



Effectiveness of elevator-assisted evacuation (EAE) strategies in high-rise buildings: A case study of Mersin Metropol Building

Abdurrahman Yağmur Topraklı^{1,2*}, Muhsin Selçuk Satır¹

¹Department of Architecture, Faculty of Architecture, Gazi University, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye;

²Innoarc Arge Ltd. Şti. Gazi Teknopark, Ankara, Türkiye,

Highlights:

- Elevator-assisted evacuation can reduce evacuation times in high-rise buildings by up to 40%.
- The most effective evacuation strategy involves a balanced use of elevators and stairs.
- Building design and safety systems are crucial for successful EAE implementation.

Keywords:

- High-Rise Building Evacuation
- Elevator Utilization
- Evacuation Efficiency
- Pathfinder
- Elevator-Aided Evacuation (EAE)

Article Info:

Research Article
Received: 30.04.2024
Accepted: 26.07.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1476120

Correspondence:

Author: Abdurrahman Yağmur Topraklı
e-mail: toprakli@gazi.edu.tr
phone: +90 533 427 4208

Graphical/Tabular Abstract

Figure A presents the evolving trends of simulation outcomes concerning the Mersin Metropol building's evacuation dynamics. Modeled according to NFPA 101 standards, the building's evacuation times fluctuate within a range of 29 to 49 minutes across five distinct scenarios. Notably, Scenario 3 emerges as the most efficacious Elevator Assisted Evacuation (EAE) strategy for the Mersin Metropol Building. This scenario, characterized by a balanced utilization of elevators and stairs, demonstrates a notable reduction in evacuation times by approximately 40%, ensuring occupants' swift and secure egress. The inclusion of a polynomial curve, derived from the amalgamated results of all scenarios, accentuates the proximity of the optimal evacuation efficiency point to Scenario 3, underscoring its significance in enhancing evacuation effectiveness under the specified conditions.

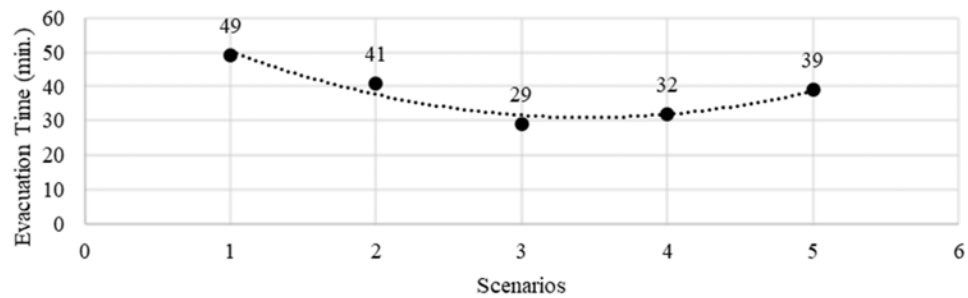


Figure A. Polynomial curve derived from scenario results

Purpose:

This study endeavors to assess the efficacy of Elevator Assisted Evacuation (EAE) strategies within high-rise buildings.

Theory and Methods:

Employing an Agent-Based Modeling software and CAD models derived from the original building plans, simulations were conducted to investigate the hypothesis that elevators, when utilized in conjunction with traditional staircases, can substantially reduce evacuation durations. The simulations encompassed five distinct scenarios, each delineating varying elevator and stair usage combinations.

Results:

The findings indicate that a balanced approach, wherein elevators and stairs are equally utilized (Scenario 3 - 50% elevators, 50% stairs), yields a notable reduction in evacuation time, from 49 minutes (exclusive use of stairs) to 29 minutes. Moreover, employing only elevators (Scenario 5) resulted in an evacuation time of 39 minutes, surpassing the efficiency of a scenario solely reliant on stair usage (Scenario 1 - 49 minutes).

Conclusion:

The study underscores the pivotal role of elevators, often overlooked in evacuation planning, in ensuring the safety and welfare of building occupants. Beyond this significant revelation, the research offers a comprehensive analysis of factors influencing evacuation efficiency and proposes potential strategies for enhancing standard evacuation protocols in high-rise structures. Thus, this study augments the existing knowledge base on high-rise building evacuations and furnishes practical insights for architects, engineers, and building administrators.



Yüksek binalarda asansör destekli tahliye (ADT) stratejilerinin etkinliği: Mersin Metropol Binası örneği

Abdurrahman Yağmur Topraklı^{1,2*}, Muhsin Selçuk Satır¹

¹Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye

²Innoarc Arge Ltd. Şti. Gazi Teknopark, Ankara, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Asansör destekli tahliye, yüksek binalardaki tahliye sürelerini %40'a kadar kısaltabilir
- En etkili tahliye stratejisi, asansör ve merdiven kullanımını dengeli bir şekilde içerir
- Bina tasarımı ve güvenlik sistemleri, ADT'nin başarısında kritik öneme sahiptir

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 30.04.2024

Kabul: 26.07.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1476120

Anahtar Kelimeler:

Yüksek bina tahliyesi,
asansör kullanımı,
tahliye verimliliği,
ajan tabanlı modelleme,
asansör destekli tahliye
(ADT)

ÖZ

Bu çalışma, Türkiye'deki Mersin Metropol Binası'nı vaka çalışması olarak kullanarak, yüksek binalarda asansör destekli tahliye (ADT) stratejilerinin etkinliğini ve uygulanabilirliğini değerlendirmektedir. Geleneksel tahliye planlamaları genellikle sadece merdivenlere odaklanırken, bu araştırma, asansörlerin stratejik entegrasyonunun, özellikle yoğun nüfuslu yüksek binalarda tahliye sürelerini önemli ölçüde azaltabileceğini ileri sürmektedir. Bu hipotezi test etmek için, Ajan Tabanlı Modelleme yazılımı ve binanın mimari planlarına dayalı CAD modelleri kullanılarak bir dizi simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar, farklı asansör ve merdiven kullanım kombinasyonlarını içeren çeşitli senaryoları değerlendirmiştir. Örneğin, Senaryo 3, bina sakinlerinin %50'sinin asansörleri, %50'sinin ise merdivenleri kullandığı dengeli bir yaklaşımı temsil etmektedir. Sonuçlar, ADT stratejilerinin önemli avantajlar sağlayabileceğini açıkça göstermektedir. Dengeli asansör ve merdiven kullanımını içeren Senaryo 3, sadece merdiven kullanılan Senaryo 1'e (49 dakika) kıyasla tahliye süresini %40 oranında azaltarak 29 dakikaya indirmiştir. Dikkat çekici bir şekilde, sadece asansör kullanımını (Senaryo 5) içeren senaryo bile 39 dakikalık bir tahliye süresiyle sonuçlanmış olup, bu durum asansörlerin geleneksel yöntemle göre daha etkili bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, asansörlerin yüksek bina tahliye planlamasında göz ardı edilmemesi gereken hayati bir unsur olduğunu vurgulamaktadır. Araştırma bulguları, ADT'nin etkinliğini etkileyen faktörlere ilişkin değerli bilgiler sunarak, mimarlar, mühendisler ve bina yöneticileri için daha güvenli ve verimli tahliye prosedürleri tasarlamalarına yardımcı olacak pratik bilgiler sağlamaktadır.

Effectiveness of elevator-assisted evacuation (EAE) strategies in high-rise buildings: A case study of Mersin Metropol Building

HIGHLIGHTS

- Elevator-assisted evacuation (EAE) can reduce evacuation times in high-rise buildings by up to 40%
- The most effective evacuation strategy involves a balanced use of elevators and stairs
- Building design and safety systems are critical to the success of EAE

Article Info

Research Article

Received: 30.04.2024

Accepted: 26.07.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1476120

Keywords:

High-Rise building
evacuation,
elevator utilization,
evacuation efficiency,
Agent-Based modeling,
Elevator-Assisted evacuation
(EAE)

ABSTRACT

This study examines the efficacy of elevator-assisted evacuation (EAE) strategies in high-rise buildings, utilizing the Mersin Metropol Tower in Turkey as a case study. While traditional evacuation plans primarily focus on stairwells, this research argues that strategically integrating elevators can significantly reduce evacuation times, especially in densely populated high-rise buildings. Using Agent-Based Modeling software and CAD models of the building, various scenarios simulating different combinations of elevator and stair use were evaluated. For example, Scenario 3 simulates a balanced approach where 50% of occupants use elevators and 50% use stairs. The results demonstrate that EAE strategies can significantly improve evacuation efficiency. Scenario 3 yielded a 40% reduction in evacuation time compared to stair-only evacuation (Scenario 1), decreasing the time from 49 minutes to 29 minutes. Notably, even using elevators exclusively (Scenario 5) resulted in a 39-minute evacuation time, highlighting their potential as a more efficient alternative to traditional methods. This study underscores the importance of incorporating elevators into high-rise building evacuation plans to enhance occupant safety and evacuation efficiency. The findings provide valuable insights for architects, engineers, and building managers, enabling the design of safer and more effective evacuation procedures.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *toprakli@gazi.edu.tr, muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr / Tel: +90 533 427 4208

1. Giriş (Introduction)

1.1. Yüksek Yapılar ve Tahliye Zorlukları (High-rise Buildings and Evacuation Challenges)

Hızlı kentleşme ile birlikte yüksek binaların inşasında önemli bir artış yaşanmaktadır. Alan verimliliği ve panoramik manzaralar gibi birçok avantaj sunan bu yapılar, güvenlik ve tahliye açısından da benzersiz zorluklar ortaya koymaktadır [1]. Bu çalışma, yüksek binalardaki tahliye süreçlerinin etkinliğini anlamak ve geliştirmek için Türkiye'deki Mersin Metropol Binası üzerinden bir vaka çalışması sunmaktadır.

Son zamanlarda ülkemizde, binaların tahliyesi üzerine yapılan çalışmalar hızla artmakta ve farklı bina türleri özelinde çalışmalar yapılmaktadır [2-4]. Yüksek binalar ise, dikey yapıları, kullanıcı yükleri ve uzun tahliye süreleri nedeniyle tahliye konusunda önemli zorluklar barındıran ve ayrıca ele alınması gereken bina türleridir [5]. Geleneksel tahliye stratejileri, başlıca merdiven kullanımına dayanmaktadır [6, 7]. Ancak merdivenlerin fiziksel kısıtlamaları, çok sayıda kullanıcı ve potansiyel tıkanıklıklar nedeniyle uzun tahliye sürelerine yol açmaktadır. Özellikle hareket kabiliyeti kısıtlı bireyler, yaşlılar ve çocuklar için merdivenlerden inmek yorucu ve zaman alıcı olabilir [8, 9]. Ayrıca, yüksek binalardaki yangınlar gibi acil durumlarda, duman ve ısı nedeniyle merdivenlerin kullanılamaz hale gelmesi riski de bulunmaktadır [10, 11].

1.2. Asansör Destekli Tahliye (ADT): Yeni Bir Yaklaşım (Elevator-Assisted Evacuation (EAE)- A Novel Approach)

Bu zorlukların üstesinden gelmek amacıyla, asansör destekli tahliye (ADT) stratejileri giderek daha fazla ilgi görmektedir. ADT, yangına dayanıklı asansörlerin kullanımını, sığınak katlarının oluşturulması, tahliye için özel asansör operasyonları ve kullanıcı eğitimi gibi unsurları içermektedir [12, 13]. Bu çalışma, yüksek binalarda hem normal şartlarda hem de acil durumlarda asansör destekli tahliye (ADT) stratejilerinin etkinliğini incelemektedir. ADT, geleneksel merdiven tahliyesine göre daha hızlı ve verimli bir tahliye imkânı sunabilecek önemli bir stratejidir. Çalışmamızda, asansörlerin acil durum özellikli olduğu kabul edilerek tahliyeye etkisi ele alınacaktır. Acil durum asansörleri, yangın gibi acil durumlarda güvenli tahliye sağlamak için özel olarak tasarlanmıştır. Yangına dayanıklı malzemelerden inşa edilip, bağımsız bir güç kaynağına ve duman tahliye sistemine sahiptirler. Normal yolcu asansörleri ise acil

durumlarda genellikle devre dışı bırakılır. Çalışmamızda, aksi belirtilmedikçe "asansör" ifadesi acil durum özellikli asansörleri kapsayacak şekilde kullanılacaktır.

