



Analyzing elevator use for evacuation efficiency of high-rise buildings in normal conditions: Case of İş Tower

Muhsin Selçuk Satır*^{ID}, Abdurrahman Yağmur Topraklı^{ID}

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

Highlights:

- 18% reduction in evacuation time was achieved with combined stair/elevator use.
- Round Trip Time should be considered while planning elevator layout
- Elevator and stair lobbies should be separated

Keywords:

- High-rise Buildings
- Elevator
- Stair
- Egress
- Normal Evacuation

Article Info:

Research Article
Received: 10.01.2022
Accepted: 23.06.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1055882

Correspondence:

Author: Muhsin Selçuk Satır
e-mail: muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr
phone: +90 312 582 3630

Graphical/Tabular Abstract

In this study, the effect of the use of elevators on the evacuation time of high-rise buildings was examined on the İş Tower (shown in Figure A-on the left) case, which had the title of being the tallest building in Turkey in the recent past. The evacuation times obtained as a result of 5 different scenarios comparing the use of elevators and stairs at different fractions are given in Figure A (on the right).

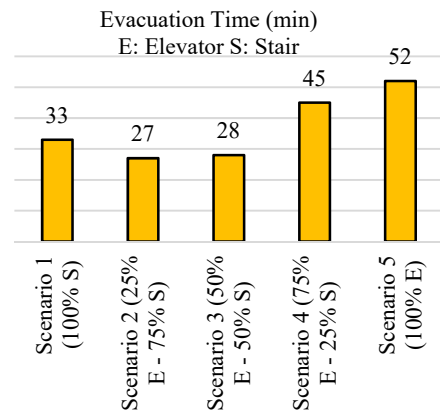


Figure A. İş towers and evacuation times in 5 scenarios modeled

Purpose: One of the biggest problems encountered in high-rise buildings is long evacuation times. With the increasing number of floors, the lengthening evacuation route makes evacuation difficult. In this study, the issue of evacuation by elevator, which has been discussed and researched for many years in the evacuation of high-rise buildings, is examined.

Theory and Methods: In the study, 5 different scenarios modeled. It was examined to what fraction of the occupants of each floor should use the stairs and elevators to reach the shortest evacuation time. In 5 different scenarios, occupants are assigned to use elevators and stairs in 25% increments.

Results: As a result of the simulation, it was observed that the shortest evacuation time was reached when 25% of the occupants on each floor evacuated the building using the elevator and the remaining 75% using the stairs. With this scenario, 18% shorter evacuation time was achieved compared to the scenario which all occupants use the stairs.

Conclusion: It has been observed that the evacuation time can be reduced by 18% with the use of elevators in the evacuation of İş Tower. A longer evacuation time was observed in the elevator-only scenario compared to the staircase-only scenario. The reason for this is that the handling capacity of the stairs of the building is lower than the handling capacity of the elevators. The Round Trip Time should be considered when designing the elevator layout for the upper and lower floors of the building. It has been observed that locating the stair and elevator lobbies together has the effect of extending the evacuation time



Yüksek binaların normal durum tahliye etkinliğinde asansör kullanımının analizi: İş Kule örneği

Muhsin Selçuk Satır*^{ID}, Abdurrahman Yağmur Topraklı^{ID}

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

ÖNEÇIKANLAR

- Yüksek binaların tahliyesinde asansör kullanımı
- Tahliye etkinliği analizi
- Bina tahliyesi benzetim çalışması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 10.01.2022
Kabul: 23.06.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1055882

Anahtar Kelimeler:

Tahliye,
yüksek bina,
benzetim,
asansör

ÖZ

Artan kentleşme ile yoğunlaşan kentlerde sınırlı alanın daha etkin kullanılabilmesi amacıyla yüksek yapıların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. İstanbul'un dünyada en çok yüksek bina bulunan 7. şehri olması, yüksek yapı konusunda ülkemizin yerini ve konuya verilmesi gereken önemi göstermektedir. Yüksek binalarda karşılaşılan en büyük problemlerden birisi, uzun tahliye süreleridir. Artan kat sayısı ile birlikte uzayan tahliye rotası tahliyeyi zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, yüksek binaların tahliyesinde uzun yıllardır tartışılan ve araştırılan asansör ile tahliye konusu incelenmiştir. Dünya'da asansör ile tahliyeye izin veren standart ve yönetmelikler dille getirilmiştir. İstanbul'da yer alan ve yakın geçmişte Türkiye'nin en yüksek binası olma unvanını taşımış İş Kule binası üzerinden oluşturulan bina modeli simülasyonlarla analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada asansör kullanımının, binanın tahliye süresine etkisi incelenmiştir. Oluşturulan 5 farklı senaryoda, binadaki her katın kullanıcılarının hangi oranda merdiven ve asansör kullanımıyla en kısa tahliye süresine ulaşılabildiği incelenmiştir. Elde edilen bulgular sonucu, binanın her katındaki kullanıcıların %25'inin asansörle, kalan %75'lik kısmın ise merdivenle tahliye edilmesiyle en kısa tahliye süresine ulaşıldığı görülmüştür. Bu senaryoda, sadece merdiven kullanımına göre tahliye süresinde yaklaşık %18'lik bir kısalma gözlenmiştir. Ayrıca binanın tahliye elemanlarının en etkin şekilde kullanılmasına engel olan mimari etmenlerden bahsedilmiştir.

Analyzing elevator use for evacuation efficiency of high-rise buildings in normal conditions: Case of İş Tower

HIGHLIGHTS

- Elevator use for evacuation of high-rise buildings
- Evacuation efficiency analysis
- Building evacuation simulation study

Article Info

Research Article
Received: 10.01.2022
Accepted: 23.06.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1055882

Keywords:

Evacuation,
high-rise,
simulation,
elevator

ABSTRACT

The number of high-rise buildings is increasing day by day in order to use the limited space more effectively in cities that are concentrated with increasing urbanization. The fact that Istanbul is the 7th city with the highest number of high-rise buildings in the world shows the place of our country in the field and the importance that should be given to the subject. One of the biggest problems encountered in high-rise buildings is long evacuation times. The extended evacuation route with the increasing number of floors makes evacuation difficult. In this study, the issue of evacuation of high-rise buildings by elevator which has been discussed and researched for many years is examined. Standards and regulations that allow evacuation by elevator in the world have been provided. The building model created on the İş Tower building in Istanbul, which has recently been the tallest building in Turkey, has been analyzed with simulations. In the study, the effect of the use of elevators on the evacuation time of the building was examined. In 5 different scenarios modeled, it was examined that what fraction of the occupants of each floor should use the elevators and stairs to reach the shortest evacuation time. As a result, it was seen that the shortest evacuation time was reached when 25% of the occupants on each floor were evacuated by elevator and the remaining 75% by stairs. In this scenario, an approximate 18% reduction in evacuation time was observed compared to the use of stairs alone. In addition, architectural factors that prevent the most effective use of the building's evacuation components are mentioned.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr, toprakli@gazi.edu.tr / Tel: +90 312 582 3630

1. Giriş (Introduction)

Artan kentleşme, şehirlerde dikey yapılaşmayı artırmakta ve yüksek yapıların sayısını gün geçtikçe artırmaktadır. İstanbul'un dünyada en çok yüksek bina bulunan 7. şehir olması (Emporis standartlarına göre Nisan 2022 itibariyle yüksek bina sayısı bakımından yapılan sıralamaya göre 7042 yüksek bina ile 7. sırada) [1], ülkemizin dikey yapılaşmadaki yerini göstermektedir. Yüksek binalar, yapıları gereği yüksek kullanıcı yüküne sahip binalardır. Bu nedenle yüksek binaların tahliyesine ayrıca önem verilmelidir. İş Kule örneği üzerinden yürütülen bu çalışmada, yüksek binaların normal tahliyesinde (Normal tahliye kavramı, bölüm 1.3'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır.) hangi oranda kullanıcının asansörü veya merdiveni kullanmasıyla en etkin tahliyenin sağlanabileceği araştırılmıştır. Ayrıca tahliye etkin bir tasarım için dikkat edilmesi gerekenler tartışılmıştır. Yüksek binaların tahliyesinde asansör kullanımına izin veren standartlar ve yönetmelikler verilmiş, tahliye prosedüründe asansörlerin bulunduğu ünlü yüksek bina örnekleri gösterilmiştir.

