

### Highlights:

- Occupant load plays a decisive role in the evacuation time.
- Exit width per person in the regulation is more than necessary to maintain the same conditions.
- An overreliance on prescriptive definitions can negatively impact the effectiveness of the design.

### Keywords:

- Evacuation
- Fire regulation
- Simulation
- Performance-based design
- Prescriptive design

### Article Info:

Research Article

Received: 12.04.2023

Accepted: 26.11.2023

### DOI:

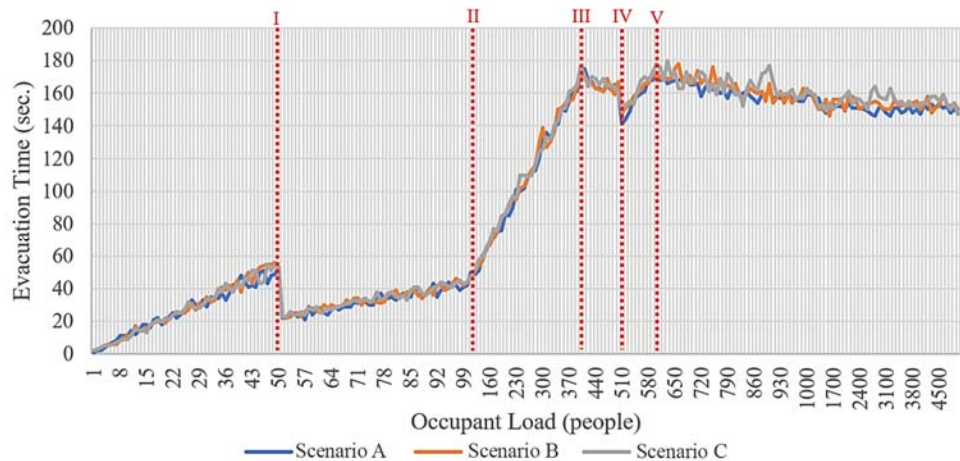
10.17341/gazimmfd.1281882

### Correspondence:

Author: Muhsin Selçuk Satır  
e-mail:  
muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr  
phone: +90 543 940 7520

### Graphical/Tabular Abstract

This research scrutinizes the evacuation durations for an array of 230 sub-scenarios, spanning across three categories of high-intensity usage (0.5 m<sup>2</sup>/person, 1.0 m<sup>2</sup>/person, and 1.5 m<sup>2</sup>/person) as stipulated in the regulations. Figure A depicts a linear progression interspersed with sudden fluctuations at distinct thresholds (I, II, III, IV, V). Notably, abrupt shifts transpire at the 50- and 100-person marks, persisting at the 400-, 500-, and 600-person intervals. The findings indicate an excess in the exit width per person according to Turkey's fire regulations and unveil enhanced evacuation times post certain thresholds. This underscores the necessity for dynamic modifications to the exit capacity as the number of occupants escalates.



**Figure A.** Occupant Load/Evacuation Time Graph Obtained from the Simulation Study in 230 Sub-Scenarios of Scenarios A, B and C

**Purpose:** The primary aim of this research is to critically examine Turkey's "Regulation on Fire Protection of Buildings" employing a prescriptive approach with a specific emphasis on the evacuation time parameters for assembly buildings.

**Theory and Methods:** Simulations were executed to gauge evacuation performance, considering the regulation's most stringent occupant load stipulations. A comprehensive analysis was carried out on three categories of assembly purposes (scenarios A, B, and C), encompassing a total of 690 sub-scenarios, utilizing the Pathfinder program.

**Results:** The results underscore that the occupant load significantly impacts the evacuation time. Furthermore, it was observed that the exit width per person, as specified in the regulation, slightly exceeds the actual requirement. The minimum evacuation times were ascertained for assembly classes accommodating the highest occupant loads.

**Conclusion:** The study advocates for prospective regulatory amendments to integrate performative definitions in conjunction with prescriptive ones. This would pave the way for performance-based analyses and offer normative flexibility. When implemented by skilled professionals, such an approach can circumvent potential design limitations.



## Türkiye yangın yönetmeliğine göre toplanma amaçlı yapıların tahliye performansının simülasyon tabanlı analiz edilmesi

Muhsin Selçuk Satır\*<sup>ID</sup>, Abdurrahman Yağmur Topraklı<sup>ID</sup>

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye

### Ö N E Ç I K A N L A R

- Kullanıcı yükü tahliye süresi üzerinde belirleyici bir etkendir
- Yönetmelikteki kişi başına düşen çıkış genişliği, aynı şartların korunması için gerekenden fazladır
- Kuralcı tanımlara aşırı bağımlılık, tasarımın etkinliğini olumsuz etkileyebilir

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 12.04.2023

Kabul: 26.11.2023

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1281882

### Anahtar Kelimeler:

Tahliye,  
yangın yönetmeliği,  
simülasyon,  
performans tabanlı tasarım,  
kuralcı tasarım

### ÖZ

Bu çalışma, "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" kapsamında belirlenen standartların tahliye süresi üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Yönetmeliğin getirdiği sınırlamalar çerçevesinde toplanma amaçlı yapıların tahliye süresi performansı ölçülmüştür. Yönetmeliğin en yoğun kullanıcı yükü tanımını içerecek şekilde üç farklı toplanma amaçlı yapı sınıfı analiz edilmiştir. Farklı kullanıcı sayılarına sahip 230 alt senaryodan oluşan A, B ve C senaryoları oluşturulmuş ve toplamda 690 farklı alt senaryo analiz edilmiştir. Senaryolar, Pathfinder programı ile analiz edilmiştir. Bulgular, kullanıcı yükünün tahliye süresi üzerinde belirleyici bir etken olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yönetmeliğin belirttiği kişi başına düşen çıkış genişliği, aynı şartların korunması için gerekenden fazla olduğu görülmüştür. Yönetmeliğin en yoğun kullanıcı yükü tanımına sahip üç farklı toplanma yapısının yangın yönetmeliğine uygun bir binada sağladığı minimum tahliye süresi (RSET) değerleri belirlenmiştir. Daha kısa tahliye sürelerinin elde edilebilmesi için, yönetmeliğin belirlediği sınırlardan daha geniş çıkış kapasitesi sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Çalışmanın bulguları, yönetmeliğin ileride yapılacak düzenlemelerde performans tabanlı tanımlamalara yer verilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma, performans tabanlı analizlerin önemini vurgulayarak, kuralcı tanımların aşırı kullanımının tasarım sürecinde kısıtlamalara yol açabileceğini ve bu durumun tasarımın etkinliğini olumsuz etkileyebileceğini belirtmektedir.

## Simulation-Based analysis of evacuation performance for assembly buildings in accordance with the Turkish fire regulation

### H I G H L I G H T S

- Occupant load plays a decisive role in the evacuation time
- Exit width per person in the regulation is more than necessary to maintain the same conditions
- An overreliance on prescriptive definitions can negatively impact the effectiveness of the design

### Article Info

Research Article

Received: 12.04.2023

Accepted: 26.11.2023

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1281882

### Keywords:

Evacuation,  
fire regulation,  
simulation,  
performance-based design,  
prescriptive design

### ABSTRACT

This study analyzes the impact of the standards determined within the Turkish "Regulation on Fire Protection of Buildings" scope on evacuation time. The evacuation performance of assembly-purpose structures was measured within the limitations imposed by the regulation. Three classes of assembly-purpose structures were analyzed, including the definition of the highest user load in the regulation. Scenarios A, B, and C, consisting of 230 sub-scenarios with varying user numbers, were created, resulting in a total of 690 different sub-scenarios being analyzed. The scenarios were analyzed using the Pathfinder program. The findings indicate that the user load is a decisive factor in evacuation time. Additionally, the exit width per person specified in the regulation was observed to be larger than necessary to maintain the same conditions. Minimum Required Safe Egress Time (RSET) values were determined for the three different assembly structures with the highest user load definition in the regulation within a fire regulation-compliant building. It was concluded that the exit capacity should exceed the limits set by the regulation to achieve shorter evacuation times. The study's findings demonstrate the need to include performance-based definitions in future amendments to the regulation. This study emphasizes the significance of performance-based analyses to underscore that overreliance on prescriptive definitions can impose limitations during the design process, negatively affecting efficiency.