ADT stratejileri, tahliye sürelerini önemli ölçüde azaltma ve özellikle savunmasız grupların güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlama potansiyeline sahiptir [14]. ADT'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, asansör kapasitesi ve hızı, sığınak katlarının yerleşimi, asansör operasyonları, kullanıcı eğitimi ve insan davranışı gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir [15-20]. Ayrıca, teknolojik gelişmelerin ADT stratejilerine entegrasyonu da tahliye süreçlerini daha da optimize edebilir [21, 22].

1.3. Mersin Metropol Binası: Vaka Çalışması (Mersin Metropolitan Building: Case Study)

Türkiye'nin Mersin şehrinde bulunan Mersin Metropol Binası (Şekil 1), 1987'den 2001'e kadar ülkenin en yüksek binası olan ikonik bir yapıdır. Benzersiz mimarisi ve önemli yüksekliği ile, yüksek bina tahliye prosedürlerini araştırmak için ideal bir vaka çalışmasıdır. Bina, ofisler ve otel birimleri de dahil olmak üzere çeşitli kullanıcılara ev sahipliği yapmaktadır, bu da çalışmanın alaka düzeyini ve karmaşıklığını artırmaktadır.

Bu çalışma, Mersin Metropol Binası'nda ADT stratejilerinin etkinliğini analiz etmeyi ve optimal tahliye planları için öneriler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, farklı senaryolar altında yapılan bilgisayar simülasyonları ile asansör ve merdiven kullanımının tahliye süresine etkisi incelenecektir.

2. Yazın Taraması (Literature Review)

Yüksek bina tahliyesi, karmaşıklığı ve potansiyel riskleri nedeniyle geniş çapta araştırılan bir konudur. Bu bölümde, yüksek bina tahliye süreçleri, asansör destekli tahliye (ADT) stratejilerinin etkinliği, mevcut araştırmalardaki boşluklar ve gelecekteki araştırma yönleri ele alınmıştır.

2.1. ADT Stratejilerinin Etkinliği ve Gelişimi (Effectiveness and Development of EAE Strategies)

Geleneksel olarak, yüksek binalardaki tahliye planları neredeyse tamamen merdiven kullanımına dayanmaktaydı. Ancak, bina yükseklikleri arttıkça ve nüfus yoğunlaştıkça, merdivenlerin yetersiz



Şekil 1. Mersin Metropol Binası Perspektif Görünüşleri [23, 24] (Mersin Metropolitan Building Perspective Views)

kaldığı durumlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu durum, özellikle hareket kabiliyeti kısıtlı bireyler, yaşlılar ve çocuklar için önemli zorluklar oluşturmaktadır [8, 9]. Ayrıca, yüksek binalardaki yangınlar gibi acil durumlarda, duman ve ısı nedeniyle merdivenlerin kullanılamaz hale gelmesi riski de bulunmaktadır [10, 11].

Bu zorlukların üstesinden gelmek amacıyla, ADT stratejileri geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde, birçok uluslararası standart ve yönetmelik, belirli yüksek binalarda ADT stratejilerinin uygulanmasını önermektedir [6,7,25]. Bu stratejiler, yangına dayanıklı asansörlerin kullanımı, sığınak katlarının oluşturulması, tahliye için özel asansör operasyonları ve kullanıcı eğitimi gibi unsurları içermektedir [12, 13].

ADT stratejilerinin etkinliği, bir dizi faktöre bağlıdır:

- **Asansör Kapasitesi ve Hızı:** Daha büyük kapasiteli ve daha hızlı asansörler, daha fazla insanın daha kısa sürede tahliye edilmesini sağlayacaktır [15].
- **Sığınak Katları:** Yüksek binalarda belirli aralıklarla oluşturulan sığınak katları, insanların asansörlerin gelmesini güvenli bir şekilde beklemesine olanak tanıyacaktır [13].
- **Asansör Operasyonları:** Tahliye için özel olarak geliştirilmiş asansör operasyonları, asansörlerin en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Acil durumda devreye giren bu sistemler, insanların yürüyerek sığınak katlarına gitmelerini ve buradan asansörle çıkış katına ulaştırılmaları gibi uygulamaları içermektedir. Ayrıca asansörlerin normalde kullanıldığı konfor şartlarından bir miktar uzaklaşarak hız ve immedeki artışla tahliyenin hızlı bir şekilde tamamlanması gibi uygulamalar da mevcuttur [10, 17].
- **Kullanıcı Eğitimi:** Bina kullanıcılarının ADT prosedürleri hakkında bilgilendirilmesi, tahliyenin düzenli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olacaktır. Eğitim programları, kullanıcıların asansörleri doğru bir şekilde kullanmalarını ve acil durum talimatlarına uymalarını sağlayabilir [18].
- **Kullanıcı Davranışı:** Acil durumlarda insanların psikolojisi ve davranış biçimleri tahliye sürecini etkileyebilir. Panik ve kafa karışıklığı, tahliye süresini uzatabilir ve güvenlik riskleri oluşturabilir. Bu nedenle, kullanıcıların panik yapmadan ADT talimatlarına uymalarını sağlamak önemlidir [19, 20].

2.2. Modelleme ve Simülasyon Çalışmaları (Modeling and Simulation Studies)

ADT stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek ve optimize etmek için bilgisayar simülasyonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ajan tabanlı modelleme [16], hücreli otomat [17] ve ayrık olay simülasyonu [26] gibi teknikler, farklı senaryolar altında tahliye süreçlerini modelleme ve analiz etme imkânı sunmaktadır. Bu simülasyonlar, asansör sayısı, kapasitesi, hızı, sığınak katlarının yerleşimi, kullanıcı davranışı ve çevresel faktörler gibi değişkenlerin tahliye süresine etkisini incelemek için kullanılabilir.

2.3. Modelleme ve Simülasyon Çalışmaları (Modeling and Simulation Studies)

Asansör Destekli Tahliye (ADT) stratejilerinin etkinliği, bina sakinlerinin demografik özelliklerine göre önemli ölçüde değişebilir. Özellikle yaşlılar, engelliler, çocuklar ve hamile kadınlar gibi savunmasız grupların güvenli bir şekilde tahliye edilmesi için özel önlemler alınması gerekmektedir. Bu grupların fiziksel kısıtlamaları, hareket kabiliyetlerini sınırlayabilir ve tahliye sürelerini uzatabilir [8, 9, 14]. Ayrıca, acil durumlar sırasında panik ve kafa karışıklığı yaşama olasılıkları daha yüksek olabilir, bu da tahliye sürecinin karmaşıklığını artırır [19, 20].

Bu nedenle, ADT stratejileri geliştirilirken aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır:

Yaşlılar:

- **Hareket Kısıtlamaları:** Yaşlı bireyler, yürüme zorluğu, denge sorunları, kalp-damar hastalıkları veya diğer sağlık sorunları nedeniyle merdivenlerden inmekte zorlanabilirler [14]. Bu nedenle, ADT stratejilerinde öncelikli olarak asansör kullanımı sağlanmalıdır. Asansörlerin kapasitesi ve hızı, yaşlı nüfusun oranına göre planlanmalı ve bekleme süreleri minimize edilmelidir [15].
- **Yardım İhtiyacı:** Bazı yaşlı bireylerin tahliye sırasında yardıma ihtiyacı olabilir. Bu nedenle, bina personeli ve gönüllülerin yaşlı bireylere yardımcı olması için eğitilmiş olması önemlidir [8]. Ayrıca, akıllı telefon uygulamaları veya giyilebilir cihazlar gibi teknolojiler, yaşlı bireylerin konumlarını izlemek ve ihtiyaç duyduklarında yardım göndermek için kullanılabilir [22].
- **İletişim Zorlukları:** Bazı yaşlı bireyler işitme veya görme sorunları yaşayabilir. Bu nedenle, tahliye talimatları ve bilgilendirmeleri, bu kişilerin anlayabileceği şekilde net ve anlaşılır olmalıdır. Sesli anons sistemleri ve görsel uyarılar, işitme ve görme engelli yaşlı bireyler için etkili iletişim yöntemleri olabilir [27].

Engelliler:

- **Tekerlekli Sandalye Kullanıcıları:** Tekerlekli sandalye kullanan bireyler, merdivenleri kullanamazlar. Bu nedenle, ADT stratejilerinde bu kişilerin asansörlerle güvenli bir şekilde tahliye edilmesi sağlanmalıdır [9]. Binada, tekerlekli sandalye kullanıcılarının rahatça hareket edebileceği geniş koridorlar ve asansörler planlanmalıdır. Ayrıca, sığınak katlarının ve çıkış noktalarının tekerlekli sandalye erişimine uygun olması gerekmektedir [13].
- **Görme Engelliler:** Görme engelli bireyler, tahliye yollarını bulmakta ve acil durum talimatlarını takip etmekte zorlanabilirler. Bu nedenle, sesli yönlendirme sistemleri, dokunsal zemin ve duvar işaretleri gibi özel önlemler alınmalıdır [22]. Ayrıca, bina personeli ve gönüllülerin, görme engelli bireylere rehberlik etmek için eğitilmiş olması önemlidir.
- **İşitme Engelliler:** İşitme engelli bireyler, acil durum sirenlerini veya anonslarını duyamayabilirler. Bu nedenle, görsel uyarı sistemleri ve yazılı talimatlar gibi alternatif iletişim yöntemleri kullanılmalıdır [27]. Ayrıca, akıllı telefon uygulamaları veya titreşimli cihazlar gibi teknolojiler, işitme engelli bireylere acil durum bildirimleri göndermek için kullanılabilir.

Çocuklar:

- **Boyut ve Güç Sınırlamaları:** Çocuklar, yetişkinlere göre daha küçük ve daha güçsüzdür. Bu nedenle, merdivenlerden inmek veya kalabalık bir ortamda hareket etmek onlar için zor olabilir. ADT stratejilerinde, çocukların ebeveynleri veya bakıcıları tarafından yakından takip edilmesi ve desteklenmesi sağlanmalıdır [14]. Ayrıca, asansörlerde ve sığınak katlarında çocukların güvenliğini sağlamak için özel önlemler alınmalıdır.
- **Panik ve Korku:** Çocuklar, acil durumlar sırasında panik ve korku yaşama olasılıkları daha yüksektir. Bu nedenle, tahliye sürecinde sakin ve güvende hissetmelerini sağlamak için özel çaba gösterilmelidir. Eğitim programları, çocuklara acil durumlar hakkında bilgi vererek ve tahliye prosedürlerini öğretmek kaygılarını azaltmaya yardımcı olabilir [19].
- **Eğitim ve Bilgilendirme:** Çocuklara, yaşlarına uygun bir şekilde tahliye prosedürleri ve acil durum davranışları hakkında bilgi verilmelidir. Oyunlar, hikayeler ve simülasyonlar gibi eğlenceli ve etkileşimli yöntemler, çocukların öğrenmesini kolaylaştırabilir.

Hamile Kadınlar:

- **Hareket Kısıtlamaları:** Hamilelik, hareket kabiliyetini sınırlayabilir, yorgunluğa ve denge sorunlarına neden olabilir [14]. Bu nedenle, ADT stratejilerinde hamile kadınlara öncelikli olarak asansör kullanımı sağlanmalıdır. Asansör bekleme süreleri minimize edilmeli ve sığınak katları ile ilişki içinde konumlandırılmalıdır [13].
- **Sağlık Durumu:** Hamile kadınlar, tahliye sırasında stres ve yorgunluk nedeniyle sağlık sorunları yaşayabilirler. Bu nedenle, tahliye sürecinde dinlenme alanları ve tıbbi yardım sağlanmalıdır. Bina personeli, hamile kadınların ihtiyaçlarına duyarlı olmalı ve gerektiğinde yardımcı olmalıdır.

ADT stratejileri geliştirilirken farklı demografik grupların ihtiyaçları ve kısıtlamaları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu, kapsayıcı ve etkili bir tahliye planı oluşturmak için esastır. Acil durumlarda herkesin güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlamak, bina tasarımcılarının, yöneticilerinin ve acil durum ekiplerinin ortak sorumluluğudur.