1.1. Yüksek Binaların Tanımı (Definition of High-rise Buildings)

Yüksek binalar en genel anlamıyla, deprem veya rüzgâr yükü gibi yatay yüklere daha fazla maruz kalan binalar olarak tanımlanabilir [2]. Fakat yüksek bina tanımı Dünya'nın çeşitli ülkelerinde farklılık göstermektedir. Ülkemizde Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde yüksek yapılar 21,5 m'den yüksek binalar olarak tanımlanmıştır [3]. Bunun yanında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Bina Yükseklik Sınıfı 1 olan binaları yüksek binalar olarak tanımlamaktadır. Buna göre Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1 ve 2 olan binalar 70 m'den yüksek olduğunda, DTS 3 olan binalar 91 m'den yüksek olduğunda ve DTS 4 olan binalar 105 m'den yüksek olduğunda yüksek bina olarak tanımlanmaktadır [4]. Ülkemiz yönetmeliklerinde birden fazla "yüksek bina" tanımının olması karışıklığa yol açabilecek bir durum olduğu düşünülmektedir. Tablo 1'de görüldüğü üzere Japonya örneği incelendiğinde yüksek bina tanımının sınırı Dünya genelinde kabul gören 20-30 m aralığı yerine deprem tanımları gereği belirlenen 60 m'dir.

Dünya genelindeki yüksek bina tanımları incelendiğinde bazı yönetmelik veya standartlarda yükseklik sınırı kat sayısı ile belirlendiği görülmektedir. Aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi bunlardan biri The Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH)'tır. CTBUH, yüksek binaların ölçülmesinde 3 farklı sınıf belirlemiştir. Bunlar; anten, bayrak direği gibi elemanların hariç tutulduğu yükseklik olan "Mimari Tepeye Kadar Yükseklik", tesisat katları vb. servis katlarının hariç tutulduğu yükseklik olan "En Yüksek

Dolu Kata Kadar Yükseklik" ve bayrak direği vb. niteliğine bakılmaksızın binanın en yüksek noktasını gösteren "Uç Noktasına Kadar Yükseklik" sınıflarıdır [5]. Aşağıdaki tabloda, çeşitli yönetmelik ve standartlardaki yüksek bina ve çok yüksek bina yükseklik sınırları verilmiştir.

1.2. Bina Tahliyesinde Kullanılan Yapı Öğeleri (Building Components that Used in Building Evacuation)

1.2.1. Merdivenler (Stairs)

Merdivenler, binanın temel tahliye elemanı olarak gösterilebilirler. Merdivenlerdeki tahliye karakteri, düz zemindekinden farklıdır. Tahliye hızı merdivende, düz zemine göre (merdiven eğimine ve kullanıcı yoğunluğuna bağlı olarak) ciddi miktarda düşebilmektedir. Ayrıca yüksek binalarda merdiven ile tahliye yorucu olabilmektedir. Çalışmalara göre, yaşlı, engelli veya çocukların yürüme hızları düşük olduğundan dolayı merdivende bariyer etkisi yaratmakta ve arkalarındaki insanların da yürüme hızlarını sınırlandırmaktadırlar [16]. Merdivendeki yürüme hızları analiz edildiğinde, aşağı inişteki hızın yukarı çıkıştaki hızdan fazla olduğu gözlenmiştir [16]. Ayrıca, bu durumun sahanlıkta tam tersi olduğu (aşağı inişte, yukarı çıkıştan daha yavaş) gözlenmiştir [16]. Merdivenle tahliyede, katların merdiven ile birleştiği noktalarda birleşme etkisi (merging effect) gözlenmektedir. Bir kattaki kullanıcılar merdivene girmeye çalışırken üst katlardan gelen kullanıcılar ile etkileşime girmektedir. Bu nedenle, merdivenin bu noktasında tahliye hızı yavaşlamaktadır.

1.2.2. Asansörler (Elevators)

Asansörler, yüksek binaların önemli bir parçası olmuştur. Antik dönemden beri kullanılan basit asansörler olduğu bilirse de günümüzde kullandığımız modern asansörler, 1854 yılında Elisha Graves Otis tarafından tanıtılan "güvenli" asansörlerdir [17]. Asansörler binanın öngörülen kullanıcı yükünü, makul bir sürede istenilen katlara taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bunun başarılabilmesi için belli parametrelerin dikkate alınması gerekmektedir. Asansörün kullanıcı kapasitesi, nominal yük ve kabin büyüklüğü dikkate alınarak hesaplanır. Maksimum hız (m/s), asansörün ulaştığı en büyük hızı ifade ederken, ivme (m/s^2) asansör hızının birim zamandaki değişimini, "JerK" (m/s^3) ise asansör ivmesinin birim zamandaki değişimini ifade eder. Asansörler genellikle yukarı-aşağı öncelikle hareket eder. Bu, asansörlerin en yukarıdan gelen çağrıya ilk olarak cevap vereceği ve kullanıcıları en üstten başlayarak toplayacağı çalışma sistemidir [18]. Gidiş dönüş süresi (Round Trip Time) asansörün dağıtım katından (genellikle

Tablo 1. Bazı Yönetmelik ve Standartlardaki Yüksek Bina ve Çok Yüksek Bina Tanımları (High-rise and Ultra High-rise Building Definitions in Some Regulations and Standards)

Yönetmelik veya Standart	Yüksek Bina	Çok Yüksek Bina
National Fire Protection Association (NFPA) 101 [6]	23 m	
International Building Code (IBC) [7]	23 m	
Çin [8]	27 m (konut) 24 m (diğer)	
Hong Kong [9]	30 m	
Hollanda [10]	70 m	
Singapur [11]		40 kat
Avustralya [12]	25 m	
Emporis Standartları [13]	35 m	100 m
Hindistan [14]	15 m	
Türkiye [3]	21.5	51,5 m
Japonya [15]	60 m	
The Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) [5]	14 kat veya 50 m	300 m

zemin kat) harekete başlayıp istenilen katlara giderek tekrar dağıtım katına gelmesi için gereken süredir [19]. Gidiş Dönüş Süresinin mümkün olduğunca kısa olması, asansör bekleme süresini azaltacağından kullanıcı konforunu artıran bir etmendir. Kullanıcılar genellikle asansörü 30 saniyeden fazla (Ofis binalarında. Konutlarda bu süre 90 saniyeye kadar çıkabilir.) beklemek istemezler [19]. Bu durumda yapılacak trafik planlanmasında Gidiş Dönüş Süresinin 2-3 dakikadan az olması beklenir [19]. Yüksek binalarda bu değerlerin sağlanabilmesi için asansör hızı, ivme gibi değerlerin iyi planlanması gerekmektedir. Burada sınırlayıcı eleman, insan faktörüdür. İnsan, belli bir ivmeden sonra rahatsızlık duymaktadır. Bu değer kişiden kişiye göre değişmekle beraber asansör ivmesinin genellikle 1,5 m/s²'yi aşması istenmez. Bunun yanında asansör hızının belli bir sınırı yoktur. Asansör hızının artışı, şüphesiz Gidiş Dönüş Süresini azaltacaktır fakat asansör hızının 10 m/s den 20 m/s ye çıkması, sadece birkaç saniye kazandırmasına rağmen maliyette ciddi bir artışa neden olacaktır [20]. Bu nedenle maliyet ve beklentilerin yönetebilmesi, optimum dengenin saplanabilmesi açısından önemlidir.