\*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : \*muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr, toprakli@gazi.edu.tr / Tel: +90 543 940 7520

## 1. Giriş (Introduction)

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 124. maddesine göre yönetmelikler "Cumhurbaşkanı, bakanlıklar ve kamu tüzelkişileri, kendi görev alanlarını ilgilendiren kanunların ve Cumhurbaşkanlığı kararnamelerinin uygulanmasını sağlamak üzere ve bunlara aykırı olmamak şartıyla" çıkarılan yazılı hukuk kurallarıdır [1]. Türkiye yangın yönetmeliği "kamu kurum ve kuruluşları, özel kuruluşlar ve gerçek kişilerce kullanılan her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin, tasarımı, yapımı, işletimi, bakımı ve kullanımı safhalarında çıkabilecek yangınların en aza indirilmesini ve herhangi bir şekilde çıkabilecek yangının can ve mal kaybını en aza indirerek söndürülmesini sağlamak üzere, yangın öncesinde ve sırasında alınacak tedbirlerin, organizasyonun, eğitimin ve denetimin usul ve esaslarını belirlemek" amacıyla çıkarılmıştır [2]. İlk olarak 2002 yılında "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" adıyla çıkarılan yönetmeliğin şu anda 2007 yılında çıkarılan versiyonu kullanılmaktadır. Bu versiyonda 2009, 2012, 2015, 2017, 2018, 2020, 2021 yıllarında küçük değişiklikler yapılmıştır.

Yönetmelik yazımında izlenen iki genel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan biri kuralcı veya normatif yaklaşım (prescriptive), diğeri ise performans tabanlı (performance based) yaklaşımdır. Kuralcı yaklaşım, geçmiş 19. yy'a kadar giden ve kanuna, yönetmeliğe uyumu kolay kontrol edebilmek amacıyla spesifik tanım ve sınırlılıkların getirildiği bir yaklaşımdır [3]. Bu yaklaşımda hem kural koyucuların hem de uygulayıcıların gereklilikleri uygulaması ve takip edebilmesi göreceli olarak kolaydır. Ancak uygulayıcıların herhangi bir projede kuralcı yaklaşımı körü körüne uygulaması, projenin gerçekten güvenlik şartlarını sağlayıp sağlamadığını düşünmeden tasarım yapmasını sağlayabilmektedir [3]. Bu durumda yönetmeliğe uygun olduğu halde yangın güvenliği açısından zayıflıkları bulunan bir bina tasarlanabilmektedir. Bunun yanında, kural koyucuların kendilerini garantiye alma içgüdüleri ile aşırı korumacılığa yönelmeleri de kaynak israfına sebep olmaktadır [3]. Bu durumun önlenmesi için bir yöntem, yönetmeliklerde performatif standartlara başvurulmasıdır. Binaların tasarım aşamasında belli tahliye süresi sınırlarının sağlanması, bu performatif standartlardan biri olabilir. Bu çalışma bu bağlamda yangın yönetmeliğinin kuralcı yaklaşımla getirdiği minimum tahliye sürelerini tespit etmeyi amaçlamaktadır.

Her bir bina elemanının sahip olması gereken standartları belirterek güvenli bir tahliye sağlamayı amaçlayan kuralcı yaklaşımların yanında, performans tabanlı yaklaşım daha esnek tasarıma imkân vererek ve özel durumlarda normatif sınırlar içine hapsolmayı engelleyerek alternatif çözümler bulunmasına imkân sağlamaktadır [4]. Performans tabanlı yaklaşımla hazırlanan standart ve yönetmelikler, son teknoloji ile hazırlanmış model ve uygulamaların kullanılmasını sağlamakta ve teşvik etmektedirler [5]. Performans tabanlı yaklaşım, kuralcı yaklaşıma bir alternatif değil bir yardımcı olarak düşünülmelidir. Bu çalışmada, kuralcı (prescriptive) yaklaşımla hazırlanmış olan "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" [2]'in getirdiği tanımlayıcı/sınırlayıcı standartların tahliye süresi bağlamında performatif sonuçlarının analiz edilerek kritik edilmesi amaçlanmıştır. Yönetmeliğin ilk versiyonunda [6] ahşap binalar için 2 dk. kagir yapılar için 3 dk. tahliye süresi sınırlaması bulunmakta ancak bunun bütün yapılarda sağlanamayacağı anlaşılmış olmalıdır ki bu madde daha sonraki versiyonunda kaldırılmıştır. Güncel versiyonda [2] tahliye süresi sınırı veya tavsiyesi bulunmamakta, bunun yerine çıkış genişlikleri, çıkış sayısı, kullanıcı yükü, çıkış kapasitesi gibi tanımlar yapılarak binanın bu tanımlara uygun şekilde tasarlanması beklenmektedir. Literatür ve gelişmiş olan ülkelerin yönetmelikleri incelendiğinde, bazıları performans tabanlı bir yaklaşım izleyerek binanın belli bir sürede tahliye edilmesini zorunlu kılarken, bazı yönetmeliklerde

tahliye süresi hesabı için modeller verilmiş ve bu modele göre tahliye hesabı yapılması beklenmiştir. Ülkemiz yönetmeliği gibi normatif yönetmelikler ise sadece belli şartların sağlanması ile güvenli tahliye gerekliliklerini kontrol etmektedir.

Güvenli tahliyenin sağlanabilmesi için en büyük etkenlerden birisi tahliye süresidir. Tahliye Süresi terimi, 1917 yılında Ulusal Yangından Korunma Derneği (National Fire Protection Association) Komitesi tarafından "maximum emptying time" adıyla ile ortaya çıkmıştır [7]. 1911 yılında Birleşik Krallık'taki bir tiyatro yangınından elde edilen sonuçlar ışığında hazırlanan bir yönetmeliğe göre uzun yıllar 2,5 dakikalık bir tahliye süresinin yeterli olacağı kabul edilmiştir [7]. Brown da çalışmasında Birleşik Krallık yangın yönetmeliğinin genel amacının katın 2,5 dakikada boşaltılması olduğundan bahsetmektedir [8]. Türkiye'de yangın yönetmeliğinin 2002 versiyonunun [6] 32. maddesinde, kagir yapıların tahliye süresi 3 dakika, ahşap yapıların ise 2 dakika olarak belirlenmiştir. 2007 versiyonunda [2] ise bu ifade kaldırılmıştır. Hollanda yönetmeliği Bouwbesluit'e göre ise binada kompartıman tahliye süresi maksimum 1 dakika olmalı, binanın total tahliye süresi ise 15 dakikayı geçmemelidir [9, 10]. Japon [11, 12] ve Tayvan [13] yangın yönetmeliklerine göre ise tahliye süresinin teorik olarak hesaplanmasında kullanılmak üzere aşağıdaki formüller (Eş. 1- Eş. 4) verilmiştir. Buna göre tahliye süresinin üç bileşeni ( $t_{start}$ ,  $t_{travel}$  ve  $t_{queue}$ ) tanımlanmıştır.  $t_{start}$  için net kat alanının karekökü 30'a bölünmekte ve 3 eklenerek tahliye başlama süresi bulunmaktadır.  $t_{travel}$  için herhangi bir noktadan çıkışa olan en büyük uzaklık, yürüme hızına bölünmektedir.  $t_{queue}$  ise kullanıcı yoğunluğu ile alanın çarpımının, efektif akış katsayısı ile çıkış genişliği çarpımına bölünmesi ile elde edilmektedir.