2.4. Teknolojik Gelişmeler ve ADT (Technological Developments and EAE)

Son yıllarda, ADT stratejilerini destekleyen çeşitli teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır:

- **Akıllı Asansör Sistemleri:** Bilgisayarlı görü ve yapay zekâ gibi teknolojilerle donatılan akıllı asansör sistemleri, tahliye durumlarında asansörlerin otomatik olarak kontrol edilmesini ve optimize edilmesini sağlar. Bu sistemler, kullanıcı talebine ve bina koşullarına göre asansörleri en verimli şekilde yönlendirerek tahliye süresini kısaltabilir [21].
- **Rehberlik Sistemleri:** Acil durum aydınlatma sistemleri, dijital ekranlar ve akıllı telefon uygulamaları gibi rehberlik sistemleri, insanların en yakın çıkışa veya sığınak katına yönlendirilmesine yardımcı olur. Bu sistemler, kullanıcıların kafa karışıklığını önleyerek ve tahliye sürecini hızlandırarak güvenliği artırabilir [22].
- **Acil Durum İletişim Sistemleri:** Acil durum anons sistemleri, dijital ekranlar ve akıllı telefon uygulamaları, bina kullanıcılarına anlık güncel bilgiler ve talimatlar sağlayabilir. Bu sistemler, panik ve kafa karışıklığını önleyerek ve kullanıcıların acil durum ekiplerinin talimatlarına uymasını sağlayarak tahliye sürecini kolaylaştırır.

2.5. Çevresel ve Yapısal Faktörler (Environmental and Structural Factors)

Asansör Destekli Tahliye (ADT) stratejilerinin başarısı, sadece asansörlerin sayısı ve kapasitesiyle değil, aynı zamanda bina tasarımı ve çevresel faktörlerle de yakından ilişkilidir. İyi tasarlanmış bir bina ve etkili güvenlik sistemleri, tahliye süreçlerini kolaylaştırabilir, güvenliği artırabilir ve can kaybını minimize edebilir.

2.5.1. Bina tasarımı (Building design)

Yüksek binalarda belirli aralıklarla oluşturulan sığınak katları, insanların güvenli bir şekilde beklemelerine ve asansörlerin gelmesini veya acil durum ekiplerinin müdahalesini beklemelerine olanak tanır [13]. Bu katlar, yangına dayanıklı malzemelerle inşa edilip, acil durum iletişim sistemleri ve havalandırma ekipmanları ile donatılmalıdır. Sığınak katlarının yerleşimi, bina sakinlerinin kolayca ulaşabileceği ve tahliye sürecini hızlandıracak şekilde planlanmalıdır.

Merdivenler, ADT stratejilerinde önemli bir yedek tahliye yolu olarak hizmet etmektedir. Merdivenlerin genişliği, yangına dayanıklılığı ve aydınlatması, tahliye sürecinde güvenliği artırır. Ayrıca,

merdivenlerin konumu ve sayısı, bina sakinlerinin çıkışlara kolayca ulaşabilmesi için stratejik olarak planlanmalıdır. Geniş koridorlar ve yeterli sayıda çıkış noktası, tahliye sürecinde tıkanıklıkları önlemekte ve kullanıcıların binayı hızlı bir şekilde terk etmelerini sağlamaktadır. Çıkış kapıları, acil durumlarda kolayca açılabilir ve yangına dayanıklı olmalıdır.

Asansörlerin binaya stratejik olarak yerleştirilmesi, tahliye sürelerini kısaltmaktadır. Asansörlerin, sığınak katlarına ve çıkışlara kolay erişim sağlayacak şekilde konumlandırılmasının yanında bina boyunca eşit bir şekilde dağıtılması da oldukça önemlidir.

2.5.2. Güvenlik sistemleri ve yapı malzemeleri (Security systems and building materials)

Yangın durumunda duman, tahliyeyi zorlaştıran ve ölümcül olabilen bir tehlikedir. Duman kontrol sistemleri, dumanın yayılmasını önleyerek ve temiz hava sağlayarak tahliye sürecinde güvenliği artırmaktadır [27]. Bu sistemler, doğal havalandırma, mekanik havalandırma ve duman perdeleri gibi farklı yöntemleri içerebilir. Elektrik kesintileri, tahliye sürecinde asansörlerin ve acil durum aydınlatma sistemlerinin çalışmasını engelleyebilir. Bu nedenle, yüksek binalarda acil durum güç kaynakları (jeneratörler veya bataryalar) bulundurulması hayati önem taşımaktadır. Yangın algılama ve alarm sistemleri, yangınları erken aşamada tespit ederek ve bina sakinlerini uyararak tahliye sürecini hızlandırmayı amaçlar. Bu sistemler, duman dedektörleri, ısı dedektörleri ve manuel yangın alarm butonları gibi bileşenleri içerebilir. Acil durum anons sistemleri, dijital ekranlar ve akıllı telefon uygulamaları gibi iletişim sistemleri, bina sakinlerine güncel bilgiler ve talimatlar sağlayabilir. Bu sistemler, panik ve kafa karışıklığını önleyerek ve kullanıcıların acil durum ekiplerinin talimatlarına uymasını sağlayarak tahliye sürecini kolaylaştırır.

Yüksek binalarda kullanılan yapı malzemeleri, yangına dayanıklı olmalıdır. Yangına dayanıklı malzemeler, yangının yayılmasını yavaşlatarak ve binanın çökmesini önleyerek tahliye için daha fazla zaman sağlamayı amaçlar. ADT stratejilerinin etkinliği, bina tasarımı ve çevresel faktörlerle yakından ilişkilidir. İyi tasarlanmış bir bina ve etkili güvenlik sistemleri, tahliye süreçlerini kolaylaştırır, güvenliği artırır ve can kaybını minimize eder. Bina tasarımcıları, yöneticileri ve acil durum ekipleri, bu faktörleri dikkate alarak kapsamlı ve etkili tahliye planları geliştirmelidir.

2.6. Mevcut Bilgi Birikimindeki Boşluklar (Gaps in Current Knowledge)

Yüksek bina tahliyesi ve ADT stratejileri üzerine yapılan çalışmaların sayısı artmasına rağmen, hala bazı boşluklar bulunmaktadır:

- **Normal Tahliye Prosedürleri:** Çoğu çalışma acil durum senaryolarına odaklanırken, normal tahliye prosedürleri üzerinde daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Günlük kullanımda asansörlerin tahliye süresini nasıl etkilediğini anlamak ve normal tahliyelerde yaşanabilecek potansiyel sorunları belirlemek önemlidir.
- **Asansör ve Merdiven Kullanımının Optimal Kombinasyonu:** Asansörlerin potansiyeli kabul edilmiş olsa da asansör ve merdiven kullanımının optimal kombinasyonunu araştırın çalışmalar sınırlıdır. Bina özelliklerine, kullanıcı sayısına, kullanıcı profillerine ve tahliye senaryosuna göre en etkili tahliye stratejisini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.
- **Vaka Çalışmaları:** Belirli yüksek binalar üzerinde daha fazla vaka çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmalar, pratik zorluklara ve çözümlere dair değerli bilgiler sağlayabilir ve ADT stratejilerinin gerçek hayattaki uygulanabilirliğini değerlendirmeye yardımcı olabilir.

- *İnsan Davranışının Modellenmesi*: Acil durumlarda insanların davranışlarını etkileyen psikolojik ve sosyal faktörleri daha iyi anlamak ve bunları tahliye modellerine entegre etmek gerekmektedir.
- *Teknolojik Gelişmelerin Entegrasyonu*: Akıllı asansör sistemleri, rehberlik sistemleri ve acil durum iletişim sistemleri gibi teknolojilerin ADT stratejilerine entegrasyonu daha fazla araştırılmalıdır.

3. Yöntem (Methodology)

Bu bölüm, Mersin Metropol Binası'nın tahliye süreçlerini analiz etmek için kullanılan yöntemleri ve araçları detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Çalışmanın ana amacı, asansör destekli tahliye (EAE) stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek ve optimal tahliye planları için öneriler geliştirmektir.

3.1. Modelleme Yaklaşımı ve Simülasyon Yazılımı (Modeling Approach and Simulation Software)

Bu çalışmada, Mersin Metropol Binası'nın tahliye süreçlerini modellemek ve analiz etmek için Ajan Tabanlı Modelleme (ABM) yaklaşımı kullanılmıştır. ABM, karmaşık sistemlerin davranışlarını anlamak ve tahmin etmek için güçlü bir araçtır. Bu yaklaşım, bireysel ajanların (bu durumda bina sakinleri) davranışlarını ve etkileşimlerini simüle ederek sistemin genel davranışını ortaya koyar.

ABM'nin kullanılmasının başlıca nedenleri şunlardır:

- *Bireysel Davranışların Modellenmesi*: ABM, her bir kullanıcının karar verme süreçlerini, hareketlerini ve diğer kullanıcılarla olan etkileşimlerini modelleme imkânı sunar. Bu sayede, tahliye sürecinde bireysel farklılıkların, sosyal etkileşimlerin ve panik davranışlarının etkisi incelenebilir.
- *Esneklik*: ABM, farklı senaryoları ve koşulları kolaylıkla simüle etmeye olanak tanır. Bu sayede, farklı tahliye stratejilerinin (örneğin, sadece merdiven kullanımı, sadece asansör kullanımı, merdiven ve asansör kombinasyonu) etkinliği karşılaştırılabilir. Ayrıca, yangın, deprem gibi farklı acil durum senaryolarının etkileri de modellenilebilir.
- *Görselleştirme*: ABM, tahliye sürecinin animasyonlarla görselleştirilmesini sağlar. Bu, tahliye sürecinde yaşanan olayları, kullanıcı hareketlerini ve tıkanıklık noktalarını daha iyi anlamayı kolaylaştırır.

Bu çalışmada, ABM tabanlı simülasyonlar için Pathfinder yazılımı kullanılmıştır [28]. Pathfinder, özellikle bina tahliyesi simülasyonları için geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu yazılımın seçilme nedenleri şunlardır:

- *Mikroskobik Perspektif*: Pathfinder, bireysel kullanıcıların hareketlerini ve etkileşimlerini detaylı bir şekilde modelleme imkânı sunar. Bu, tahliye sürecinde yaşanan tıkanıklıkları, kullanıcıların çıkışlara ulaşma sürelerini ve farklı tahliye stratejilerinin etkinliğini analiz etmek için önemlidir.
- *Kullanıcı Dostu Arayüz*: Yazılım, kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir ve bina modelleme, senaryo tanımlama, kullanıcı özellikleri belirleme ve simülasyon sonuçlarını analiz etme gibi işlemleri kolaylaştırır. Bu sayede, kullanıcılar karmaşık simülasyonlar gerçekleştirebilir ve sonuçları görsel olarak inceleyebilir.
- *Geniş Özellik Yelpazesi*: Pathfinder, farklı tahliye senaryolarını modellemek için geniş bir özellik yelpazesi sunar. Bu özellikler arasında farklı kullanıcı profilleri (yaş, cinsiyet, hareket kabiliyeti), engeller, çıkış noktaları, asansör operasyonları (kapasite, hız, sevk stratejileri) ve çevresel faktörler (duman, yangın) yer almaktadır.

3.2. Senaryo Tanımlamaları, Veri Toplama ve İşleme (Scenario Definitions, Data Collection, and Processing)

Türkiye'nin Mersin şehrinde bulunan Mersin Metropol Binası, 1987'den 2001'e kadar ülkenin en yüksek binası olan önemli bir yapıdır. Döneminin mimari ilerlemesinin ikonik bir temsilidir. Bina, ofisler ve otel birimleri de dahil olmak üzere çeşitli kullanıcılara ev sahipliği yapmaktadır, bu da yüksek bina tahliyesi için vaka çalışması olarak karmaşıklığını ve önemini artırmaktadır [1].

Mersin Metropol Binası, Türkiye'nin en yüksek yapısı olarak inşa edilmiş ve bu unvanını 2000 yılına kadar korumuştur. Zemin katın üstünde 47 kat bulunan bina, zemin katın altında da iki bodrum katına sahiptir. Altı katlı bir ticari kompleks ile tasarlanan binanın ticari ve yüksek katlı bölümleri belirli noktalarda birbirine bağlanmaktadır (zemin katta EX5-8). Bu geçiş noktaları, kullanıcıların yüksek katlı bölümden tahliye edilebileceği Mersin Metropol Binası'nın çıkışları olarak modellenmiştir. Ancak, çalışmaya sadece yüksek katlı bölüm dahil edilmiş, ticari merkez analizden çıkarılmıştır. Şekil 2'de gösterilen zemin kat planı, ofis ve otel katlarına erişim sağlayan, her biri ayrı lobilerde bulunan farklı asansörleri göstermektedir.