1.2.3. Diğer tahliye elemanları (Other evacuation components)

Yüksek binaların hızlı ve güvenli bir şekilde tahliye edilebilmesi için geleneksel yöntemlerin dışında tahliye elemanları da geliştirilmektedir. Bu tahliye elemanlarının bazıları tasarım aşamasında kalmış bazıları ise uygulanma imkânı bulmuştur. Bu elemanlar; gök köprüler (sky bridges), kaydıraklar, paraşütlü sistemler, helikopterle tahliye ve bina cephesine kurulan geçici asansör sistemleri olarak sıralanabilir. Gök köprüler, bina kompleksi en az 2 kuleyi içeriyorsa kullanılabilir [21]. Gök köprü, yeni bir konsept değildir. İlk gök köprü, 17.yy'da Antonio Contin tarafından Venedik'te kullanılmıştır [21]. Günümüz yüksek binalarında ise en bilinen örneklerinden biri Petronas Kuleleri'dir. Gök köprüler, bir kulede herhangi bir acil durum olduğunda, insanların bitişik kuleye geçerek güvenli bölgeye hızla aktarılabilmesini amaçlar. Bu sistemde tahliyenin etkin bir şekilde sağlanabilmesi için, gök köprüünün binanın tahliye elemanları ile etkin bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Alternatif tahliye yollarından bir diğeri, helikopter kullanımınıdır. Bazı standartlara göre yüksek binalarda helikopter pistini zorunlu tutmaktadır. Helikopterle tahliye yöntemi 1993 WTC saldırısında kullanılsa da [21] yüksek tehlike içeren bir sistemdir. Özellikle yangın durumunda binadan yükselen ısı ve duman, hava türbülansına yol açmakta ve inişi zorlaştırmaktadır. Gemilerde kullanılan tahliye kanallarının binalara uyarlanması, kaydırak sistemleri ile tahliyenin hızlandırılması, şişirilebilir fırlatma modülleri gibi sistemler ise diğer alternatif tahliye elemanları olarak gösterilmektedirler [21].

1.3. Yüksek Binaların Tahliyesinde Asansör ve Merdiven Kullanımı (Elevator and Stair Use for Evacuation of High-rise Buildings)

Yüksek binaların tahliyesi, artan kat sayısı ile her katın merdivene geçiş noktasında oluşan birleşme etkisi (merging effect), sığınma katlarının (refuge floors) kullanımı, baca etkisi (chimney effect), yüksek kullanıcı yükü, artan çıkış rotası uzaklıkları, kat sayısındaki artışla meydana gelen yorulma vb. gibi nedenlerden dolayı az katlı binaların tahliyesinden daha zordur [22-24]. Yüksek binaların tahliyesindeki bu zorlukların aşılabilmesi ve tahliye süresinin kısaltılabilmesi için çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Yüksek binaların tahliye süresini kısaltmada akla gelen ilk çözümlerden biri asansör kullanımınıdır. Asansörle tahliye fikri, 1980'lerin başlarına dayanmaktadır [25]. Asansörle tahliyenin avantajları; dumandan hızlı ilerleyebilme, yaşlı, çocuk, hamile ve hastalar için daha kolay tahliyenin sağlanabilmesi, normal hayatta asansör kullanma alışkanlığı ile tahliye anında asansöre yönelme eğilimi olarak sıralanabilir [23]. Ayrıca acil durumda asansör ile tahliye edilmiş

başarılı tahliye örnekleri bulunmaktadır [26]. Bunlardan biri, Dünya Ticaret Merkezi saldırısıdır. Güney kulesi, kuzey kulesi vurulduktan sonra asansör ile tahliye edilmeye başlanmış ve asansör kullanılamaz hale gelene kadar binlerce kişinin hayatı kurtulmuştur. Hiroshima Motomachi Apartmanı yangını da başarılı asansör kullanımıyla tahliye edilmiş örneklerden bir diğeridir [27]. Kanada Ontario'da bir apartman yangınında ise bina sakinlerinin %74'ü asansör kullanarak tahliye edilmiştir [16]. Konuyla ilgili, IBC yakın geçmişte korunaklı asansörlerle tahliyeye izin vermiştir [16]. Bu durum başka standart ve yönetmeliklerde de kendini göstermeye başlamıştır. Aşağıda verilen standartlar ve yönetmelikler, yüksek binalarda tahliye amaçlı asansör kullanımına izin vermektedir [16].

- American Society of Mechanical Engineering Safety Code for Elevators and Escalators (ASME A17.1-2010),
- ICC International Building Code (IBC) -2012,
- NFPA 101-2012, Life Safety Code,
- NFPA 5000-2012,
- Building Construction and Safety Code,
- European Standards EN 81-73 2006 (Safety rules for the construction and installation of lifts - Particular applications for passenger and goods passenger lifts),
- British Standard (BS 9999:2008- Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings),
- Singapore Fire Safety Code -2013,
- Life Safety of National Building Code of India (IS SP 7 2005).

ISO/TR 25743:2010 (Study of the Use of Lifts for Evacuation During an Emergency) standardında [28] yüksek binalarda asansör ile tahliye üzerine yangın, sel, deprem, patlama, gaz kaçağı gibi çok sayıda acil durum için ayrıntılı bir tablo hazırlanmış ve hangi durumlarda asansör kullanılacağına yönelik tavsiyeler verilmiştir.

Akademik literatür incelendiğinde, bu çalışmada da kullanılan, bina kullanıcılarının farklı oranlarda asansör ve merdiven kullanımıyla etkin tahliye süresinin elde edilmesi üzerine çalışmalar bulunduğu görülmektedir [22, 23, 29]. Çalışmalarda, bina kullanıcılarının hangi oranda asansör kullanımıyla binanın en kısa sürede tahliye edilebileceği araştırılmış ve binanın tahliye süresinde, binanın kat sayısının, asansör hızı ve ivmesinden çok daha etkili olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, binayı dikey bölümlere ayırmanın, asansörlerin daha efektif kullanımı sağladığı için faydalı olduğu belirtilmiştir. Avustralya'da Australian Building Codes Board tarafından binalarda tahliye esnasında asansör kullanımı üzerine hazırlanan doküman [30], asansörleri kimlerin kullanması, nasıl bir tahliye planlaması yapılması vb. konularda yönlendirici tavsiyeler vermektedir.

Amerika'da NIST kurumu tarafından yapılan bir çalışmada, dünya çapında ünlü 6 yüksek binanın (Burj Khalifa, Canary Wharf, Eureka Tower, Petronas Twin Towers, Shanghai World Finance Center and Taipei 101) tahliye prosedürleri incelenmiştir. Bu binalardan 3 tanesinin tahliye prosedüründe asansör kullanımı bulunmaktadır. 1 tanesinde yangın harici durumlarda asansör ile tahliyeye izin verilmektedir. Çalışmada ayrıca Petronas İkiz Kulelerinin tahliye prosedürünün 11 Eylül saldırısından sonra değiştirildiğinden ve asansörün tahliye prosedürüne eklendiğinden bahsedilmektedir [31].

Yüksek binaların tahliyesinde akademik olarak geniş kabul gören bir sistem de sığınak katlarının kullanımınıdır. Yapılan bazı çalışmalarda [16, 23], [32-34] sığınak katlarının yüksek binalarda kullanımı, tasarım ilkeleri, asansörle birleşik kullanımı üzerine araştırmalar yapılmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu çalışmalarda, acil durum esnasında tüm kullanıcıların sığınak katlarına yürüyerek inmesi ve buradan asansörle çıkış katına ulaştırılmaları oldukça yaygın bir metot tavsiyesidir. Fakat bunun sağlanabilmesi için sığınak katlarının her

15-20 katta bir konumlandırılması gerekmektedir çünkü bu mesafeden sonra kullanıcıların hızları yorgunluk etkisiyle ciddi oranda düşecektir [33].