$t_{required}$	: Güvenli Tahliye İçin Gereken Süre (Required Safe Egress Time)
$t_{start}$	: Evacuation Start Time (Tahliyenin Başlama Süresi)
$t_{travel}$	: Yürüme Süresi (Walking Time)
$t_{queue}$	: Bir Çıkış Önünde Sıra Bekleme Süresi (Time Spent Queuing To Go Through An Exit)
$A$	: Net Kat Alanı (Total Floor Area)(m <sup>2</sup> )
$l_i$	: Herhangi Bir Noktadan Çıkışa Olan En Büyük Uzaklık (Distance From Any Point To The Closest Exit)
$N_{eff}$	: Efektif Akış Katsayısı (Effective Flow Coefficient)
$B_{st}$	: Çıkış Genişliği (Width of Exit)
$V$	: Yürüme Hızı (Walking Speed)
$\rho$	: Kullanıcı Yoğunluğu (Occupant Density)

$$t_{required} = t_{start} + t_{travel} + t_{queue} \quad (1)$$

$$t_{start} = \frac{\sqrt{\sum A}}{30} + 3 \quad (2)$$

$$t_{travel} = \max \frac{l_i}{v} \quad (3)$$

$$t_{queue} = \frac{\sum \rho A}{\sum N_{eff} B_{st}} \quad (4)$$

Tahliye konusu, ülkemizde özellikle yangınla bağdaşmış durumdadır. Fakat yangın haricinde tahliye gerektirecek birçok (silahlı saldırı, terör saldırıları, sel, tsunami, fırtına, kimyasal sızıntı, deprem, heyelan, nükleer sızıntı, volkan patlaması gibi birçok insan ve doğa kaynaklı mikro ve makro ölçekte tahliye gerektiren) durum bulunmaktadır. Bu durumların her biri kendi özel tahliye parametreleri çerçevesinde özel planlamalara ihtiyaç duyar. Tahliye genellikle normal ve acil durum tahliyesi olmak üzere iki alanda incelenmektedir. Acil durum tahliyesi, spesifik bir acil durumda bina kullanıcılarının güvenli bir şekilde çıkışa ulaştırılmalarını incelerken

normal tahliye, acil durum etkisi ile oluşan panik ortamını çalışma dışı bırakarak binanın tahliye bileşenlerinin verimliliklerinin analiz edilmesini amaçlar. Tahliye konusu, Türkiye’de yangın yönetmeliği altında irdelendiği için bu çalışma yangın yönetmeliği üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak çalışmada yangın tahliyesi değil normal tahliye üzerine analizler yapılmıştır.

Kuralcı bir yönetmelik olan Türkiye yangın yönetmeliğinin getirdiği tanımlayıcı/sınırlayıcı standartların performatif sonuçlarının tahliye süresi bağlamında analiz edilmesini amaçlayan bu çalışma, yangın yönetmeliğine uygun tasarlanmış bir binadan beklenmesi gereken minimum tahliye süresini tespit etmektedir. Çalışma, bu yönüyle yangın yönetmeliğine getirilecek performatif düzenlemelerde kullanılacak veriler sunmaktadır. Bu çalışma 4 ana bölümden oluşmaktadır. 2. bölümde yangın yönetmeliğinin tahliye süresine etkileyen tanımları verilmiş ve çalışma kapsamında izlenen simülasyon analizinin metodu açıklanmıştır. 3. bölümde simülasyon çalışmaları sonucu elde edilen bulgular özetlenmiştir. 4. bölümde ise çalışmanın sonuçları tartışılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot (Material and Method)

Bu çalışmada, kuralcı bir yönetmelik olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik [2]’in getirdiği tanımlayıcı/sınırlayıcı standartların performatif sonuçlarının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Yönetmeliğin getirdiği sınırlılıkların tanımlanması ile yapılan simülasyonlar sonucu, yönetmeliğin toplanma amaçlı yapılar sınıfına dair tahliye süresi performansı ölçülmüştür. Bu bağlamda yönetmelikteki en yoğun kullanıcı yükü tanımını içeren 3 farklı toplanma amaçlı sınıfın analiz edilmesi amaçlanmıştır. Kullanıcı yükü en fazla olan üç kullanım sınıfının ele alınmasının sebebi, bu alanlarda sınırlı alanda büyük kullanıcı sayısına ulaşılması ve bu kalabalığın tahliyesinin daha riskli olmasıdır. Çalışma kapsamında ele alınan bu sınıflar, yönetmeliğin Ek 5/A bölümünün 1. ve 2. maddesinde tanımlanan kullanım sınıflarıdır. Yönetmeliğin 2. maddesinde “Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler”; “Oturulan kısımlar” ve “Ayakta durulan kısımlar” olmak üzere iki kısımda incelenmiş ve kullanıcı yükü katsayısı sırasıyla 1,0 m<sup>2</sup>/kişi ve 0,5 m<sup>2</sup>/kişi olarak tanımlanmıştır. 1. maddede ise “Konferans salonu, çok amaçlı salonlar (balo vs.), lokanta, kantin, bekleme salonları, konser salonları, sinema ve tiyatro salonları,

topluma açık stüdyo, düğün salonu vb.” için 1,5 m<sup>2</sup>/kişi tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen bu 3 kullanım sınıfı, Senaryo A (Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler-Ayakta durulan kısımlar), Senaryo B (Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler-Oturulan kısımlar) ve Senaryo C (Konferans salonu, çok amaçlı salonlar ...) olmak üzere 3 ayrı senaryoda incelenmiştir.

Yangın yönetmeliğimizin en yoğun 3 kullanım sınıfı tanımının performatif durumunu analiz etmek için seçilen bu 3 sınıf, aşağıda Tablo 1’de verildiği şekilde kurgulanmış ve simülasyonlar modellenmiştir. Tabloda da görüldüğü üzere her bir senaryo için kullanıcı yükünün 1 kişiden 5000 kişiye kadar farklı aralıklardaki değerleri ile simülasyon modelleri kurulmuştur. 1 kişiden 100 kişiye kadar olan senaryolarda 1’er kişilik artışlarla, 100 kişi ile 1000 kişi arasında 10’ar kişilik artışlarla ve 1000 kişi ile 5000 kişi arasında ise 100’er kişilik artışlarla alt senaryolar oluşturulmuştur. Böylece A, B ve C senaryolarının her birinin 230 alt senaryosu oluşturulmuş ve toplamda 690 farklı alt senaryo incelenmiştir. Bu senaryoların her biri, yangın yönetmeliği tarafından getirilen ve aşağıda verilecek olan sınırlılıklar kapsamında modellenmiştir. Çalışmada ele alınan senaryolar Pathfinder simülasyon modeli kullanılarak analiz edilmiştir [14]. Bu mikroskobik model, modellenen tüm bina kullanıcılarına ayrı birer yol tanımlayabilmekte, bu yönüyle makroskobik modellerden pozitif ayrışmaktadır. Ayrıca Pathfinder, oyunlarda kullanılmak üzere insanın yürüme ve yön bulma davranışlarını kapsamlı şekilde modellemiş olan Steering Model [15]’i kullanarak insanlara gerçekçi çıkış rotaları tanımlayabilmektedir.

Yangın yönetmeliğinin tahliye bağlamında en başta gelen sınırlılıklarından biri kullanıcı yükü katsayısıdır. Yönetmeliğin Ek 5/A bölümünde verilen bu katsayılar kullanıcı yükü belli olan bir mekânın sahip olması gereken minimum alanı tanımlamaktadır. Çalışma kapsamına alınan 3 sınıf için bu ölçüler, mekânın net ölçüleri üzerinden hesaplanır ve Senaryo A için 0,5 m<sup>2</sup>/kişi, Senaryo B için 1,0 m<sup>2</sup>/kişi ve Senaryo C için 1,5 m<sup>2</sup>/kişi olarak tanımlanmıştır (Eş. 5- Eş. 7). A, B ve C sınıflarının her biri için oluşturulan 230’ar alt senaryoda mekânın net alanı, ilgili kullanıcı yükü katsayısı ile kullanıcı sayısının çarpılmasıyla bulunmuştur. Çalışma kapsamında incelenen 690 senaryonun tamamında mekanlar kare olacak şekilde tasarlanmıştır.