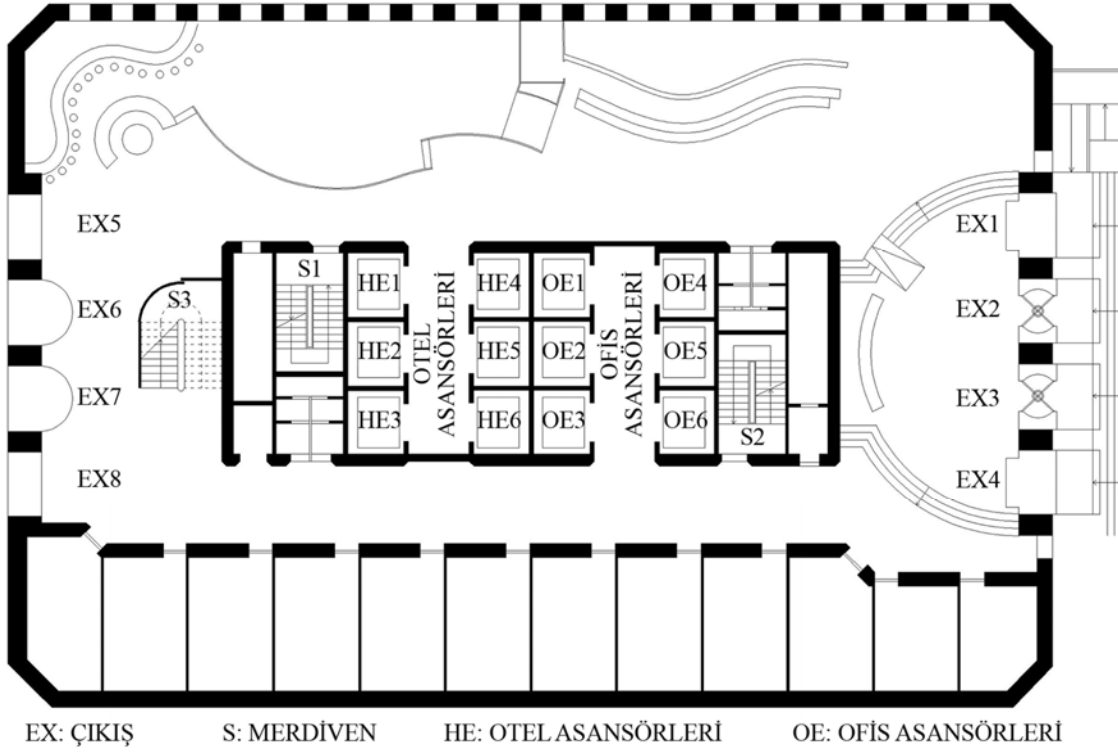
Binanın zemin katında lobi, resepsiyon alanı ve dükkanlar bulunmaktadır. 1. katta otel yönetim birimleri ve lobi galerisi tasarlanmıştır. Toplantı odaları 2. katta yer almaktadır. Makine daireleri 5., 30., 46. ve 47. katlarda bulunmaktadır. Ofis katları 3-4 ve 7-29 katlar arasında dağılmışken, 31-46 katlar otel kullanımına ayrılmıştır. Otelin sauna, hamam ve fitness salonu 31. katta, gece kulübü ise 46. katta yer almaktadır. Şekil 1, binada iki simetrik merdiven boşluğunun (S1 ve S2) varlığını göstermektedir. Binada standart kat yüksekliği 3,4 metre olup katlar arası 20 basamaktan oluşan merdivenler bulunmaktadır. Basamak yüksekliği 17 cm, basamak genişliği 30 cm ve merdiven genişliği 125 cm'dir. Merdiven boşluğu kapıları 105 cm genişliğindedir. Otel asansörleri ve ofis asansörleri ayrı lobilerde yer almaktadır. Şekil 2'de verilen her iki asansör grubu da zemin kata, 5. kata ve 30. kata erişim sağlamaktadır. Ofis asansörleri 30. kata kadar çalışırken, otel asansörleri 30. kattan 46. kata kadar hizmet vermektedir.

Şekil 3'te, alt katlara (OE1-6) ve üst katlara (HE1-6) hizmet veren asansörler gösterilmektedir. Asansörler Pathfinder modelinde 11 kişi kapasiteli olacak şekilde ve 3 saniyelik açılma/kapanma gecikmesi ile modellenmiştir. Asansörlerin maksimum hızı 6 m/s, maksimum ivmesi ise 1,2 m/s olarak modellenmiştir. Asansörlerin boşaltma ve başlangıç katları zemin kat olacak şekilde ayarlanmıştır. Modeldeki asansörler, yukarıdan aşağıya öncelikli olarak programlanmıştır. Bu durumda asansör tüm çağrılarını toplar ve en üst kattan başlayarak çağrılara yanıt vermeye başlarlar. Bu çalışmada kullanılan simülasyonlar, yukarıda özellikleri açıklanan acil durum özellikli asansörlerin, bina tahliyesine etkisini değerlendirmek için yapılandırılmıştır.

NFPA 101 yönergelerine göre, bina için kullanıcı yükü hesaplaması Tablo 1'de detaylı olarak verilmiştir. Tablo, NFPA 101 standartlarına göre toplam 4752 kişinin hesaba katıldığını göstermektedir. Özellikle, 31. kattaki hamam, sauna ve fitness salonu ve 46. kattaki gece kulübü gibi belirli katlarda, önemli ölçüde daha yüksek kullanıcı yükleri bulunmaktadır.

Mersin Metropol Binası'nın tahliye süreçlerini analiz etmek için beş farklı senaryo tanımlanmıştır:

- Senaryo 1: Sadece merdiven kullanımı.
- Senaryo 2: %25 asansör ve %75 merdiven kullanımı.
- Senaryo 3: %50 asansör ve %50 merdiven kullanımı.
- Senaryo 4: %75 asansör ve %25 merdiven kullanımı.
- Senaryo 5: Sadece asansör kullanımı.



Şekil 2. Mersin Metropol Binası Zemin Kat Planı (Mersin Metropol Building Ground Floor Plan)

Bu senaryolar, asansör ve merdiven kullanımının farklı kombinasyonlarının tahliye süresine etkisini analiz etmek için tasarlanmıştır. Ayrıca, farklı senaryolarda kullanıcı davranışları, tıkanıklık noktaları ve tahliye sürecinin dinamikleri incelenmiştir.

Simülasyonlar için gereken veriler, Mersin Metropol Binası'nın orijinal planlarından [29] ve NFPA 101 [6] kullanıcı yük faktöründen elde edilmiştir. NFPA 101 kullanıcı yük faktörü, her katın kullanım amacına göre tahmini kullanıcı sayısını belirlemek için kullanılmıştır. Bu veriler, Pathfinder yazılımında bina modelini oluşturmak ve simülasyonları gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Orijinal bina planları CAD ortamında dijitalleştirilmiş ve Pathfinder'da bir model oluşturmak için kullanılmıştır. Şekil 1, binanın zemin kat planını göstermektedir. Modelde, her kat bir diğerine merdiven veya asansörlerle bağlanmıştır ve her kullanıcı belirli bir kata atanmıştır. Simülasyonlar sırasında, yazılım her kullanıcıyı en yakın ve en hızlı rotaları kullanarak çıkışlara yönlendirmektedir.

Pathfinder'ın mikroskobik simülasyon modeli, her bireye çeşitli davranışlar, yürüme hızları, ivmeler ve 3D modeller atamayı imkân sağlamaktadır. Bu çalışmanın asıl amacı, tahliye sırasında bireysel davranışların analizi olmadığı için tüm bireyler eşit olarak ele alınmış ve bina sakinleri için varsayılan yürüme hızı 1,19 m/s olarak ayarlanmıştır. Akademik araştırmalar tarafından desteklenen bu değer, Pathfinder'ın doğrulama ve geçerlilik belgelerinde detaylı olarak açıklanmaktadır [30]

Yazılım, bina sakinlerinin merdiven, asansör, yürüten merdiven veya rampa gibi belirli tahliye bileşenlerini kullanmasını veya kullanmaktan kaçınmasını programlamaya imkân sağlamaktadır. Bu özellik, beş senaryonun modellenmesinde kapsamlı bir şekilde kullanılmıştır. Örneğin, senaryo 1'de "Merdiven Kullan" seçeneği "Tümü" olarak ayarlanırken, "Asansör Kullan" seçeneği "Yok" olarak seçilmiş ve tüm kullanıcıların merdivenlerden tahliye edilmesi sağlanmıştır. Senaryo 2'de, her kattaki kullanıcıların %25'i asansörleri

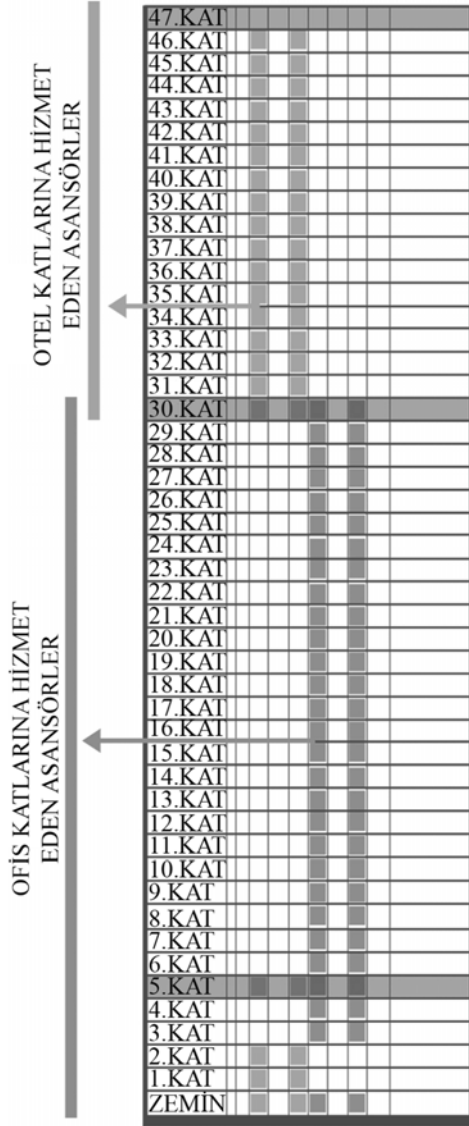
kullanacak şekilde belirlenmiş, geri kalan %75'i ise merdivenleri kullanmaya yönlendirilmiştir. Kullanıcıların merdiven veya asansör kullanma ataması, kullanıcı profillerine göre yapılmıştır.

Analiz için modellenen beş senaryodan ilki (Senaryo 1), tüm kullanıcıların merdivenleri kullandığı durumu incelerken, Senaryo 5, tüm kullanıcıların asansörleri kullandığı durumu analiz etmeyi amaçlar. Diğer senaryolar, asansör ve merdivenlerin kombine kullanımını incelemek üzere tasarlanmıştır ve %25'lik artışlarla kurgulanmıştır. Senaryo 2'de, her kattaki kullanıcıların %25'i asansörleri kullanırken, geri kalan %75'i merdivenleri kullanmaktadır. Senaryo 3'te, kullanıcıların yarısı asansörleri kullanırken diğer yarısı merdivenleri kullanır. Senaryo 4'te, her kattaki kullanıcıların %75'i asansörleri kullanırken, geri kalan %25'i merdivenleri kullanmaktadır.