Akademik literatürde yapılan tahliye çalışmaları normal tahliye ve acil durum tahliyesi olarak iki grupta ele alınabilir. İnsanların normal ve acil durum tahliyesinde merdiven ve asansör seçimi üzerine yapılan çalışmada, acil durumlardaki davranışların anlaşılabilmesi için öncelikle normal tahliyenin bilinmesi gerektiğinden bahsedilmektedir [29]. Çalışmada, insanların uzun yıllardır alışlagelmiş uyarılar nedeniyle tahliye esnasında asansör kullanımından uzak durduğuna dikkat çekilmekte ve bu durumun ancak yapılacak uyarı ve eğitimlerle değiştirilebileceğinden bahsedilmektedir [29]. Normal ve acil durum tahliyesinde çıkış seçimi üzerine yapılan bir çalışmada ise normal tahliyenin, binalardaki kalabalık yönetiminin yapılabilmesi için önemli bir çalışma alanı olduğundan bahsedilmektedir [30]. Bu nedenle bu çalışmada normal tahliye kavramı yüksek binalar üzerinden araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot (Material and Method)

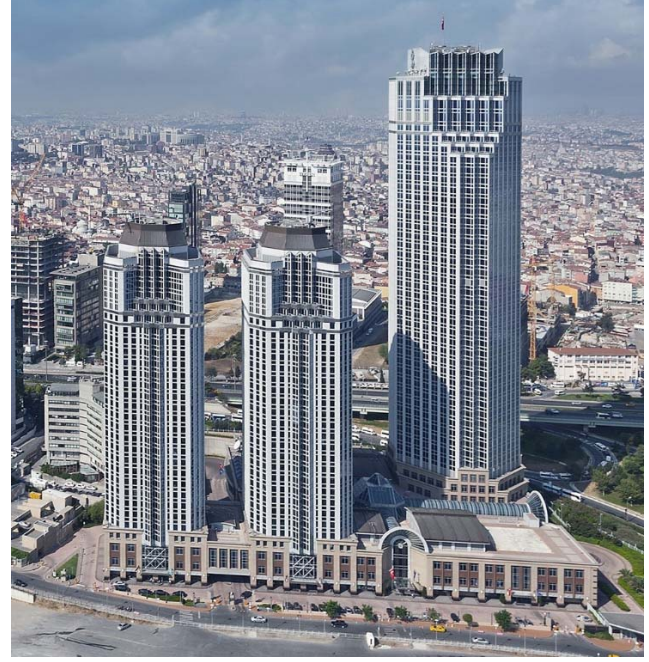
Çalışmada materyal olarak, Türkiye'deki en yüksek yapılardan () olan ve 3 kuleden oluşan İş Kule'nin en yüksek binası olan Kule 1 incelenmiştir. Kule 1, çalışmada "İş Kule" olarak anılmıştır. Binanın planları, mimarın izniyle online olarak paylaşılan orijinal çizimler [35] üzerinden CAD ortamına aktarılarak çizilmiştir. Çizimler, DWG formatına getirildikten sonra Pathfinder programına aktarılmıştır. Burada bölüm 2.1 ve 2.2'de verilen parametreler ile modellenen bina üzerinden analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgular bölüm 3'te tartışılmış ve bölüm 4'te sonuçlar verilmiştir.

Bu çalışmada yüksek binaların normal tahliyesinde asansör kullanımı araştırılmıştır. Dolayısıyla herhangi bir acil durum yerine normal şartlar altında binanın trafiğinin verimliliği incelenmiştir. Tablo 2'de de görüldüğü üzere, her kattaki kullanıcıların belli bir oranının merdiveni, kalanın asansörü kullandığı 5 farklı senaryo oluşturulmuştur. Bunlardan senaryo 1'de sadece merdivenler kullanılarak tahliye edilmekte, senaryo 5'te ise sadece asansörler kullanılarak tahliye edilmektedir. Senaryo 2, 3 ve 4'te ise merdiven ve asansör kullanım oranı %25'lik artışlarla modellenmiştir. 5 farklı senaryonun oluşturulmasındaki amaç, bina kullanıcılarının hangi oranda asansör ve merdiven kullanımıyla en etkin tahliyenin sağlanabileceğini tespit etmektir. Bu sayede bina kullanıcılarına önceden verilecek tahliye eğitiminde, en etkin senaryoya göre bir planlama yapılabilir.

2.1. Materyal: İş Kule (Material: İş Tower)

İş Kule, İstanbul Levent'te bulunan 3 kulelik bir komplekstir. 2000-2011 yılları arasında Türkiye'nin en yüksek binası olma unvanını taşımıştır. Şekil 1'de İş Kule kompleksine ait görsel verilmiştir. Çalışmada, sadece Kule 1 analiz edilmiş, Kule 2, Kule 3 ve bu kuleleri birbirine bağlayan baza ile bodrum katları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Binanın 6 bodrum katı ve zemin üstünde 43 katı bulunmaktadır. Binanın CTBUH yükseklik sınıflarından Mimari

Tepeye Kadar Yüksekliği 181,2 m, En Yüksek Dolu Kata Kadar Yüksekliği 181,2 m, Uç Noktasına Kadar Yüksekliği ise 194,57 m'dir [36]. Kule 1'in girişi, orijinal planda 1. bodrum kat olarak adlandırıldığı için bu çalışmada da aynı şekilde adlandırılmıştır. Binada 2'si ana çıkış olmak üzere toplam 4 çıkış bulunmaktadır. Binanın 4,5,39,40 ve 41. katları tesisat katlarıdır. Şekil 2'de binanın 2 tip planı verilmiştir (Binanın diğer katları da planlara uygun modellenmiş fakat burada verilmemiştir). Binada bulunan merdivenler birbirinin simetrisi olup aynı ölçülere sahiptirler. Merdiven genişliği 145 cm, basamak derinliği 30 cm ve rıht yüksekliği 15 cm'dir.

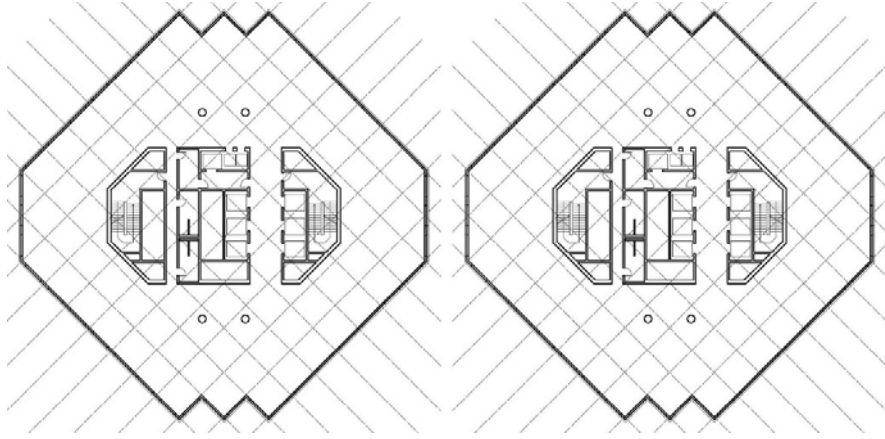


Şekil 1. İş Kule Kompleksi (Kule 1 Sağda) [37]
(İş Tower Complex (Tower 1 is on the right))