**Tablo 1.** Senaryo A, B ve C’nin Alt Senaryolarının Kurgulanışı (Setting up the Sub-Scenarios of Scenarios A, B, and C)

Senaryo A			Senaryo B			Senaryo C		
Senaryo No	Kişi Sayısı	Artış Sayısı	Senaryo No	Kişi Sayısı	Artış Sayısı	Senaryo No	Kişi Sayısı	Artış Sayısı
A1	1		B1	1		C1	1	
A2	2		B2	2		C2	2	
...		1'er Kişi Artış	...		1'er Kişi Artış	...		1'er Kişi Artış
A99	99		B99	99		C99	99	
A100	100		B100	100		C100	100	
A101	110		B101	110		C101	110	
...		10'ar Kişi Artış	...		10'ar Kişi Artış	...		10'ar Kişi Artış
A189	990		B189	990		C189	990	
A190	1000		B190	1000		C190	1000	
A191	1100		B191	1100		C191	1100	
...		100'er Kişi Artış	...		100'er Kişi Artış	...		100'er Kişi Artış
A229	4900		B229	4900		C229	4900	
A230	5000		B230	5000		C230	5000	

Dolayısıyla mekânın sahip olması gereken minimum net alanının karekökü alınarak bir kenar uzunluğu bulunmuştur. Mekanlarda tefrişat bulunmayacak şekilde (içi boş mekanlar olarak) tasarlanmıştır. Mekânın kullanıcı sayısı ve net alanının bulunmasından sonra çıkış kapasitesinin hesaplanması gerekmektedir (Eş. 8). Ardından çıkış genişlikleri ve sayısının bulunması gerekmektedir. Bunun için yangın yönetmeliğinde birçok sınırlılık bulunmaktadır. Yönetmeliğin 33. maddesinde, çıkış genişliğinin hiçbir durumda 80 cm'nin altında olamayacağından bahsedilmektedir (Eş. 9). Aynı maddede, kullanıcı yükünün 50 kişiyi aşması halinde çıkış genişliğinin en az 100 cm olması gerektiği belirtilmektedir (Eş. 10). Yönetmelikte, çıkış genişlikleri için alt sınır getirildiği gibi üst sınır da bulunmaktadır. Bu sınır 200 cm olarak belirlenmiştir (Eş. 11).

İlgili mekânın çıkış sayısı ve genişlikleri hakkındaki sınırlılıklar, yönetmeliğin Ek 5/B bölümünde tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen toplanma amaçlı yapılar için birim genişlik için kişi sayısı, 100 kişi olarak belirlenmiştir. Birim genişlik ise yönetmeliğin 32. maddesinin 2. kısmında 50 cm olarak tanımlanmıştır. Bu durumda toplanma amaçlı binalar için 50 cm'nin 100 kişiye bölünmesi ile 0,5 cm/kişi çıkış kapasitesi tanımlanmıştır. Bu durumda binada kişi başına düşen çıkış genişliği en az 0,5 cm olacak şekilde hesap yapılmalıdır (Eş. 12). Dolayısıyla mekânın toplam çıkış kapasitesi; kullanıcı yükü ile çıkış kapasitesi katsayısının çarpımı ile bulunmaktadır. Çıkış kapasitesinin 200 cm'yi geçtiği durumlarda ek bir çıkış yapılarak çıkış genişliği üst sınırı olan 200 cm'nin aşılmaması sağlanır. Yönetmeliğin 39. maddesinde ve Eş. 13- Eş. 16'da görüldüğü üzere kullanıcı sayısı 1-50 arasındayken tek çıkış yeterli olurken 51-500 kişi arası için en az iki çıkış, 501-1000 kişi arası için en az üç çıkış ve 1000 kişi üzerinde en az dört çıkış gerekmektedir.

Yangın yönetmeliğinde ayrıca yangınlarda yayılım hızını azaltmak ve bina kullanıcılarının güvenli bölgelere ilerleyerek binayı güvenle terk edebilmeleri amacıyla binaların kompartımanlara ayrılması zorunlu kılınmıştır. Çalışma kapsamında incelenen toplanma amaçlı mekanların kompartıman alanları yangın yönetmeliğin Ek 4 bölümünde verilmiştir [2]. Buna göre mekânın, 4000 m<sup>2</sup>'nin üzerinde olmayacak kompartımanlara ayrılması zorunlu kılınmıştır (Eş. 17). Senaryo A kapsamındaki 230 alt senaryonun hiçbirinde bu sınır aşılmadığı için kompartıman oluşturulmamıştır. Senaryo B'de son 10 senaryo, Senaryo C'de ise son 24 senaryoda 4000 m<sup>2</sup> aşıldığı için kompartıman oluşturulmuş ve ana mekân eşit iki parçaya bölünmüştür. Bu durumda çıkış sayısı çift olacak şekilde hesap yapılmış ve her iki kompartımana eşit sayı ve genişlikte çıkış sağlanmıştır. Yangın yönetmeliğinin 39. maddesinin 3. kısmında belirtildiği üzere çıkışların birbirinden mümkün olduğunca uzak olması gerekmektedir. Bu nedenle tüm çıkışlar birbirine eşit mesafede tasarlanarak en optimal sonuca ulaşılması amaçlanmıştır.

$W_E$  : Çıkış Genişliği (cm) (Exit Width (cm))  
 $C_E$  : Çıkış Kapasitesi (kişi) (Exit Capacity(person))  
 $N_E$  : Çıkış Sayısı (Number of Exits)  
 $L_O$  : Kullanıcı Yükü (kişi) (Occupant Load(person))  
 $A_N$  : Net Alan (m<sup>2</sup>) (Net Area (m<sup>2</sup>))  
 $F_{OL}$  : Kullanıcı Yükü Faktörü (m<sup>2</sup>/kişi) (Occupant Load Factor(m<sup>2</sup>/person))  
 $F_{EC}$  : Çıkış Kapasitesi Faktörü (cm/kişi) (Exit Capacity Factor(cm/person))  
 $B_A$  : "Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler";  
 "Oturulan kısımlar"  
 $B_B$  : "Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler";  
 "Ayakta durulan kısımlar"  
 $B_C$  : "Konferans salonu, çok amaçlı salonlar ve benzeri yerler"