3.3. Model Doğrulama ve Geçerlik (Model Verification and Validation)

Geliştirilen modelin doğruluğunu ve geçerliliğini sağlamak için aşağıdaki adımlar atılmıştır:

- **Literatür Karşılaştırması:** Simülasyon sonuçları, benzer yüksek bina tahliye çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğunu ve asansör destekli tahliye stratejilerinin etkinliğini doğruladığını göstermektedir. Örneğin, Chen vd. [10] ve Ma vd. [17] tarafından yapılan çalışmalar, asansör kullanımının tahliye sürelerini kısaltabileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada da asansörlerin etkin bir şekilde kullanılması durumunda tahliye sürelerinin azaldığı gözlemlenmiştir.
- **Uzman Görüşü:** Model, bina tahliyesi konusunda uzman kişiler (mimarlar, yangın mühendisleri, inşaat mühendisleri) tarafından incelenmiş ve geri bildirimler alınmıştır. Uzman görüşleri, modelin gerçekçi olduğunu, bina özelliklerini ve kullanıcı davranışlarını doğru bir şekilde yansıttığını ve tahliye süreçlerini güvenilir bir şekilde simüle ettiğini göstermektedir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 2), uzmanların geri bildirimlerine örnekler verilmiştir:



Şekil 3. Mersin Metropol Binası Asansör Düzeni
(Mersin Metropolitan Building Elevator Layout)

Tablo 1. Mersin Metropol Binası Kullanıcı Yüğü Hesaplaması
(Mersin Metropol Building Occupant Load Calculation)

Katlar	Fonksiyon	Brüt Alan (m ²)	Kullanıcı Yüğü (NFPA)
Zemin Kat	Resepsiyon	628,21	62
	Dükkanlar	628,21	113
1. Kat	Ofis	757,66	55
2. Kat	Toplantı Odaları		255
3. Kat	Ofis	1256,42	90
4. Kat			
5. Kat	Makine Dairesi		
6. Kat	Ofis	1256,42	90
...
29. Kat			
30. Kat	Makine Dairesi		
31. Kat	Hamam, Sauna vb.	1256,42	274
32. Kat	Otel		68
...
45. Kat			
46. Kat	Gece Kulübü	455,50	701
47. Kat	Makine Dairesi		
Toplam Kullanıcı Yüğü			4752

- **Hassasiyet Analizi:** Farklı parametre değerlerinin (örneğin, yürüme hızı, asansör kapasitesi) model sonuçları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu analizler, modelin parametre değişikliklerine duyarlı olduğunu ve sonuçların güvenilir olduğunu göstermektedir. Örneğin, asansör kapasitesinin artırılması, tahliye sürelerini kısaltırken, yürüme hızının düşürülmesi tahliye sürelerini uzatmıştır. Bu, modelin gerçek hayattaki tahliye süreçlerine benzer şekilde tepki verdiğini göstermektedir.

Bu doğrulama ve geçerlilik çalışmaları, geliştirilen modelin Mersin Metropol Binası'nın tahliye süreçlerini güvenilir bir şekilde simüle ettiğini ve elde edilen sonuçların geçerli olduğunu göstermektedir.

4. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bilgisayar simülasyonları, farklı senaryolar altında tahliye verimliliği hakkında derinlemesine sonuçlar ortaya koymuştur. Her senaryo, tüm kullanıcıların binayı terk etmesi için geçen süre olan toplam tahliye süresine göre değerlendirilmiştir. Simülasyonlar, asansör ve merdiven kullanımının kombinasyonuna bağlı olarak tahliye sürelerinde farklı modeller ortaya çıkarmıştır.

4.1. Senaryo 1 (Sadece Merdiven) Analizi (Scenario 1 (Stairs Only) Analysis)

Senaryo 1, tüm bina sakinlerinin tahliye için sadece merdivenleri kullandığı geleneksel bir yaklaşımı simüle etmektedir. Bina modelinde, makine dairelerine herhangi bir bina sakini atanmamıştır. Bunun yanında 31. katta bulunan hamam, sauna ve 46. kattaki gece kulübü, diğer kaylardan ayrışan, oldukça yüksek bir kullanıcı yüküne sahiptir. Senaryo 1'de, tahliye süresi 49 dakika olarak gerçekleşmiştir. Bu uzun süre, merdiven kullanımının bazı dezavantajlarını ortaya koymaktadır:

- **Fiziksel Zorluk:** Yüksek katlardaki kullanıcılar için merdivenlerden inmek fiziksel olarak zorlu bir süreçtir. Özellikle yaşlılar, çocuklar ve hareket kabiliyeti kısıtlı bireyler için bu durum ciddi bir engel oluşturabilir.
- **Tıkanıklık Riski:** Çok sayıda kullanıcının aynı anda merdivenleri kullanması, dar alanlarda tıkanıklıklara ve ezilme tehlikesine yol açabilir.
- **Tahliye Süresinin Uzunluğu:** Merdiven kullanımı, asansörlere göre daha yavaş bir tahliye süreci anlamına gelir. Bu durum, yangın gibi acil durumlarda hayati tehlike oluşturabilir.

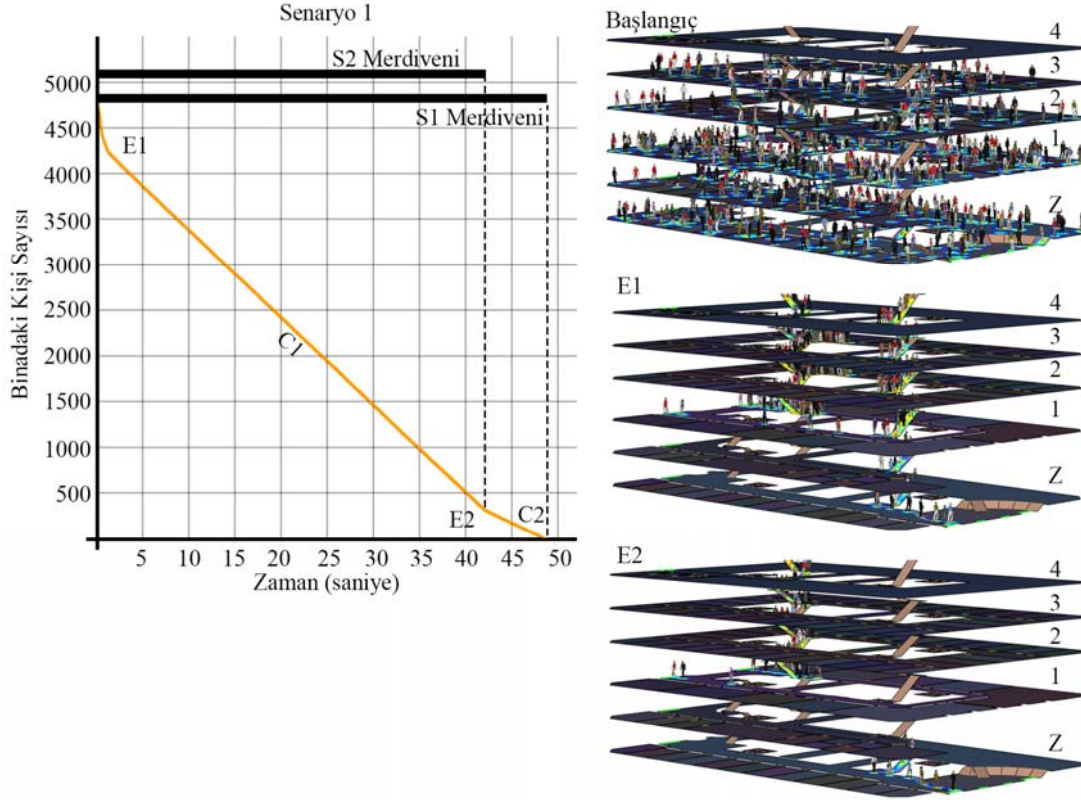
Senaryo 1'in sonuçları, yüksek binalarda sadece merdiven kullanımının yeterli olmadığını ve alternatif tahliye yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Senaryo 1 için simülasyon sonuçları Şekil 4'te gösterilmektedir. Grafik, binanın tahliye süresinin 49 dakika olduğunu göstermektedir. Grafik incelendiğinde, tahliye hızının değiştiği belirgin noktalar gözlenmektedir. Bu noktalar "E" koduyla işaretlenmiştir. Bu kırılma noktalarının arasındaki doğrusal kısımlar ise "C" kodu ile gösterilmiştir.

E1, tahliyenin ilk 5 dakikası içinde ortaya görülmektedir. Bu nokta, çıkışlara erişimi olan katlardaki bireylerin erken aşamalarda binayı hızla boşaltmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4'te görüldüğü üzere tahliye başlangıcında ilk 5 kattaki bina sakinleri E1 noktasına kadar hızla tahliye edilmektedir. Daha sonra, tahliye eğrisi uzun bir süre boyunca sabit bir seyir izlemektedir. Bu aşamada, merdivenlerin genişliği bina genelinde tahliye hızını sınırladığı için tahliye hızı sabit kalmaktadır. Bu doğrusal alanda (C1) tahliye eğrisinin eğimi, tahliye hızını göstermektedir.

Tablo 2. Uzman Değerlendirmeleri (Expert Evaluations)

Uzman	Uzmanlık Alanı	Geri Bildirim
A	Mimar	Bina modelinin gerçekçi olduğunu ve bina özelliklerini doğru bir şekilde yansıttığını belirtmiştir.
B	Yangın Güvenliği Mühendisi	Tahliye senaryolarının gerçekçi olduğunu ve farklı asansör kullanım oranlarının tahliye süresine etkisini doğru bir şekilde değerlendirdiğini belirtmiştir.
C	İnşaat Mühendisi (Tahliye Konusunda Tecrübeli)	Simülasyon sonuçlarının, gerçek hayattaki tahliye süreçlerinde gözlemlenen davranışlarla uyumlu olduğunu belirtmiştir.

**Şekil 4.** Senaryo 1 Simülasyon Sonuçları (Scenario 1 Simulation Results)

E2, binanın merdivenlerinden birinin (S2) boşalmasıyla oluşmaktadır. Bu noktadan sonra, bina sadece tek bir merdivenle (S1) tahliye edilir ve bu da ilk aşamaya kıyasla daha yavaş bir tahliye hızına yol açmaktadır. Bu noktadan sonra, binanın tahliye verimliliği azalmaktadır. Bu durum, binanın tahliye bileşenlerinin optimum şekilde çalışmasının önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle, kullanıcıların çeşitli tahliye bileşenlerine eşit şekilde yönlendirilmesini kolaylaştıran verimli bina tasarımı, optimum tahliye performansı için gereklidir.

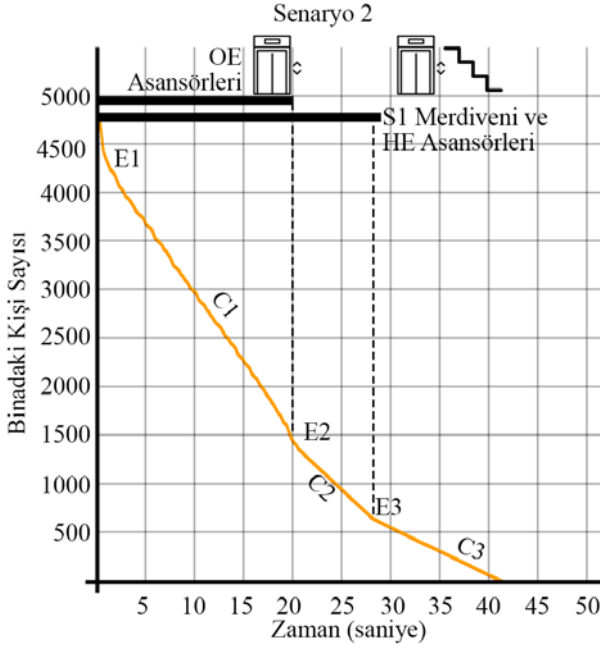
4.2. Senaryo 2 (25% ADT - 75% Merdiven) Analizi: Kısmi Asansör Kullanımının Etkisi (Scenario 2 (25% EAE - 75% Stairs) Analysis: Effect of Partial Elevator Use)

Senaryo 2, bina sakinlerinin %75'inin merdivenleri, %25'inin asansörleri kullandığı bir durumu simüle etmektedir. Şekil 5, Senaryo 2'ye ait simülasyon sonuçlarını göstermektedir. E1, önceki senaryoda gözlemlenenlere benzer nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Şekil 7'de binanın zemin kattan 4. kata kadarki kısmının ilk 60 sn. içerisinde tahliye edildiği görülmektedir. Ardından Şekil 5'te C1 olarak adlandırılan sabit hızlı bir tahliye dönemi, E2 noktasına kadar devam

etmektedir. E2, ofis asansörlerini kullanan bina sakinlerinin (her kattaki kullanıcıların %25'inin) tahliye edilmesi ile oluşmaktadır (Şekil 7-1130. saniye). S2 merdiveni ve otel asansörlerinin tahliyesini tamamlaması ile E3 noktası oluşmakta ve tahliye hızı bir kez daha azalmaktadır (Şekil 7-1600. Ve 1680. saniye). Bu aşamadan sonra bina tahliyesi yalnızca S1 merdiveni üzerinden devam etmektedir. S1 ve S2 merdivenlerinin birbirinin simetrik ikizleri olmasına rağmen farklı zamanlarda boşalmasının temel sebebi, bu merdivenlere eşit dağıtılamayan bina sakinleridir. Şekil 6'da görüldüğü üzere gece kulübü katının sadece bir koridora sahip olması, insanların büyük bir kısmını S1 merdivenine zorunlu giriş yapmasına ve S2 merdiveninin bütün senaryolarda S1'den daha önce boşalmasına sebep olmaktadır.