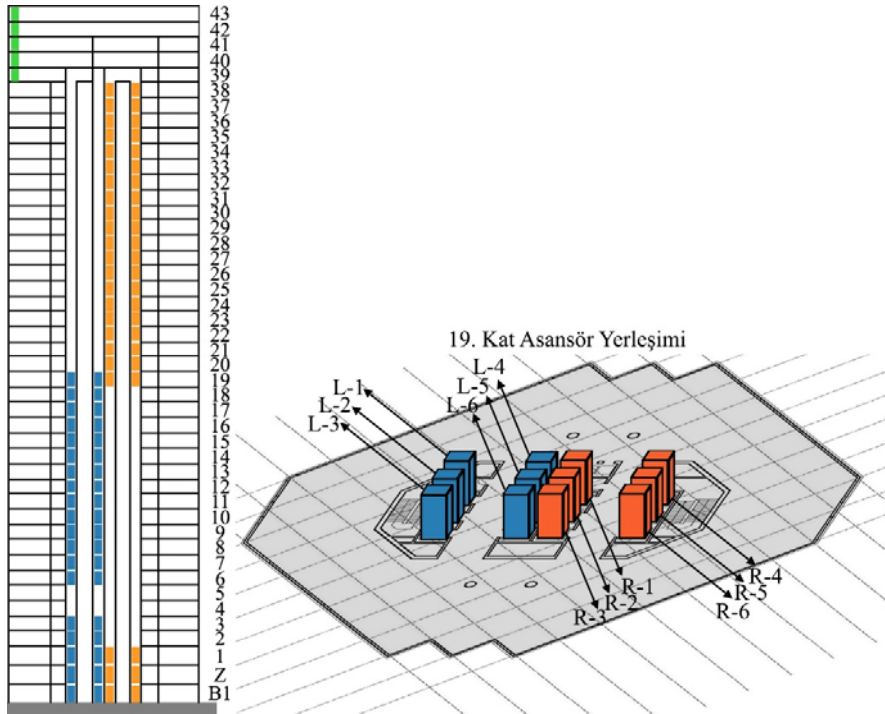
Şekil 3'te görüldüğü üzere, binanın asansörleri, üst katlar ve alt katlar için ayrılmıştır. Mavi ile gösterilen asansörler binanın 19. katına kadar hizmet verirken turuncu ile gösterilen asansörler binanın 19 katından 38. katına kadar hizmet vermektedir. Ayrıca binanın tepesinde 39. kattan 43. kata kadar hizmet veren iki asansör grubu daha bulunmaktadır. Binanın servis asansörleri çalışma dışı bırakılmış olup, analizler kalan 16 asansör üzerinden yapılmıştır. Binada yan yana bulunan asansörler grup şeklinde modellenmiştir. Örneğin Şekil 3'te görülen L-1, L2, L3 asansörleri grup asansörlerdir ve çağırıldığında bunlardan en uygun olanı o kata gelmektedir. Aynı durum (L4, L5, L6), (R1, R2, R3), (R4, R5, R6) ve (Sky1, Sky2 ve Sky3) asansörleri için de geçerlidir. Yapılan modelde, kullanıcıların asansör çağırma uzaklığı 50 cm olarak kabul edilmiştir. Bu durumda kullanıcılar, asansörün 50 cm yakınına geldiklerinde asansörü çağırabilmektedirler. Asansörler yukarı-aşağı öncelikle

Tablo 2. Çalışmada Modellenen 5 Farklı Senaryo (5 Scenarios Modeled in the Study)

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Tahliye Tipi	Merdiven Tahliyesi	Merdiven ve Asansör ile Karma Tahliye			Asansör Tahliyesi
Asansör Kullanan İnsanların Oranı	%0	%25	%50	%75	%100
Merdiven Kullanan İnsanların Oranı	%100	%75	%50	%25	%0
Bulguların Verildiği Bölüm	3,1	3,3			3,2



Şekil 2. İş Kule 6-18. Kat ve 20-34. Kat Planları (6-18. and 20-34. Floor Plans of İş Tower)



Şekil 3. İş Kule'nin Asansör Yerleşimi ve Asansör Grupları (Elevator Placement and Elevator Groups in İş Tower)

Tablo 3. İş Kule Asansör Parametreleri (Elevator Parameters in İş Tower)

Gruplar	Sky L			L L			L R			R L			R R			
Asansörler	Sky L-1	Sky L-2	Sky L-3	Sky R-1	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
İvme	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Maksimum	2,5	2,5	2,5	2,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Hız	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
Açılış+ Kapanış Süresi	7,0 s	7,0 s	7,0 s	7,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s	4,0 s
Kişi	15	15	15	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Kapasitesi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	kişi	11 kişi	11 kişi
Açılış Gecikmesi	5,0 s	5,0 s	5,0 s	5,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s
Kapanış Gecikmesi	5,0 s	5,0 s	5,0 s	5,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s

modellenmiştir. Dağıtım katı, bina çıkışlarının da bulunduğu 1. bodrum kat olarak belirlenmiştir. Asansörlerin maksimum hızları için 2 farklı değer kullanılmıştır. Tablo 3'te de görüldüğü üzere ana

asansörler 6 m/sn, binanın tepesindeki asansörler ise 2,5 m/sn maksimum hızla modellenmiştir. Asansörlerin kişi kapasiteleri, program tarafından belirlenen varsayılan hesaplama modeli üzerinden

hesaplanmıştır. Pathfinder, ortalama omuz genişliği 45,58 cm olarak kabul etmekte ve asansöre bu çapta kaç dairenin sığacağını hesap ederek kişi kapasitesini hesaplamaktadır [38]. Bina modelinin asansör parametreleri, Tablo 3'te verilmiştir.

Binanın kullanıcı yükü, her kat için NFPA101, IBC ve Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğe göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bina kullanıcı yükü, katta bulunan mekanların işlevlerine göre yapılan hesap sonucu BYKHY'e göre 5900 kişi, NFPA ve IBC standartlarına göre ise 4223 kişi olarak bulunmuştur. Bina, dünya genelinde geçerli bir standart olduğu için, NFPA standardı kullanılarak 4223 kişi ile modellenmiştir. Yapılan hesap, Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. İş Kule Kullanıcı Yükü (Occupant Load of İş Tower)

Katlar	Brüt Alan (m ²)	Kullanıcı Yükü (BYKHY)	Kullanıcı Yükü (NFPA)	Kullanıcı Yükü (IBC)
1. Bodrum Katı	2549,2	255	183	183
Zemin Kat	2684,9	269	192	192
1. Kat	2684,9	269	192	192
2. Kat	1801,5	181	129	129
3. Kat	1635,0	164	117	117
4. Kat	Tesisat Katları			
5. Kat	Tesisat Katları			
6. Kat	1404,0	141	101	101
...
...
34. Kat	1404,0	141	101	101
35. Kat	1330,0	133	95	95
36. Kat	1231,0	124	88	88
37. Kat	1108,5	111	80	80
38. Kat	1108,5	111	80	80
39. Kat	Tesisat Katları			
40. Kat	Tesisat Katları			
41. Kat	Tesisat Katları			
42. Kat	961,0	97	69	69
43. Kat	961,0	97	69	69
Toplam Kullanıcı Yükü		5900	4223	4223

2.2. Metod: Mikroskopik Model Tahliye Yazılımı ile Analiz (Method: Analysis with Microscopic Evacuation Model)

İş Kule; odalar, katlar, merdivenler, asansörler ve NFPA standardına göre bulunan kullanıcı yükü ile bölüm 2.1'de verilen parametreler ışığında Pathfinder programında modellenmiştir. Binada her kat bir merdiven veya asansörle diğer katlara bağlıdır. Katlara atanan kullanıcılar, kata rastgele konumlandırılmıştır. Simülasyon başlatıldığında program, her kullanıcıyı en yakın veya en hızlı çıkışa yönlendirmektedir. Simülasyon, mikroskopik modele sahip bir tahliye yazılımı olan Pathfinder ile yapıldığı için, her bir kullanıcı için ayrı yürüme hızı, davranış, ivme ve 3B görünüş tanımlanabilmektedir. Kullanıcıların yürüme hızları programın varsayılan hızı olan 1,19 m/sn olarak tanımlanmıştır. Yürüme hızının tanımlanmasındaki akademik arka plan, programın sağlama dokümanlarında [39] bulunabilir.

3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bölüm 2'de verilen parametreler ışığında yapılan simülasyon çalışması sonucunda elde edilen bulgular bu bölümde verilmiştir. NFPA standardına göre belirlenen kullanıcı yükü ile yapılan simülasyonlar sonucunda elde edilen tahliye süreleri Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere İş Kule'nin tahliye süresi, 27 dk. ile 52 dk. arasında değişmektedir. En efektif asansör kullanım

oranı %25 olarak görülmektedir. Bu durumda her kattaki kullanıcıların %25'inin asansörü, kalan %75'in ise merdiveni kullandığı durumda en kısa süreli tahliye elde edilmektedir. Ayrıca senaryo 1'in senaryo 5'ten daha efektif bir tahliye sunduğu görülmektedir. Bu durumda, binanın merdivenlerinin, asansörlerinden daha efektif çalıştığı gözlenmektedir.

Simülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen bulguların her senaryo için daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesinden önce literatürdeki benzer yüksek bina tahliyelerinden ve tahliye sürelerinden bahsetmek faydalı olacaktır. Ülkemizdeki yüksek bina tahliyesi üzerine Owen ve Çakıcı tarafından yapılan çalışmada 39 katlı ve 140 m yüksekliğindeki Sabancı İkiz Kuleleri'nin 1226 kullanıcısının tahliyesinin normal koşullarda 32 dakika sürdüğü belirtilmiştir [40]. Ronchi ve Nilsson 50 katlı 207 m yüksekliğinde bir binadaki 8372 kullanıcının 2 merdivenle yaklaşık 141 dakikada tamamen tahliye edildiğini, bina popülasyonunun %98'inin ise yaklaşık 103 dakikada tahliye edildiğini belirtmiştir. Aynı binanın %98'inin merdiven ve asansörlerle tahliyesi yaklaşık 85 dakika sürdüğü, sadece asansörle ise 33 dakikada tamamlandığı belirtilmiştir [41]. Peacock vd. yaptıkları çalışmada 31 katlı bir ofis binasının 2100 kullanıcısının binayı yaklaşık 17 dakikada tahliye ettiğini bildirmiştir [42]. Soltanzadeh vd. yaptıkları çalışmada 160 m yüksekliğindeki 40 katlı ve 4000 kullanıcısı olan binadan 2 merdiven ile 60 dakikada, 3060 kişinin (kullanıcıların yaklaşık %77'si) tahliye edildiğini belirtmiştir. 6 asansör ve 2 merdivenin beraber kullanıldığı senaryoda ise 60 dakikada 3900 kişinin tahliye edildiği belirtilmiştir [33]. Huang vd. 60 katlı, 3 merdivenli ve 36 asansörlü bir binada 7080 kullanıcının sadece merdiven ile yaklaşık 35 dakikada, asansör ve merdivenin birlikte kullanıldığı senaryoda ise yaklaşık 29 dakikada tahliye edilebildiğini bildirmiştir [43].

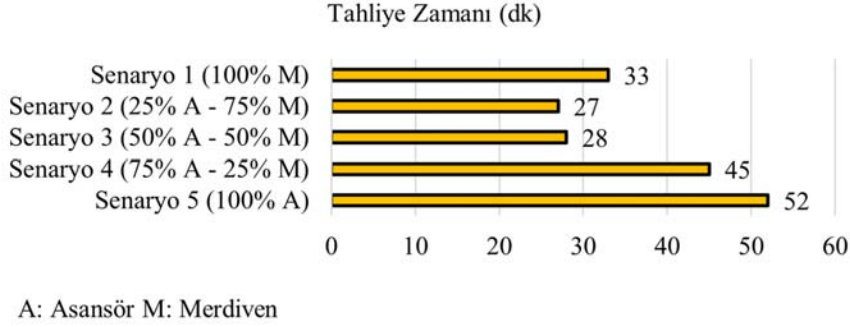
Elde edilen bulguların yukarıda verilen literatür bulguları ile paralel olduğu söylenebilir fakat her bina kendi plan şeması, merdiven ve asansör sayısı ve bunların yerleri, katlar arası ilişki vb. gibi tasarım girdileri nedeniyle sonuçlar farklılaşacaktır. Bu nedenle simülasyon sonucu elde edilen bulgular, bölüm 3.1, 3.2 ve 3.3'te ayrıntılı olarak incelenmiş ve tartışılmıştır.

3.1. Merdivenle Tahliye Senaryosu-S1 (Stair Evacuation Scenario-S1)

Çalışma kapsamında incelenen İş Kule, NFPA standardına göre hesaplanan kullanıcı yükü ile modellenmiştir. Tablo 4'te de görüldüğü üzere binanın tesisat katları boş bırakılmıştır. Bunun dışında katlar arası homojen bir kullanıcı yükü dağılımı olduğu söylenebilir.

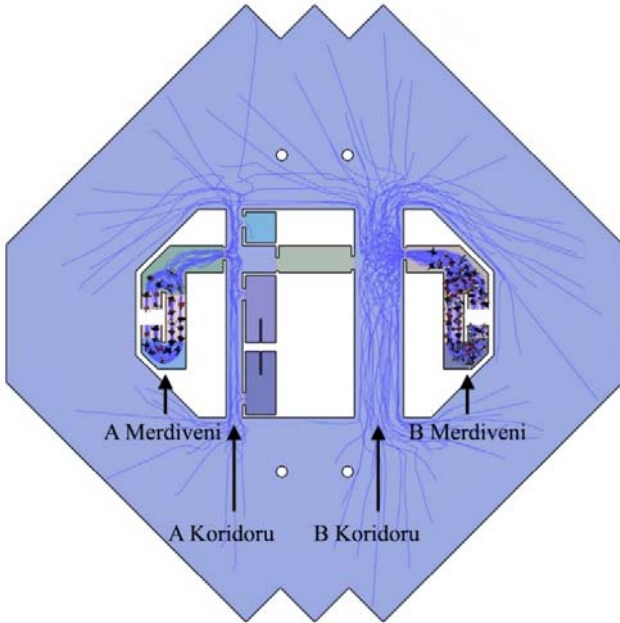
Şekil 5'te İş Kule'nin (20-34. katlar tip planı) bir kat modelinin simülasyon görüntüsü verilmiştir. Şekilde görülen mavi çizgiler, kat sakinlerinin tahliyede izledikleri yolları göstermektedir. Şekilde görüldüğü üzere, iki merdivene iki farklı koridorla ulaşılmaktadır (A ve B koridorları). B koridoru 360 cm genişliğinde, A koridoru ise 120 cm genişliğindedir. Bu durumda, kat sakinlerinin A koridoru aracılığıyla merdivene ulaşması, B koridoruyla merdivene ulaşmasından daha zor olmakta ve Şekil 5'te görüldüğü üzere program, B koridorunun merdivenine daha çok kişiyi yönlendirmektedir. Böylelikle binanın A merdiveninde daha az kişi bulunduğu için B merdivenine göre daha hızlı boşalmaktadır. Bu durum, merdivenlerin efektif kullanılmadığını göstermektedir.

Şekil 6, İş Kule modelinden bir perspektiftir. Çalışmada kullanıcı yükü NFPA standardına göre 4223 kişi olarak hesaplanarak şekildedeki model bu sayıya göre oluşturulmuştur. Bir ofis binası için bu sayı bile oldukça yoğun bir kullanıcı yükü iken BYKHY'e göre bu sayı 5900 kişiyi çıkmaktadır. Bu bağlamda ülkemiz yönetmeliğinin, uluslararası geçerliği olan standarda göre yaklaşık %40 daha fazla kullanıcı yükü tanımlaması sorgulanmaya açık bir konudur.



Şekil 4. İş Kule'nin 5 Senaryodaki Tahliye Süreleri (Evacuation Times of İş Tower in 5 Scenarios)

Simülasyon çalışmalarının sonucunda binada sadece merdivenlerin kullanılmasıyla elde edilen tahliye süresine ait grafik Şekil 7'de verilmiştir. Tahliye süresinin 33 dakika olduğu görülmektedir fakat grafik ayrıntılı incelenirse, tahliye hızının belli yerlerde değiştiği gözlenmektedir. Grafikteki çizginin belirgin şekilde kırıldığı bu bölgelerde belli değişiklikler olmaktadır. Öncelikle ilk 5 dakika içerisinde "Birinci Dirsek Noktası" gözlenmektedir. Bu dirsek noktası, tüm senaryolarda gözlenmekte olup, binada çıkış bulunan katlardaki insanların tahliyenin ilk anlarında hızla binayı boşaltması sonucu oluşmaktadır. Bu insanların binayı boşaltmasından sonra, sadece üst katlardan gelen insanlar ile tahliye belli bir hızda devam etmektedir. Şekil 7'deki "İkinci Dirsek Noktası" ise A koridorunun merdiveninin boşaldığı noktayı göstermektedir. Bu noktadan itibaren A merdiveni boş durmakta ve tahliye sadece B merdiveni ile sağlanmaktadır. Binanın kalan yaklaşık 1200 kullanıcısı, binayı B merdiveninden tahliye etmektedir. Grafikteki eğimin azalmasından da anlaşılacağı gibi bu noktadan itibaren binanın tahliye hızı azalmaktadır. Merdivenler arası doluluk farkının fazla olmasından dolayı erken boşalan A merdiveni, bu noktadan sonra tahliye için hiçbir katkı yapmamaktadır. En etkin tahliye için tüm tahliye elemanlarının tam kapasite ile kullanılabilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla "İkinci Dirsek Noktası"nın, tahliyenin sonuna ne kadar yakın bir anda görülürse o kadar verimli bir tahliye gözleneceği söylenebilir.