$$\forall x \in B_A, F_{OL} = 0,5 \quad (5)$$

$$\forall x \in B_B, F_{OL} = 1,0 \quad (6)$$

$$\forall x \in B_C, F_{OL} = 1,5 \quad (7)$$

$$C_E = L_O \times F_{EC} \quad (8)$$

$$W_E \geq 80 \quad (9)$$

$$L_O > 50 \Rightarrow W_E \geq 100 \quad (10)$$

$$W_E \leq 200 \quad (11)$$

$$F_{EC} = 0,5 \quad (12)$$

$$L_O \leq 50 \Rightarrow N_E \geq 1 \quad (13)$$

$$51 \leq L_O \leq 500 \Rightarrow N_E \geq 2 \quad (14)$$

$$501 \leq L_O \leq 1000 \Rightarrow N_E \geq 3 \quad (15)$$

$$1001 \leq L_O \Rightarrow N_E \geq 4 \quad (16)$$

$$A_N \leq 4000 \quad (17)$$

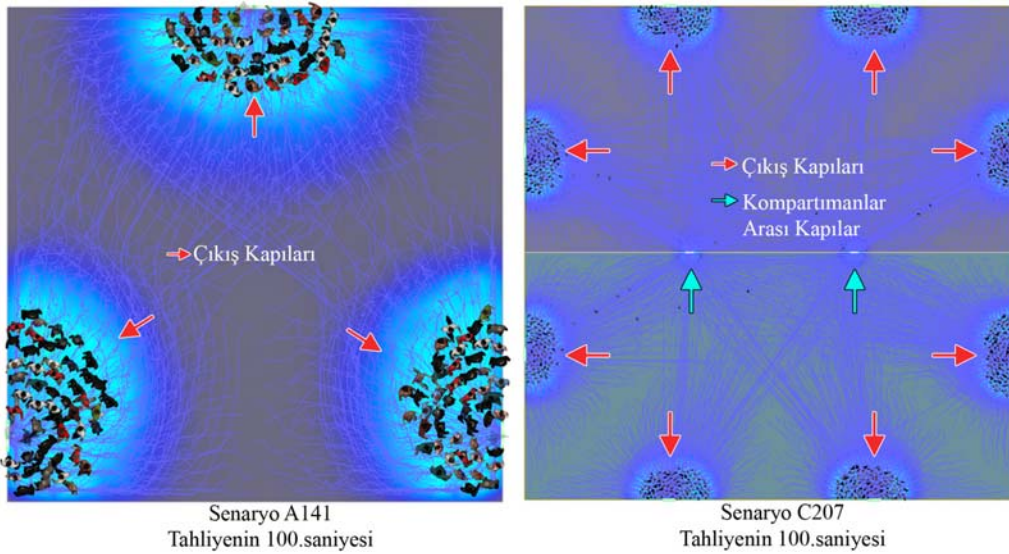
Şekil 1, oluşturulan 230 alt senaryodaki değişimleri özetlemektedir. Bu değişimler, Senaryo A, B ve C için ortak değişimlerdir. Bunun sebebi, çıkış genişliklerinin kullanıcı yükü katsayısı ile bağlantılı olmamasıdır. Görselde özetlenen değişikliklerin tek istisnası kompartıman alanları kaynaklı değişikliklerdir. Senaryo B'nin son 10 alt senaryosu ve Senaryo C'nin son 24 alt senaryosunda maksimum kompartıman alanının 4000 m<sup>2</sup> sınırını aşmasıyla mekânın 2 kompartımana ayrılması gerekmektedir. Bu noktadan sonra, bu alt senaryoların çıkış kapısı çift sayıda olacak şekilde kurgulanmıştır. Şekil 2, A141 ve C207 senaryosunun 100. saniyedeki tahliye durumunu göstermektedir. Kompartımanlı senaryolardan biri olan C207 (Şekil 2) senaryosunda görüldüğü üzere, mekân tam ortadan ikiye bölünerek 2 ayrı kompartımana ayrılmıştır. Kompartımanlar arasında 2 adet 100 cm'lik kapı ile geçiş sağlanmıştır. Dış alana açılan çıkışlar ise her iki alanda eşit tahliyenin sağlanabilmesi adına çift sayıda olacak şekilde düzenlenmiştir. Örneğin Senaryo B220'de 10 adet 200 cm'lik çıkış ile kapı çıkış genişliği sınırı olan 200 cm'ye ulaşıldığı için bir sonraki senaryoda kapı sayısının artırılması gerekmektedir. Bu durumda Senaryo B221'de kapı gereken toplam çıkış genişliği 2050 cm olduğu için 2050/11=186,36 cm genişlikte 11 adet çıkış bulunması gerekmektedir. Her iki kompartımanda eşit şartları oluşturabilmek için çift çıkış yerleştirileceğinden 2050/12=170,83 cm genişliğinde 12 adet çıkış verilmiştir.

### 3. Bulgular (Results)

Çalışma kapsamında elde edilen simülasyon bulguları bu bölümde incelenmiştir. Her 3 senaryo için hazırlanan 230'ar alt senaryonun tahliye süreleri Şekil 3'te derlenmiştir. Grafik incelendiğinde her 3 senaryoda da belli yerlerde doğrusal değişimler gözlenirken bazı noktalarda ani iniş çıkışlar olduğu gözlenmektedir. Yönetmelikte belirtilen sınırlılıkların geçiş noktalarında gözlenen bu değişimler, Şekil 3'te kırmızı kesikli çizgiler ile gösterilmiştir. Görüldüğü üzere ilk ani değişim kullanıcı yükünün 50 kişiyi geçmesiyle, ikinci değişiklik ise 100 kişinin geçilmesiyle oluşmaktadır. Bunları 400, 500 ve 600 kişi sınırları izlemektedir. İkinci bölümde bahsedildiği üzere 100 kişiye kadar 1'er kişi, 1000 kişiye kadar 10'ar kişi ve 5000 kişiye kadar 100'er kişilik artışla oluşturulan simülasyonların daha kolay değerlendirilebilmesi için 1-50 kişi arası Şekil 5'te, 51-100 kişi arası Şekil 5'te, 100-1000 kişi arası Şekil 6'da, 1000-5000 kişi arası ise Şekil 7'de ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

Senaryo No	Açıklama	Senaryo No	Açıklama	
1	1-50 arasında her senaryoda 80 cm'lik kapı bulunduğu için çıkışta bir fazlalık bulunmaktadır. 80 cm çıkış genişliği $80/0,5=160$ kişilik kapasitededir. Kişi sayısı 50'ye yaklaşıpça fazlalık azalmaktadır.(A, B ve C)	200	5 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 6'ya çıkmıştır. (A, B ve C)	
2		201	6 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 7'ye çıkmıştır. (A, B ve C)	
50		204		
51		50 kişinin aşılmasıyla beraber çıkış sayısı 2'ye çıkmakta ve çıkış genişliği 100 cm'ye çıkmaktadır. 2 adet 100 cm'lik çıkış, $(2*100)/0,5=400$ kişilik kapasiteye sahiptir. (A, B ve C)	205	C senaryosunda buradan itibaren kompartıman gerektiği için kapılar her bir kompartımana birer tane olacak şekilde çiftler çiftler artırılmıştır. (Sadece C)
100		100 kişiden itibaren senaryolar arası kişi artışı 10'a çıkmaktadır.(A, B ve C)	206	
101	101	207		
130	400 kişiye ulaşılmasıyla beraber 100 cm'lik kapılar genişlemeye başlamaktadır. (A, B ve C)	208	7 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 8'e çıkmıştır. (A ve B)	
131		131		
140	500 kişinin aşılmasıyla beraber çıkış sayısı 3'e çıkmaktadır. (A, B ve C)	212	8 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 9'a çıkmıştır. (A ve B)	
141		141		
150	600 kişinin aşılmasıyla beraber 3 adet 100 cm'lik çıkışın kapasitesi tamamlanır ve çıkışlar genişlemeye başlamaktadır. (A, B ve C)	216	9 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 10'a çıkmıştır. (A ve B)	
151		151		
190	1000 kişinin aşılmasıyla birlikte çıkış sayısı 4'e çıkmış ve senaryolar arası kişi artışı 100'e çıkmıştır. (A, B ve C)	217	10 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 11'e çıkmıştır. B senaryosunda buradan itibaren kompartıman gerektiği için kapılar her bir kompartımana birer tane olacak şekilde çiftler çiftler artırılmıştır. (Sadece B)	
191		191		
196	4 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 5'e çıkmıştır. (A, B ve C)	220	11 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 12'ye çıkmıştır. (Sadece A)	
197		197		
		224	12 çıkışın da 200 cm genişliğe ulaşmasıyla birlikte çıkış sayısı 13'e çıkmıştır. (Sadece A)	
		225		
		228		
		229		
		230		

Şekil 1. Senaryo A, B ve C için Oluşturulan Alt Senaryolardaki Değişimler (Changes in Sub-Scenarios Created for Scenarios A, B, and C)