Sonuç olarak, Senaryo 2'de tahliye süresi 41 dakikaya düşmüştür. Bu azalma, asansör kullanımının tahliye sürecini hızlandırdığını göstermektedir. Ancak, Senaryo 2'nin de bazı dezavantajları bulunmaktadır:

- **Asansör Bekleme Süreleri:** Asansör kullanım oranı düşük olsa bile, özellikle yoğun katlarda uzun bekleme süreleri görülmektedir.
- **Optimizasyon Eksikliği:** Asansör ve merdiven kullanımının %25-%75 oranı, bina özelliklerine ve kullanıcı sayısına göre optimal çözüm sunmayabilir.



Şekil 5. Senaryo 2 Simülasyon Sonuçları
(Scenario 2 Simulation Results)

4.3. Senaryo 3 (50% ADT - 50% Merdiven) Analizi (Scenario 3 (50% EAE - 50% Stair) Analysis)

Senaryo 3 için simülasyon sonuçları Şekil 8'de sunulmaktadır. Grafiğin incelendiğinde, ilk kırılma noktasının (E1) tahliyenin ilk 5 dakikası içinde ortaya çıktığı görülmektedir. İkinci kırılma noktasında (E2), S2 merdiveni ve asansörler tahliyesini tamamlamaktadır. Daha sonra, bina tahliyesi sadece S1 merdiveni aracılığıyla devam etmektedir. S1 merdiveninin geç boşalması, Senaryo 2'de tartışıldığı gibi gece kulübü katının yapısal düzenine bağlanabilir. Sonuç olarak, Senaryo 3'te Mersin Metropol Binası için tahliye süresi toplam 29 dakikadır.

Senaryo 3, bina sakinlerinin yarısının merdivenleri, diğer yarısının asansörleri kullandığı dengeli bir yaklaşımı simüle etmektedir. Bu senaryo, 29 dakikalık tahliye süresiyle, tüm senaryolar arasında en etkili sonuçları vermiştir. Bu başarı, birkaç faktöre bağlanabilir:

- **Yük Dağılımı:** Merdiven ve asansör kullanımının eşit olarak dağıtılması, her iki tahliye yolundaki yükü azaltarak tıkanıklıkları önlemiştir.
- **Asansör Verimliliği:** Asansörler, daha yüksek katlardaki kullanıcıları hızla zemine indirerek, merdivenlerdeki yoğunluğu azaltmıştır.
- **Merdiven Kullanımının Devamı:** Merdivenlerin bina kullanıcılarının yarısı tarafından kullanılması, asansör bekleme sürelerini azaltmış ve tahliye sürecini hızlandırmıştır.

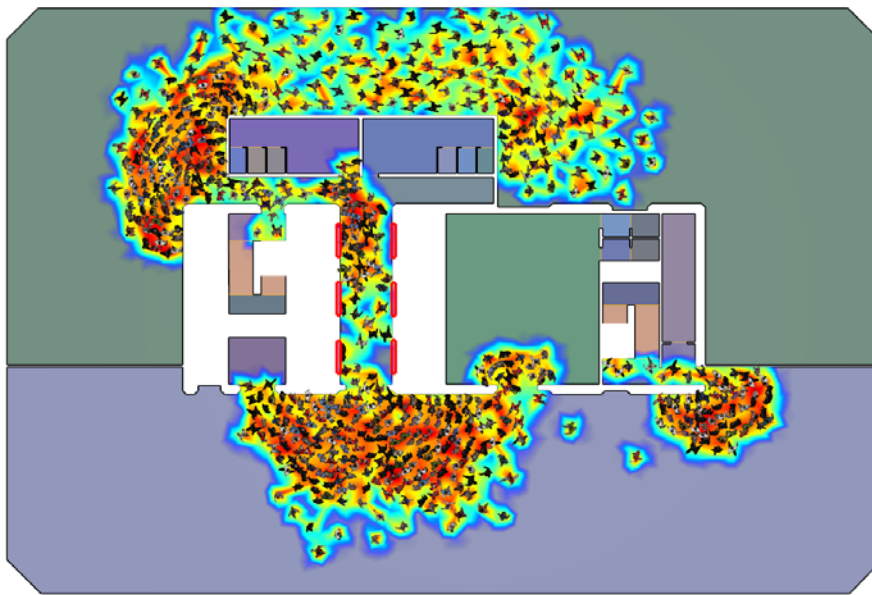
Ancak, Senaryo 3'te de bazı gecikmeler yaşanmıştır. Özellikle gece kulübü katının tek koridora sahip olması, sol merdivende tıkanıklığa neden olmuş ve tahliyeyi yavaşlatmıştır. Bu durum, yüksek kullanıcı yüküne sahip alanların tasarımında ve yerleşiminde dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

4.4. Senaryo 4 (75% ADT - 25% Merdiven) Analizi (Scenario 4 (75% EAE - 25% Stair) Analysis)

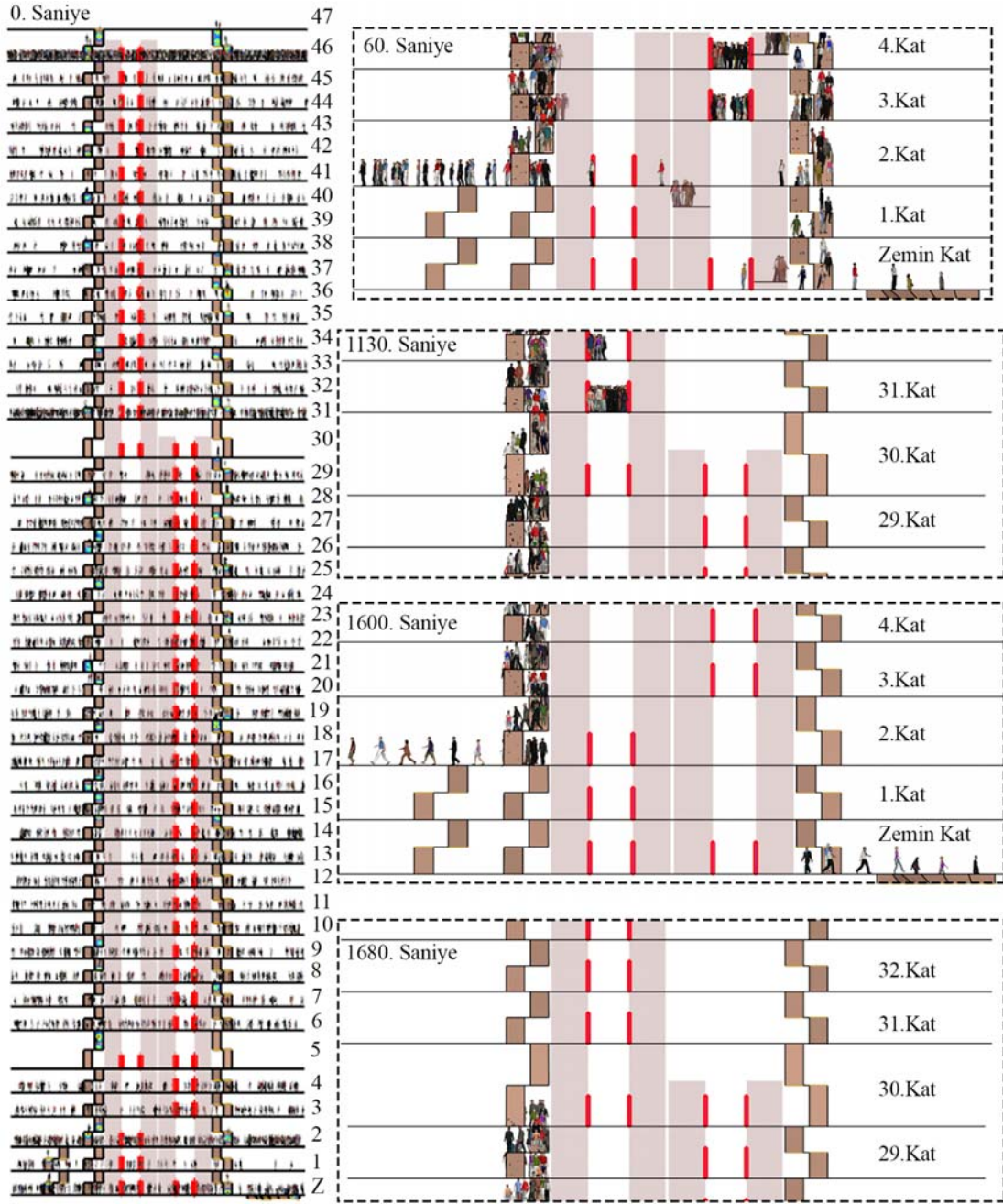
Senaryo 4'te, bina kullanıcılarının %25'i merdivenleri, kalan %75'i asansörleri kullanarak tahliye edilmiştir. Şekil 9, Senaryo 4'ün simülasyon sonuçlarını göstermektedir. Şekil incelendiğinde üç kırılma noktası ve üç sabit alan görülmektedir. E2 noktasında, S1 ve S2 merdivenlerinde tahliyenin tamamlandığı ve bu aşamadan sonra sadece asansörlerle tahliyeye devam edildiği gözlenmektedir. Daha sonra, E3 noktasında, ofis asansörlerinin tahliyeyi tamamladığı ve tahliyenin sadece otel asansörleri aracılığıyla devam ettiği görülmektedir.

Sonuç olarak bu senaryoda, tahliye süresi 33 dakikaya çıkmıştır. Bu artışın nedenleri şunlardır:

- **Asansör Bekleme Süreleri:** Asansör kullanımının artması, asansör kuyruklarında ve bekleme sürelerinde artışa yol açmıştır. Böylece,



Şekil 6. Asansörleri Bekleyen Kullanıcıların Koridoru Tıkaması (Gece Kulübü Katı - Senaryo 2)
(Occupants Waiting for Elevators Clogging the Hallways (Nightclub Floor - Scenario 2))



Şekil 7. Senaryo 2 simülasyon sonuçları (Scenario 2 Simulation Results)

asansörlerin tüm kullanıcıları zamanında tahliye etmesi zorlaşmıştır.

- **Merdivenlerin Etkin Kullanılmaması:** Merdivenlerin sadece %25 tarafından kullanılması, bu tahliye yolunun tam potansiyelinin kullanılmamasına neden olmuştur.

Senaryo 4'ün sonuçları, yüksek bina tahliyesinde asansör kullanımının optimize edilmesinin önemini göstermektedir. Sadece asansörlere güvenmek, yüksek kullanıcı yükü ve bekleme süreleri nedeniyle tahliye süresini uzatabilir.