Şekil 5. İş Kule 20-34. Katlar Tip Planı
(20-34. Floors Typical Plan of İş Tower)

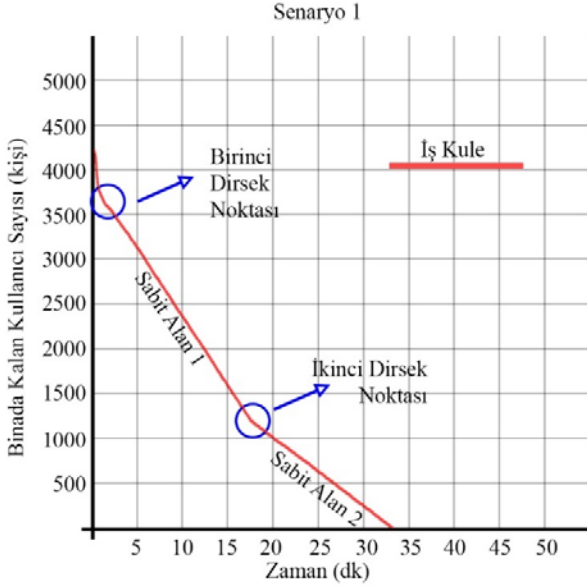
3.2. Asansörle Tahliye Senaryosu-S5 (Elevator Evacuation Scenario-S5)

Binanın tüm kullanıcılarının asansörü kullanarak tahliye edildiği Senaryo 5, bu bölümde incelenmiştir. Senaryo 5'e ait binada kalan kullanıcı sayısı/zaman grafiği Şekil 8'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde ilk göze çarpan, (Senaryo 1'den farklı olarak) bu grafikte küçük dalgalanmaların olduğu görülmüştür. Bu dalgalanmaların sebebi, binanın çıkış katına asansöre gelen kullanıcıların binayı küçük gruplar halinde tahliye etmesidir. İlk 5 dakika içinde Senaryo 1'e benzer bir şekilde "Birinci Dirsek Noktası" görülmüştür. Bu dirsek noktası da aynı şekilde çıkış katındaki kullanıcıların binayı hızla tahliye etmesinin ardından görülmüştür. Şekil 9, İş Kule'de yukarı katlara ve aşağı katlara hizmet veren asansörleri göstermektedir. Turuncu ve mavi ile gösterilen kat sayısının birbirine yakın olduğu söylenebilir. Aşağı katlara hizmet veren asansör, yukarı katların asansörlerine göre daha az mesafe gittiği için RTT süresi daha kısadır. Bu durumda aynı sayıda kata hizmet verdiği durumda, aşağı katların asansörleri, yukarı katların asansörlerinden daha kısa sürede tahliye bitirecektir. Şekil 8'deki "İkinci Dirsek Noktası" da bu sebeple oluşmaktadır. 28. dakika civarında aşağı katların tahliyesi tamamlanmaktadır. Bu andan itibaren sadece yukarı katlara hizmet veren asansörler çalışmakta ve aşağı katların asansörleri boş durmaktadır. Bu durum, binanın tahliye elemanlarının verimsiz kullanılmasını sağlamaktadır. En etkin tahliye için tahliyenin son anına kadar tüm elemanların kullanılabilmesi gerekmektedir. Bu da bina asansörlerinin katlara ayrılmasında, RTT süresinin göz önünde bulundurulmasını gerektirir.

3.3. Bileşik Kullanımla Tahliye Senaryosu-S2, S3, S4 (Evacuation Scenarios with Combined Use)

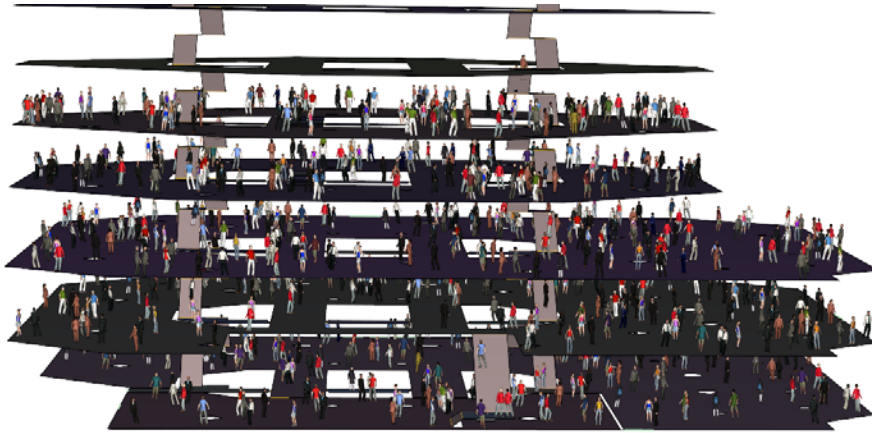
Senaryo 2'de her kattaki kullanıcıların %75'i merdivenleri kullanırken kalan %25'lik kısım asansörler ile tahliye edilmiştir. Senaryo 2, tüm senaryolar içinde en kısa tahliye süresini sağlayan senaryo olduğu görülmektedir. Senaryo 2 ile Senaryo 3 arasında tahliye süresi bağlamında sadece 1 dakika fark bulunmaktadır. Bu durum, en ideal senaryonun Senaryo 2 ile 3 arasında bir noktada olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada tahliye süresinin optimizasyon yöntemleriyle en kısa olduğu durumun belirlenmesi yerine oluşturulmuş 5 senaryo içerisinde en kısa tahliye süresini sağlayan durumun bulunması amaçlandığından dolayı Senaryo 2 en optimum durum olarak kabul edilmiştir. Senaryo 2'ye ait simülasyon sonuçlarını gösteren grafik Şekil 10'da verilmiştir. "Birinci Dirsek Noktası", Senaryo 1 ve 5'te olduğu gibi çıkış katlarındaki insanların binayı hızla tahliye edebilmesinden dolayı oluşmaktadır. Bu noktadan sonra tahliye hızı "İkinci Dirsek Noktası"na kadar sabit devam etmektedir. "İkinci Dirsek Noktası"nda A merdiveninin boşaldığı ve binanın alt katlarına hizmet veren asansörlerin bu katların tahliyesini tamamladığı görülmüştür. Bu noktadan itibaren tahliye, binanın üst katlarının asansörleriyle ve B merdiveni ile devam etmektedir.

“Üçüncü Dirsek Noktası”nda ise binanın üst katlarına hizmet veren asansörler tahliyeyi tamamlamış ve tahliye sadece B merdiveni ile devam etmiştir. A merdiveninin B merdiveninden önce tahliye edilmesinin bir diğer nedeni ise bina planıdır. Bina son katlarında sadece B merdivenine yakın bir merdiven bulunmaktadır. Bundan dolayı binanın son 2 katındaki kullanıcılar, en yakın merdiven olan B merdivenini kullanarak aşağı katlara inmekte, dolayısıyla A merdiveni daha az kullanılmaktadır.