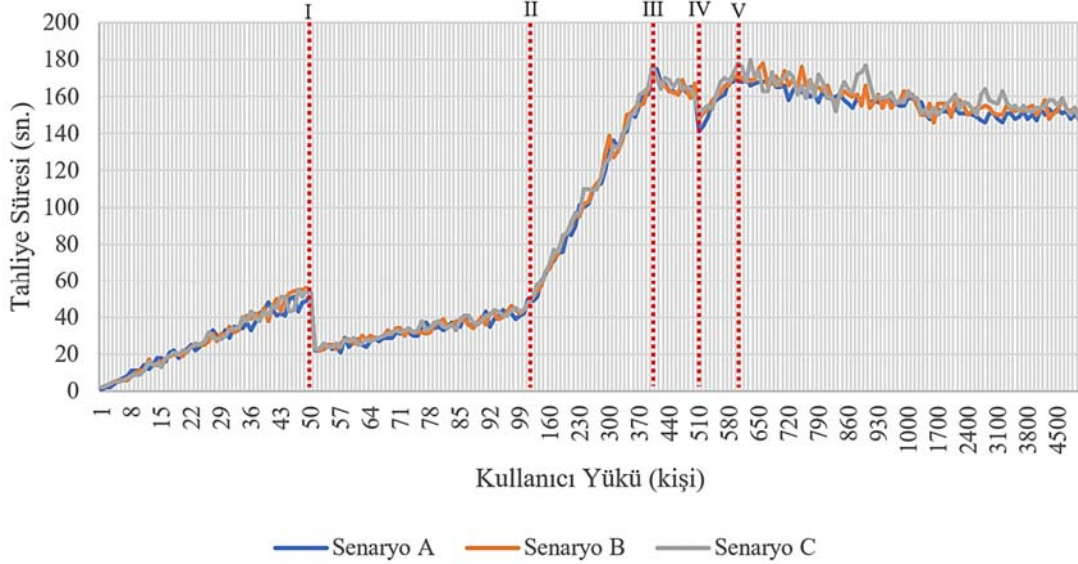
Şekil 2. Senaryo A141 ve C207'ye Ait Simülasyon Görseli-100. Saniye (Image from the Simulation of Scenario A141 and C207-100. Second)

A, B ve C senaryoları için, 1-50 kişi arası oluşturulan 50 alt senaryoya dair bulgular Şekil 4'te verilmiştir. Grafikte mavi çizgi Senaryo A'nın, turuncu çizgi Senaryo B'nin Gri çizgi ise Senaryo C'nin sonuçlarını göstermektedir. Her 3 senaryonun da oldukça benzer sonuçlar gösterdiği gözlenmektedir. Grafikte görülen noktali çizgi ise Senaryo A'ya ait doğrusal eğilim çizgisidir. Her üç senaryoda da benzer bir grafik görüldüğü için sadece Senaryo A'nın doğrusal eğilim çizgisi verilmiştir. Doğrusal eğilim denklemi, görüldüğü üzere  $y = 1,0057x + 1,2955$ 'dir. Dolayısıyla 1-50 kişi arası senaryolarda saniye cinsinden tahliye süresinin, kişi cinsinden kullanıcı sayısı ile neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

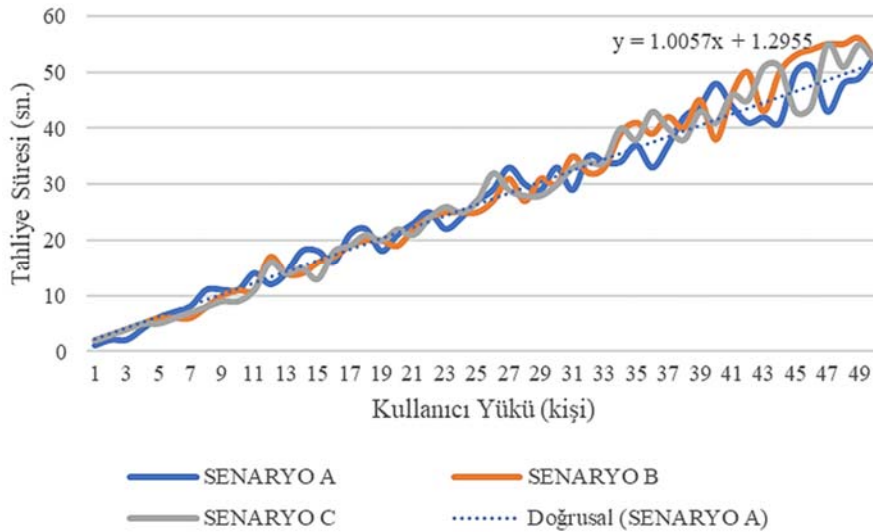
A, B ve C senaryolarının 51-100 kişi arasında oluşturulan 50 alt senaryosunun sonuçları Şekil 5'te derlenmiştir. Senaryo A'nın doğrusal eğilim çizgisinin denklemi  $y = 0,4194x + 21,705$  olarak belirlenmiştir. Her üç senaryoda da benzer bir grafik görüldüğü için sadece Senaryo A'nın doğrusal eğilim çizgisinin verilmiştir. Doğrusal eğilim denklemin eğimi, bize kullanıcı sayısındaki artışa bağlı tahliye süresi artış hızı hakkında fikir vermektedir. Şekil 4 ve Şekil 5'te

verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, 50 kişinin aşılmasıyla eklenen ikinci kapıya ek olarak kapı genişliklerinin 80 cm'den 100 cm'ye çıkması sonucunda kullanıcı sayısındaki artışa bağlı tahliye süresi artış hızının (doğrusal eğilim denkleminin eğiminin) yaklaşık %58 azaldığı anlaşılmaktadır.

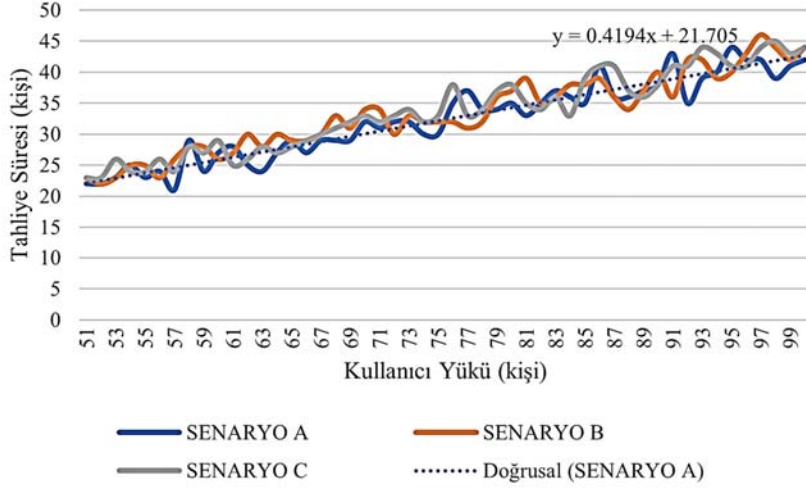
Şekil 3'te A, B ve C Senaryoları için Senaryo 100 ile Senaryo 190 arası alt senaryolara ait simülasyon sonuçları verilmiştir. Görüldüğü üzere her üç senaryo da benzer sonuçlar göstermektedir. Kırmızı kesikli çizgilerle gösterilen ayrımlar, daha önce de bahsedildiği üzere, tahliye sonuçlarındaki farklılaşmaları göstermektedir. II ile gösterilen çizgi, 1'er kişilik artıştan 10'ar kişilik artışa geçiş nedeniyle oluşmuştur. III noktasından itibaren çıkış genişliği, sınıra ulaşmakta ve 100'er cm genişlikteki iki çıkış genişlemeye başlamaktadır. Bu nedenle IV noktasına kadar tahliye süresinde bir azalma meydana gelmektedir. IV noktasında 500 kişinin aşılmasıyla çıkış genişliği 3'e çıkmakta ve çıkış kapasitesinde bir fazlalık oluşmaktadır. Bu nedenle tahliye süresinde ani bir düşüş olmaktadır. Bu noktadan itibaren kişi sayısının artmasıyla tahliye süresi artmaya devam etmektedir. IV