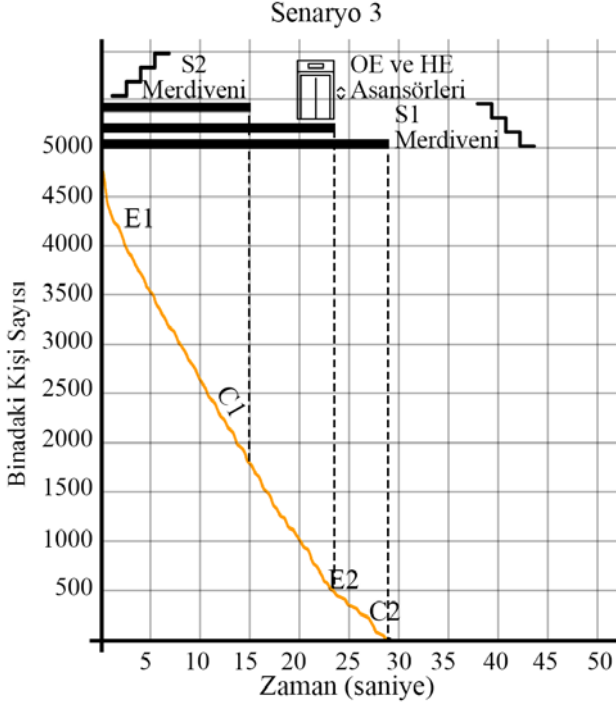
Senaryo 3 ve 4'ün karşılaştırması, yüksek bina tahliyesinde asansör ve merdiven kullanımının dengeli bir yaklaşımının önemini vurgulamaktadır. Her iki tahliye yolunun da avantajlarını ve

dezavantajlarını göz önünde bulundurarak, bina özelliklerine, kullanıcı sayısına ve tahliye senaryosuna göre en etkili strateji belirlenmelidir. Asansörlerin tahliye planlamasına entegre edilmesi, tahliye verimliliğini artırmak için önemli bir adımdır. Ancak, asansörlerin tek başına yeterli olmadığı ve merdivenlerin de tahliye stratejisinin önemli bir parçası olması gerektiği unutulmamalıdır.

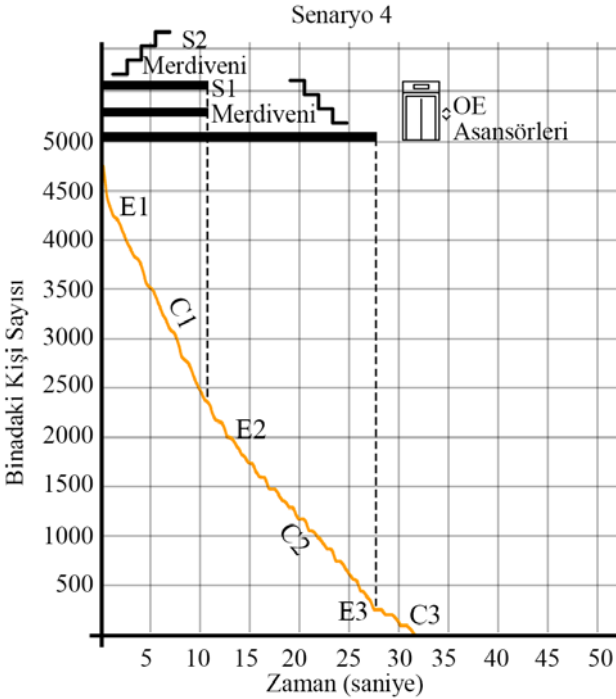
4.5. Senaryo 5 (Sadece ADT) Analizi (Scenario 5 (EAE Only) Analysis)

Senaryo 5, tüm bina sakinlerinin tahliye için sadece asansörleri kullandığı bir durumu simüle etmektedir. Bu senaryoda, tahliye süresi 39 dakika olarak gerçekleşmiştir. Bina tahliyesinin ilk aşamalarında, çıkışlara doğrudan erişimi olan katlarda bulunan bireyler hızlı ve verimli bir şekilde tahliye edilmiştir (Şekil 10-E1 noktası). İlk kırılma

noktası olan E1'de, tahliye hızı yavaşlamış ve sonrasında uzun bir süre boyunca sabit bir hızda devam etmiştir. Bu noktadaki çizginin eğimi, o dönemdeki binanın tahliye hızını göstermektedir. Tahliye sürecinin yaklaşık 32. dakikasında, binanın alt kısmında bulunan ofislere hizmet veren asansörlerin tahliyesinin tamamlanmasıyla birlikte bir başka kırılma (E2) noktası oluşmaktadır. Bu kritik noktadan sonra, binanın sadece üst katları tahliye sürecine devam etmektedir.



Şekil 8. Senaryo 3 simülasyon sonuçları (Scenario 3 Simulation Results)



Şekil 9. Senaryo 4 simülasyon sonuçları (Scenario 4 Simulation Results)

Şekil 3 ve Şekil 7'de gösterildiği gibi, üst katlara (otel katları- HE asansörleri) ve alt katlara (ofis katları-OE asansörleri) hizmet veren asansörler birbirinden ayrılmıştır. HE asansörleri, OE asansörlerine kıyasla daha az kata ve daha az kullanıcıya hizmet vermesine barındırmasına rağmen, üst katların (HE asansörlerinin) tahliyesi daha fazla zaman almıştır. Bu gecikmenin nedenlerinden biri, 46. katta bulunan gece kulübündeki yüksek kullanıcı yüküdür. Bu tür yoğun nüfuslu alanlar, bina tasarım aşamasında daha fazla dikkat gerektirmektedir. Bu tür yüksek kullanıcı yüküne sahip mekanların, zemin kata mümkün olduğunca yakın konumlandırılması, tahliyeyi önemli ölçüde kolaylaştıracaktır. Ayrıca, HE asansörleri ve OE asansörlerinin tahliye sürelerinin birbirinden ayrılmasında etkili bir diğer faktör, asansörlerin gidiş-dönüş süresidir (Round Trip Time). HE asansörlerinin aldıkları çağrılara cevap vererek insanları aldıktan sonra çıkış katlarına ulaşması için gereken mesafe, OE asansörlerinininkinden oldukça fazladır. Bu durumun binanın tasarım aşamasında dikkate alınarak bina içi trafik planlamasının bu yönde yapılması gerekmektedir.

Senaryo 5'in sonuçlarını gösteren grafiksel gösterim (Şekil 10) aşağıda verilmiştir. İlk bakışta, sadece asansör kullanımı, sadece merdiven kullanımından (49 dakika) daha verimli görünmektedir. Ancak, bu senaryonun bazı önemli dezavantajları bulunmaktadır:

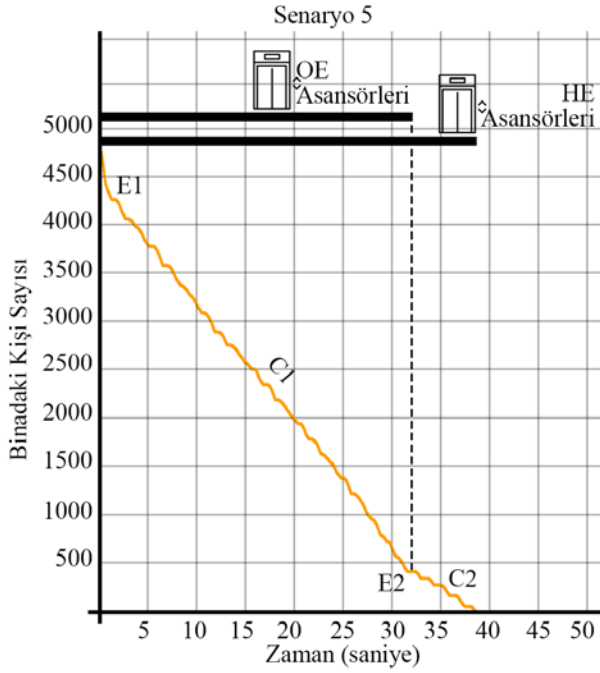
- **Asansör Kapasitesi Sınırlamaları:** Her ne kadar asansörler yüksek katlardaki kullanıcıları hızlı bir şekilde zemine indirebilse de, sınırlı kapasiteleri nedeniyle bekleme süreleri oluşmuştur. Bu durum, özellikle yoğun nüfuslu binalarda tahliye süresini uzatabilir.
- **Tek Hata Noktası:** Asansör sisteminde herhangi bir arıza veya elektrik kesintisi durumunda, tüm tahliye süreci durma noktasına gelebilir. Bu da büyük bir güvenlik riski oluşturur.
- **Psikolojik Etkiler:** Kapalı bir alanda beklemek, bazı kullanıcılar için kaygı ve panik yaratabilir. Bu durum, tahliye sürecinde kargaşaya ve kazalara yol açabilir.

Senaryo 5'in sonuçları, asansörlerin yüksek bina tahliyesinde önemli bir rol oynadığını gösterse de tek başına yeterli olmadıklarını ve merdivenlerin de tahliye stratejisinin önemli bir parçası olması gerektiğini vurgulamaktadır.

Senaryo 5'in sonuçları, asansör kullanımının optimizasyonu ve risklerin azaltılması için şu önlemlerin alınması gerektiğini göstermektedir:

- **Yeterli Asansör Sayısı ve Kapasitesi:** Bina tasarımında, kullanıcı sayısına ve tahliye senaryolarına uygun sayıda ve kapasitede asansör planlanmalıdır.
- **Acil Durum Güç Kaynağı:** Asansör sisteminin elektrik kesintilerinden etkilenmemesi için acil durum güç kaynağı sağlanmalıdır.
- **Yangına Dayanıklı Asansörler:** Yangın durumunda asansörlerin güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için yangına dayanıklı asansörler tercih edilmelidir. Bu asansörler, duman sızdırmazlığına sahip ve yangına dayanıklı malzemelerden inşa edilirler. Ayrıca asansör kulesinde pozitif basınç oluşturularak içeri duman sızma ihtimali ortadan kaldırılır.
- **Kullanıcı Eğitimi:** Bina sakinleri, asansör kullanımına ilişkin talimatlar ve acil durum prosedürleri konusunda eğitilmelidir.

Asansörler yüksek bina tahliyesinde önemli bir rol oynar ancak tek başına yeterli değildir. Merdivenlerle birlikte kullanıldığında ve gerekli önlemler alındığında, tahliye süreci daha güvenli ve verimli hale getirilebilir.



Şekil 10. Senaryo 5 simülasyon sonuçları (Scenario 5 Simulation Results)

4.5. Karşılaştırmalı Analiz ve Optimal ADT Stratejisi (Comparative Analysis and Optimal ADT Strategy)

Bu bölümde, beş farklı tahliye senaryosunun sonuçları, tahliye süresi, tıkanıklık noktaları ve kullanıcı davranışları gibi faktörler açısından karşılaştırılacaktır. Amaç, Mersin Metropol Binası için en etkili ADT stratejisini belirlemektir.

Tablo 3'te görüldüğü gibi, Senaryo 3 (50% ADT - 50% Merdiven), 29 dakikalık tahliye süresiyle en etkili sonuçları vermiştir. Bu senaryoda, asansör ve merdiven kullanımının dengeli bir şekilde dağıtılması, her iki tahliye yolundaki yükü azaltarak tıkanıklıkları önlemiştir. Asansörler, yüksek katlardaki kullanıcıları hızla zemine indirerek, merdivenlerdeki yoğunluğu azaltmıştır. Merdivenlerin bina sakinlerinin yarısı tarafından kullanılması ise asansör bekleme sürelerini azaltmış ve tahliye sürecini hızlandırmıştır.

Tablo 3. Farklı Senaryolarda Tahliye Süreleri (Evacuation Times in Different Scenarios)

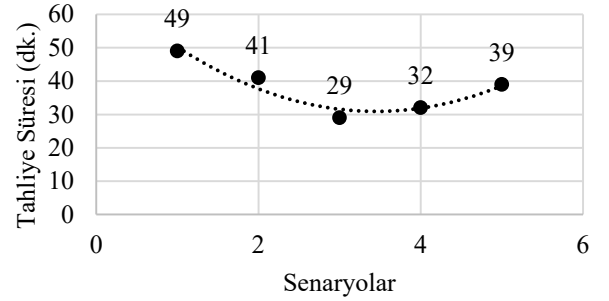
Senaryo	Tahliye Türü	Tahliye Süresi (dk.)
1	Sadece Merdiven Tahliyesi	49
2	Merdiven ve Asansör Kombinasyonlu Tahliye (%25-%75)	41
3	Merdiven ve Asansör Kombinasyonlu Tahliye (%50-%50)	29
4	Merdiven ve Asansör Kombinasyonlu Tahliye (%75-%25)	33
5	Sadece Asansör Tahliyesi	39

Senaryo 2 (25% ADT - 75% Merdiven) ve Senaryo 4 (75% ADT - 25% Merdiven), Senaryo 3'e göre daha uzun tahliye süreleri göstermiştir. Bu senaryolarda, asansör ve merdiven kullanımının dengesiz olması, bekleme sürelerinde artışa ve tahliye yollarının etkin kullanılmamasına neden olmuştur.