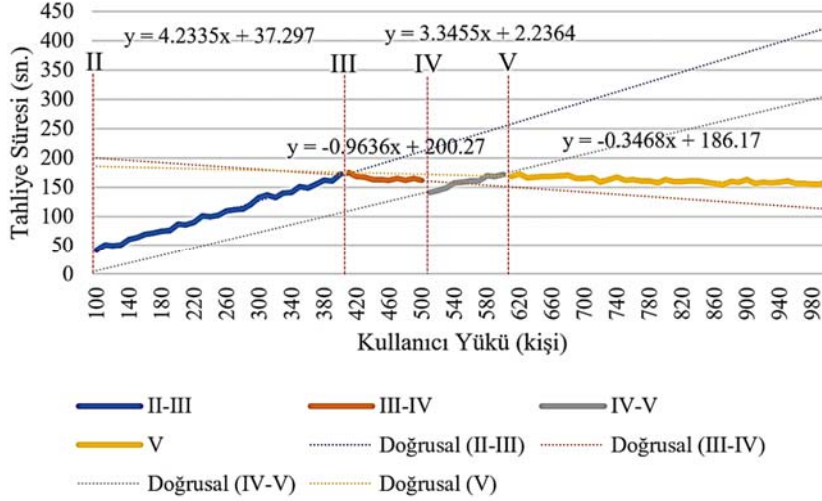
Şekil 3. Senaryo A, B ve C'nin 230 Alt Senaryosunda Simülasyon Çalışması Sonucu Elde Edilen Kullanıcı Yüğü/Tahliye Süresi Grafiği (Occupant Load/Evacuation Time Graph Obtained from the Simulation Study in 230 Sub-Scenarios of Scenarios A, B and C)



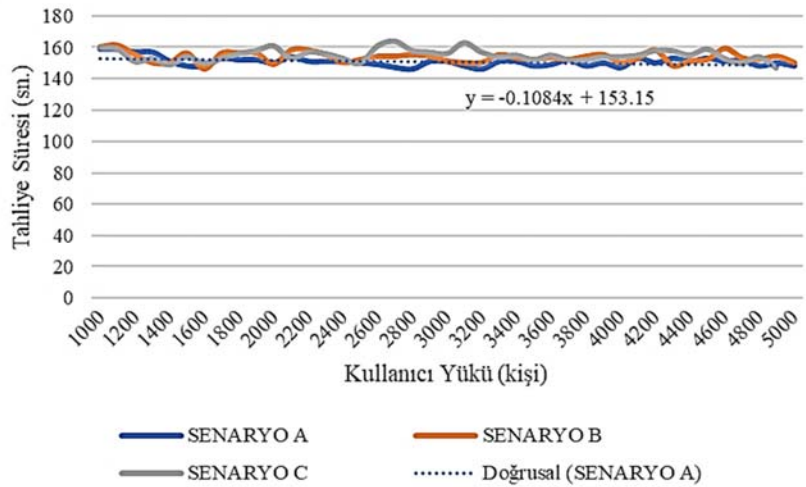
Şekil 4. Senaryo 1- Senaryo 50 Arası Tahliye Sonuçları (Evacuation Results of Scenario 1- Scenario 50)



Şekil 5. Senaryo 51- Senaryo 100 Arası Tahliye Sonuçları (Evacuation Results of Scenario 51- Scenario 100)



Şekil 6. Senaryo A100- Senaryo A190 Arası Simülasyon Sonuçları (Evacuation Results of Scenario 100- Scenario 190)



Şekil 7. Senaryo 190- Senaryo 230 Arası Simülasyon Sonuçları (Evacuation Results of Scenario 190- Scenario 230)

noktasından V noktasına kadar 3 çıkış ta 100'er cm genişlikte olup V noktasında çıkışlar kapasite noktasına ulaştığı için genişlemeye başlamaktadır. Bu noktadan sonra çıkış kapasitesinde fazlalık olmamaktadır. Dolayısıyla 600 kişiden sonra tahliye süresi yataya

başlamaktadır. Bu noktadan sonra çıkış kapasitesinde fazlalık olmamaktadır. Dolayısıyla 600 kişiden sonra tahliye süresi yataya



yakın da olsa hafif bir azalma eğilimi göstermektedir. Yukarıda Şekil 3'te görüldüğü üzere Senaryo A, B ve C'nin tahliye süresi değişimleri oldukça benzerdir. Bu nedenle bunlardan sadece biri (Senaryo A) ayrıntılı şekilde Şekil 6'da incelenmiştir. Şekil 6'de, yukarıda bahsedilen II, III, IV ve V ayrışım noktaları farklı renklerle gösterilmiş ve eğilim doğruları, denklemleriyle beraber verilmiştir. Senaryo 100- Senaryo 130 arası mavi renklerle gösterilmiş olup 4,2'lik bir eğimle artış durumunda olduğu gözlenmektedir. Senaryo 131- Senaryo 140 arası turuncu renklerle gösterilmiş olup -0,9'luk bir eğimle azalma durumunda olduğu gözlenmektedir. Senaryo 141- Senaryo 150 arası gri renklerle gösterilmiş olup 3,3'lük bir eğimle artma durumunda olduğu gözlenmektedir. Senaryo 151- Senaryo 190 arası ise sarı renklerle gösterilmiş olup -0,3'lük bir eğimle azalma durumunda olduğu gözlenmektedir.

1000 kişiden 5000 kişiye kadar olan 41 senaryoya ait sonuçlar Şekil 7'de derlenmiştir. Her üç senaryoda da benzer bir hareket gözlemlendiği için içlerinden bir tanesinin doğrusal eğilim çizgisi, denklemleriyle birlikte verilmiştir. Denklemde de görüldüğü üzere, tahliye süreleri küçük bir azalma eğilimiyle (-0,1'lik bir eğim) devam etmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bu çalışmada, Türkiye yangın yönetmeliği olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'in tahliye bağlamında getirdiği sınırlılıklar ile oluşturulan hipotetik senaryolar ile tahliye süresi performansının ölçülmesi amaçlanmıştır. Farklı kullanım sınıflarının performanslarını karşılaştırabilmek adına 3 adet kullanım sınıfı seçilmiştir. Bu kullanım sınıfları yönetmeliğin en yoğun kullanıcı yüküne sahip sınıfları olarak 0,5 m<sup>2</sup>/kişi, 1,0 m<sup>2</sup>/kişi ve 1,5 m<sup>2</sup>/kişi kullanıcı yükü katsayılarına sahiptirler. Yönetmeliğin getirdiği bu en yoğun 3 kullanım sınıfı için birer senaryo hazırlanmıştır. Hazırlanan 3 senaryoya, 1 kişiden başlayan ve 5000 kişiye kadar ilerleyen kullanıcı yükünün ele alındığı 230 alt senaryo hazırlanmıştır. Böylece 3 ana senaryo ve 690 alt senaryo elde edilmiştir. Her bir alt senaryoda sırasıyla şu aşamalar izlenmiştir. Öncelikle kullanıcı yükü belli olan alt senaryoda gereken net alan, kullanıcı yükü katsayısı ile çarpılarak bulunmuştur. Simülasyon programı Pathfinder ile bu alanı sağlayan mekân oluşturulmuştur. Ek-1'de verilen hesaplamalar ışığında gereken sayıda ve genişlikte kapı, odaya birbirine eşit uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kullanıcılar, odaya rastgele konumlandırılacak şekilde tanımlanmıştır. Ardından simülasyon işlemleri yapılarak sonuçlar derlenmiş ve bulgular Ek-1'de ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Çalışmanın sonuçlarından biri, yönetmelikte belirtilen kişi başına düşen çıkış genişliğinin aynı şartların korunması için gerekenden bir miktar fazla olduğudur. Çıkış kapasitesinin sınıra ulaştığı bir noktadan (Kırılma noktaları III ve V'te çıkış kapasiteleri sınıra ulaşmıştır. Bu noktalardan sonra kapı genişlikleri artmaya başlamıştır.) sonra mekâna eklenen her bir kişi için çıkış kapılarının bir miktar genişlemesi gerekmektedir. Bu genişleme miktarı, kişi sayısının artmasıyla senaryolar arası karşılaştırma yapıldığında tahliye süresini azaltıcı etkide bulunmaktadır. Kırılma noktası III ve V'ten sonra tahliye sürelerinin azaldığı görülmektedir. Elde edilen bulgulara göre alt senaryolar arasındaki tahliye süresi değişimi incelendiğinde her 3 senaryoda da 5 farklı kırılma noktası oluştuğu ve grafiğin bu kırılma noktaları arasında doğrusala yakın bir yön izlediği görülmüştür. Bu kırılma noktalarından ilki 50 kişi sınırının geçilmesi ile oluşmuştur. 50 kişiden sonra 2. çıkışın zorunlu olması ve çıkış genişliğinin 80 cm'den 100 cm'ye çıkması ile tahliye süresinde ciddi bir düşüş gözlenmektedir. 50 kişiden 400 kişiye kadar tahliye süresi doğrusal bir artış göstermektedir. 400 kişiye ulaştığında 2 adet 100 cm'lik çıkış kapısı, yönetmelikte verilen kişi başına düşen çıkış genişliği sınırları nedeniyle genişlemeye başlamaktadır. Bu nedenle tahliye süresi bu aşamadan 500 kişiye kadar azalmaktadır. 500 kişinin aşılmasıyla çıkış genişliği 3'e çıkmakta ve çıkış kapasitesinde bir fazlalık oluşmaktadır. Bu nedenle tahliye süresinde ani bir düşüş olmaktadır. Bu noktadan itibaren kişi sayısının artmasıyla tahliye