Senaryo 1 (Sadece Merdiven) ve Senaryo 5 (Sadece ADT), en uzun tahliye sürelerine sahip senaryolardır. Senaryo 1'de, merdiven kullanımının fiziksel zorlukları ve tıkanıklık riski, tahliye süresini

uzatmıştır. Senaryo 5'te ise, asansör kapasitesi sınırlamaları ve olası arızalar, tahliye sürecinin etkinliğini azaltmıştır.

Mersin Metropol Binası için en etkili ADT stratejisi, asansör ve merdiven kullanımını dengeli bir şekilde içeren Senaryo 3'tür. Bu strateji, tahliye sürelerini önemli ölçüde kısaltmakta ve kullanıcıların güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlamaktadır. Şekil 11, binanın simülasyon sonuçlarının değişme eğilimini göstermektedir. Mersin Metropol Binası, NFPA 101 tarafından belirlenen kullanıcı yükü ile modellendiğinde, 5 senaryo boyunca tahliye süreleri 29 dakika ile 49 dakika arasında değişmektedir. Senaryoların tahliye sürelerinde dikkate değer bir eğilim gözlemlenmektedir. 5 senaryonun sonuçlarından elde edilen polinom eğrisi çizildiğinde, grafikte gösterilen noktali eğri ortaya çıkmaktadır. Bu görselleştirme, binanın minimum tahliye süresini temsil eden noktanın 3. senaryoya çok yakın bir noktada olduğunu vurgulamakta ve bu koşullar altında tahliye sırasında optimum verimliliği göstermektedir.



Şekil 11. Senaryonun Sonuçlarından Elde Edilen Polinom Eğrisi (Polynomial Curve Obtained from the Results of the Scenario)

Asansörlerin, ister sadece ister merdivenlerle birlikte kullanılsın, tahliye süresinde önemli bir azalmaya yol açması, yüksek binaların tahliye verimliliğini artırmada hayati bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu bulgu, asansörlerin tahliye planlamasına entegre edilmesinin tahliye verimliliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda tahliye için asansör sevk stratejilerinin geliştirilmesi veya bina sakinlerini tahliye sırasında asansör kullanımını konusunda eğitmek için eğitim programları uygulanabilir. Engelli, yaşlı, hasta ve hamile bireyler ile çocuklara öncelikli olarak eğitim verilerek, asansör tahliyesi hibrit bir biçimde kullanılabilir.

5. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışma, Mersin Metropol Binası üzerinden bir vaka çalışmasıyla yüksek binalardaki tahliye süreçlerini ve asansör destekli tahliye (ADT) stratejilerinin etkinliğini incelemiştir. Bilgisayar simülasyonları ile farklı senaryolar altında yapılan analizler, ADT'nin tahliye sürelerini önemli ölçüde kısaltabildiğini ve özellikle savunmasız grupların güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlayabildiğini ortaya koymuştur.

Çalışmanın temel bulguları hem asansör hem de merdiven kullanımını içeren dengeli ADT stratejilerinin, sadece merdivenlere kıyasla tahliye sürelerini %40'a kadar azaltabileceğini göstermektedir. Ancak, sadece asansörlere güvenmenin, asansör kapasitesi sınırlamaları, olası arızalar ve psikolojik etkiler nedeniyle optimal bir çözüm olmadığı da vurgulanmalıdır.

ADT'nin etkinliğini artırmak için bina tasarımı ve güvenlik sistemlerinin önemi de çalışma sonuçlarında öne çıkan bir diğer bulgudur. Sığınak katları, geniş merdivenler ve koridorlar, duman

kontrol sistemleri, acil durum güç kaynakları ve yangın alarm sistemleri gibi bina tasarım özellikleri ve güvenlik sistemleri, tahliye süreçlerini kolaylaştırır ve güvenliği artırır. Bu unsurlar, ADT stratejilerinin başarısı için kritik öneme sahiptir.

Ayrıca, çalışmada farklı demografik grupların ihtiyaçlarının da göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmıştır. Yaşlılar, engelliler, çocuklar ve hamile kadınlar gibi savunmasız gruplar, tahliye sürecinde özel ilgi ve desteğe ihtiyaç duyarlar. ADT stratejileri, bu grupların fiziksel kısıtlamalarını ve olası panik durumlarını dikkate alarak uyarlanmalıdır.

Bu bulgular ışığında, yüksek bina tahliye stratejilerini geliştirmek için birkaç öneri sunulabilir. Öncelikle, bina tasarımında ve tahliye planlamasında asansör ve merdiven kullanımının dengeli bir şekilde ele alınması önemlidir. Asansörlerin kapasitesi ve hızı, bina sakinlerinin sayısına ve tahliye senaryolarına göre belirlenmeli ve yüksek hızlı asansörler tercih edilmelidir. Sığınak katlarının yerleşimi ve donanımı, acil durumlarda güvenli bir sığınak sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Ayrıca, duman kontrol sistemleri, acil durum güç kaynakları ve yangın alarm sistemleri gibi güvenlik sistemleri, tahliye süreçlerini kolaylaştırır ve güvenliği artırır.

Bina sakinlerinin tahliye prosedürleri ve acil durum davranışları konusunda düzenli olarak eğitilmesi, tahliye sürecinin başarısı için hayati önem taşır. Eğitim programları, farklı demografik grupların ihtiyaçlarını dikkate alarak tasarlanmalı ve oyunlar, hikayeler ve simülasyonlar gibi etkileşimli yöntemler kullanılmalıdır.

Son olarak, teknolojik gelişmelerin ADT stratejilerine entegrasyonu, tahliye süreçlerini daha da optimize edebilir. Akıllı asansör sistemleri, rehberlik sistemleri ve acil durum iletişim sistemleri, tahliyenin daha hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olabilir.

Gelecekteki araştırmalar, farklı bina türleri ve karmaşık acil durum senaryoları için özel ADT stratejilerinin geliştirilmesine odaklanabilir. Ayrıca, acil durumlarda insan davranışının daha iyi anlaşılması ve modellenmesi, tahliye planlarının etkinliğini artıracaktır. Teknolojik gelişmelerin ADT stratejilerine entegrasyonu da gelecekteki araştırmaların önemli bir odak noktası olacaktır.

ADT, yüksek binalardaki tahliye süreçlerinin verimliliğini ve güvenliğini artırmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Bina tasarımı, güvenlik sistemleri, kullanıcı özellikleri ve teknolojik gelişmeler gibi faktörlerin dikkate alınmasıyla, ADT stratejileri daha da optimize edilebilir ve yüksek binalardaki tahliye süreçleri daha güvenli ve etkili hale getirilebilir.

Kaynaklar (References)

1. Satır M.S., Analyzing Elevator Use for Normal Evacuation of High-Rise Buildings: Is Tower and Mersin Metropolis Building Cases, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2021.
2. Satır M.S., Topraklı A.Y., A Review of Evacuation of High-Rise Buildings, Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning, 8 (1), 553-563, 2020.
3. Satır M.S., Topraklı, A.Y., Qualitative and quantitative analysis of fire evacuation risks of 18 historical mosques in Ankara-Altındağ region, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 36 (3), 1613-1630, 2021.
4. Topraklı A.Y., Satır M.S., Yüksek Binaların Tahliye Etkinliğinin İncelenmesi: Gaziantep Ek Adliye Binası Örneği, Afet ve Risk Dergisi, 5 (2), 545-559, 2022.
5. Satır M.S., Topraklı A.Y. Analyzing elevator use for evacuation efficiency of high-rise buildings in normal conditions: Case of Is Tower, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38 (3), 1493-1504 2023.
6. National Fire Protection Association, NFPA 101: Life Safety Code. 2018.
7. International Building Code, International Code Council. 2018
8. Butler, K., Kuligowski, E., Furman, S. ve Peacock, R., Perspectives of occupants with mobility impairments on evacuation methods for use during fire emergencies, Fire Safety Journal, 91, 955-963, 2017.
9. Koo, J., Kim, Y. S., Kim, B.I. ve Christensen, K. M., A comparative study of evacuation strategies for people with disabilities in high-rise building evacuation, Expert Systems with Applications, 40 (2), 408-417. 2013.
10. Chen, J., Wang, X. ve Fang, Z., Collaborative Evacuation Strategy of Ultra-tall Towers among Stairs and Elevators, Procedia Eng 135, 170-174, 2016.
11. Xing, Z. ve Tang, Y., Simulation of Fire and Evacuation in High-Rise Building, Procedia Eng, 45, 705-709, 2012.
12. Kinatader, M.T., Omori, H. ve Kuligowski, E.D., The Use of Elevators for Evacuation in Fire Emergencies in International Buildings, 2014.
13. Soltanzadeh, A., Alaghmandan, M., Soltanzadeh, H., Performance evaluation of refuge floors in combination with egress components in high-rise buildings, Journal of Building Engineering, 19, 519-529, 2018.
14. Fang, H., Wang, Q., Qiu, H., Yang, C. ve Lo, S. M., Investigation of elevator-aided evacuation strategies for older people in high-rise elderly housing, Journal of Building Engineering, 64 (105664), 2023.
15. Aleksandrov, M., Cheng, C., Rajabifard, A., Kalantari, M., Modelling and finding optimal evacuation strategy for tall buildings, Saf Sci, 115, 247-255, 2019.
16. Chen, J., Ma, J., Lo, S.M., Event-driven modeling of elevator assisted evacuation in ultra high-rise buildings, Simul Model Pract Theory, 74, 99-116, 2017.
17. Ma, J., Chen, J., Liao, Y. Ve Siuming, L., Efficiency Analysis of Elevator Aided Building Evacuation Using Network Model, Procedia Engineering, 52, 259-266, 2013.
18. Kinsey, M., Galea, E.R. ve Lawrence, P., Human Factors Associated with the Selection of Lifts/Elevators or Stairs in Emergency and Normal Usage Conditions, Fire Technol, 48, 3-26, 2012.
19. Ding, Y., Yang, L., Weng, F., Fu, Z. ve Rao, P., Investigation of combined stairs elevators evacuation strategies for high rise buildings based on simulation, Simulation Modelling Practice and Theory, 53, 60-73, 2015.
20. Liao, Y., Liao, G. Ve Lo, S., Influencing Factor Analysis of Ultra-tall Building Elevator Evacuation, Procedia Engineering, 71, 583-590. 2014
21. Wu, D., Wu, S., Zhao, Q., Zhang, S., Qi, J., Hu, J. Ve Lin, B., Computer vision-based intelligent elevator information system for efficient demand-based operation and optimization Journal of Building Engineering, 81 (108126), 2024.
22. Mossberg, A., Nilsson, D. ve Wahlqvist, J., Evacuation elevators in an underground metro station: A Virtual Reality evacuation experiment Fire Safety Journal 120 (103091), 2021.
23. TripAdvisor. Mersin Metropolis Binası. https://www.tripadvisor.com.tr/LocationPhotoDirectLink-g298000-i393700856-Mersin_Mersin_Province_Turkish_Mediterranean_Coast.html#393700856 846. Yayın tarihi 2024. Erişim tarihi Nisan 29, 2024.
24. Youtube. 52 Kat Mersin Metropolis. <https://www.youtube.com/watch?v=wKwqkLkwwqI>. Yayın tarihi 2024. Erişim tarihi Nisan 29, 2024.
25. Code of Practice for Fire Precautions in Buildings, Singapore, 2018.
26. Reneke, P.A., Peacock, R.D., Hoskins, B.L., Combined Stairwell and Elevator Use During Building Evacuation, 2013.
27. Zu-ming, C., Jin, Z. Ve De-pin, L., Smoke Control – Discussion of Switching Elevator to Evacuation Elevator in High-rise Building, Procedia Engineering, 11, 40-44, 2011.
28. Pathfinder. Thunderhead Engineering. <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/pathfinder-features> Yayın tarihi 2024. Erişim tarihi Nisan 29, 2024.
29. Salt Research. Mertim İş Merkezi. <https://archives.saltresearch.org/>. Erişim tarihi Nisan 29, 2024.
30. Verification and Validation. Thunderhead Engineering. https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/08/verification_validation.pdf. Yayın tarihi 2019. Erişim tarihi Nisan 29, 2024.