süresi artmaya devam etmektedir. 600 kişiye ulaşıldığında çıkışlar kapasite noktasına ulaşmakta ve genişlemeye başlamaktadır. Bu noktadan sonra çıkış kapasitesinde fazlalık olmamaktadır. Dolayısıyla 600 kişiden sonra tahliye süresi yataya yakın da olsa hafif bir azalma eğilimiyle devam etmektedir. Bu durum, çıkış kapasitesine ulaşıldığı anda, her bir yeni kişi için çıkış genişliklerinde yapılması gereken artışın, aynı durumu korumak yerine daha da iyileştirdiğini göstermektedir. Bu durumda, toplanma mekanları için geçerli olan 0.5 cm'lik kişi başı çıkış genişliğinin gözden geçirilmesinin ülke kaynaklarının daha dikkatli kullanılmasına faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular incelendiğinde tahliye süresindeki etmenlerden birinin kullanıcı yükü (sayısı) olduğu gözlenmiştir. 3 farklı kullanıcı yükü katsayısı ile oluşturulan senaryolar, neredeyse aynı sonuçları vermektedir. Yönetmeliğin getirdiği sınırlamalara riayet edildiği taktirde, kullanıcı yükü katsayısının (kişi başına düşen net alan) tahliye süresine etkisi göz ardı edilebilecek seviyededir. Bunun sebebi, çıkış genişliklerinin kişi sayısına ve binanın kullanım sınıfına göre belirlenmesidir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, toplanma amaçlı yapıların yönetmelikçe getirilen sınırlar çerçevesinde ulaşabileceği en optimum noktayı ifade etmektedir. Örneğin 600 kişilik bir toplanma yapısında ulaşılacak en optimum tahliye süresi yaklaşık 170 sn.'dir (2 dk. 50 sn.). Bundan daha kısa sürede tahliyenin sağlanabilmesi için yönetmelikte istenen sınırlardan daha büyük kapasitede çıkış sağlanması gerekecektir. Dolayısıyla ileride yönetmeliğe eklenebilecek performatif kısıtlarda, giriş bölümünde bahsedildiği üzere 2002 yönetmeliğinde bulunan ancak daha sonra kaldırılan madde gibi bina malzemesine yönelik bir tahliye süresi sınırı getirilmesi yerine daha kapsamlı bir tanımlar silsilesi yapılmalıdır. Burada ayrıca binanın kullanıcı yükü de dikkate alınarak, (bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında, burada gözlenen tahliye sürelerinden daha az olmayacak şekilde (çünkü bu çalışmada minimum tahliye süreleri bulunmuştur)) tahliye performans kısıtlamaları getirilebilir.

Yönetmeliğin, binalarda yangının yayılma hızını azaltmak ve bina kullanıcılarının kaçabileceği bir alan sağlamak amacıyla getirdiği kompartıman alanı sınırlaması ile 4000 m<sup>2</sup> üzerinde toplanma mekânı olamamaktadır. Bu durumda bu sınırın üzerindeki alanlar kompartımanlara bölünmektedir. Senaryo B'nin son 10 ve Senaryo C'nin son 24 alt senaryosunda kompartıman oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre (Şekil 7) kompartıman oluşturulmasının, (yangın riskinden bağımsız olarak) tahliye süresine bir etkisi bulunmamaktadır.

Çalışmada görüldüğü üzere, sadece normatif kısıtlarla tasarlanan bir mekânda, kullanıcı sayısı arttığı halde tahliye süresinin azalması gibi durumlar gözlenebilmektedir. Bu bağlamda, ülkemizde ileride yapılacak yönetmelik düzenlemelerinde normatif tanımlar dışında performatif tanımlamalara yer verilerek performans tabanlı analizlerin önü açılmalıdır. Yetkin kişiler tarafından yapılacak performans analizlerinin olduğu yerlerde normatif tanımlar esnetilebilmelidir. İleriki çalışmalarda farklı parametreler içeren analizler yapılmalıdır. Bunlara örnek olarak farklı kişi başı çıkış genişliği değerleri gerektiren sınıflar (Yüksek Tehlikeli Yerler, Hastaneler, Huzurevi gibi mekanlar) verilebilir.

#### Kaynaklar (References)

1. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2709.pdf>. Yayın tarihi 1982. Erişim tarihi Nisan 3, 2023.
2. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/12/20071219-2.htm>. Yayın tarihi 2007. Erişim tarihi Nisan 3, 2023.
3. Nour, M. Fire Safety Design System between Performance-Based vs Prescriptive Design-Tools and Challenges, Graduation Thesis, Texas A&M University, Safety Engineering, Texas, 2018.

4. Span, M. Prescriptive Vs. Performance Building Codes, Building Design Construction Networks. <https://www.bdcnetwork.com/blog/prescriptive-vs-performance-building-codes>. Yayın tarihi 2019. Erişim tarihi Nisan 3, 2023.
5. Hadjisophocleous, G.V., Benichou N., Tamim A.S., Literature Review of Performance-Based Fire Codes and Design Environment, J. Fire Prot. Eng. 9, 12–40, 1998.
6. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/07/20020726.htm>. Yayın tarihi 2002. Erişim tarihi Nisan 3, 2023.
7. Ng, C.M.Y., Chow, W.K., A Brief Review On The Time Line Concept In Evacuation, International Journal on Architectural Science, 7 (1), 1-13, 2006.
8. Brown, S., A UK Evacuation Case Study Using Pathfinder Questions The Suitability Of Fire Safety Guidance, The Fire and Evacuation Modeling Technical Conference (FEMTC), Málaga-Spain, 1-10, 16-18 Kasım, 2016. [https://files.thunderheadeng.com/femtc/2016\\_d1-09-brown-paper.pdf](https://files.thunderheadeng.com/femtc/2016_d1-09-brown-paper.pdf).
9. Bouwbesluit, Netherland, 2012.
10. Van de Leur P., Building Evacuation, Rules And Reality, Heron. 50, 237–246, 2005.
11. Zhang B., Xu Z., Zhao Q., Liu Y., A Study on Theoretical Calculation Method of Subway Safety Evacuation, Procedia Eng. 71, 597–604, 2014.
12. The Building Center of Japan, The Study on Development of a Building Safety System Focusing on Fire Prevention in the Kingdom of Thailand, Final Report - Volume III - Technical Manual for Planning of Fire Prevention System, 2003.
13. Wang S.-H., Wang W.-C., Wang K.-C., Shih S.-Y., Applying building information modeling to support fire safety management, Autom. Constr. 59, 158–167, 2015.
14. Pathfinder, Thunderhead Engineering, <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder>. Yayın tarihi 2023. Erişim tarihi Eylül 18, 2023.
15. Reynolds, C.W., Steering Behavior for Autonomous Characters, Game Developers Conference, 763–782, 1999.