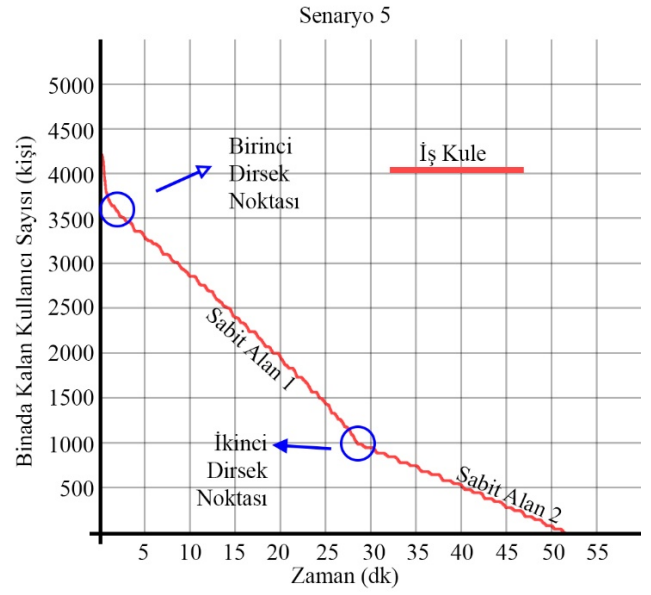


Şekil 7. İş Kule Senaryo 1'e Ait Kullanıcı Sayısı-Zaman Grafiği (Number of Occupants-Time Graph of İş Tower Scenario 1)

Ayrıca bina modelinin 38. kat planına ait görselde görüldüğü üzere (Şekil 11), binanın asansör lobisi, merdivene ulaşan koridor üzerindedir. Bu durum, asansöre ve merdivene giden kullanıcıların birbirleriyle çarpışmasına ve hatta koridorun tıkanmasına yol açmaktadır. Şekil 11'deki yeşil daireler merdiven kullanıcılarını, mor daireler ise asansör kullanıcılarını göstermektedir. Merdiven girişinde sıra oluşması nedeniyle koridorun bir ucunun kapandığı ve programın asansör kullanıcılarını diğer girişlerden asansöre ulaştırdığı gözlenmektedir. Bu durum merdiven ve asansörün efektif kullanımını engellemekte ve binanın tahliye süresini uzatmaktadır. Etkin bir tahliyenin sağlanabilmesi için merdiven ve asansör lobilerinin birbirinden ayrı planlanması gerekmektedir.

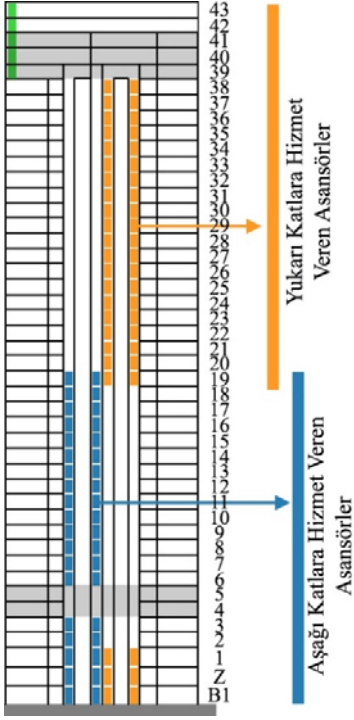


Şekil 6. İş Kule Modelinden Bir Perspektif (A Perspective from İş Tower Model)



Şekil 8. Senaryo 5'e Ait Kullanıcı Sayısı-Zaman Grafiği (Number of Occupants-Time Graph of Scenario 5)

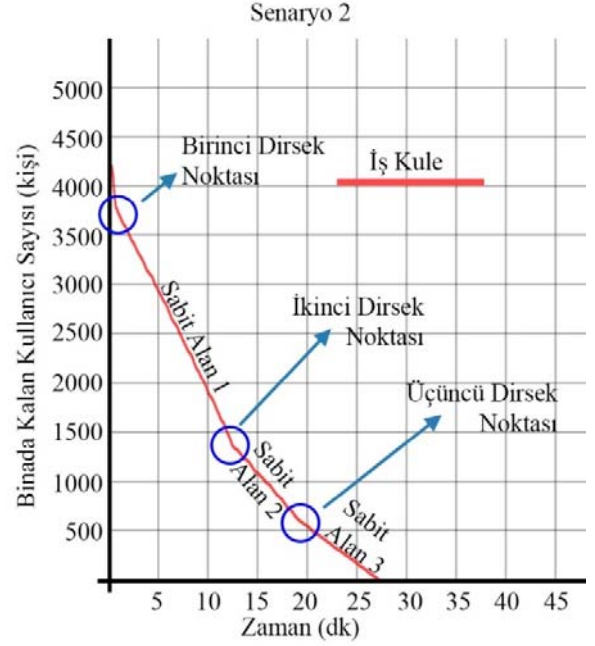
Senaryo 3, her kattaki kullanıcıların yarısının asansörle, yarısının ise merdivenle tahliye edildiği senaryodur. Şekil 12, Senaryo 3'ün simülasyonu sonucu elde edilen kullanıcı sayısı/zaman grafiğini göstermektedir. Görüldüğü üzere grafikte 3 farklı dirsek noktası gözlenmiştir. Bunlardan ilki her senaryoda olduğu gibi çıkış katlarındaki kullanıcıların hızlı tahliyesi sonucu oluşmuştur. “İkinci Dirsek Noktası” A merdiveninin ve alt katların asansörlerinin boşaldığı anda gözlenmiştir. “Üçüncü Dirsek Noktası”nda ise B merdiveni boşalmıştır. Bu andan itibaren sadece binanın üst katlarının asansörle tahliyesi devam etmektedir. Senaryo 4'e ait kullanıcı sayısı/zaman grafiği Şekil 13'te verilmiştir. Senaryo 4'te her katın kullanıcılarının %25'i merdivenle, kalan %75 ise asansörle tahliye edilmiştir. Aşağıdaki grafik incelendiğinde, 3 farklı dirsek noktası olduğu gözlenmektedir. Bunlardan ilki her senaryoda olduğu gibi çıkış katlarındaki kullanıcıların hızlı tahliyesi sonucu oluşmuştur. “İkinci Dirsek Noktası”, A ve B merdivenlerinin boşalması ile oluşmuştur. Her iki merdivenin de asansörlerden önce boşalması, bu senaryoda asansörle tahliye edilen kişi sayısının artmasından kaynaklanmaktadır. “Üçüncü Dirsek Noktası”nda ise alt katların asansörleri boşalmış ve bu andan itibaren sadece üst katların asansörleri tahliye devam etmiştir.



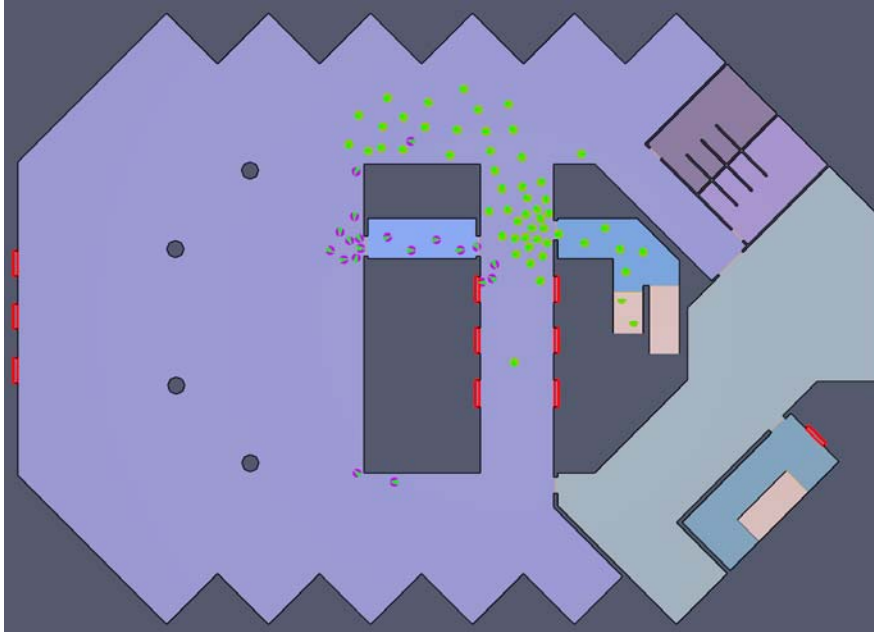
Şekil 9. İş Kule'de Yukarı Katlara ve Aşağı Katlara Hizmet Veren Asansörler
(Elevators Serving Upper Floors and Lower Floors in İş Tower)

Akademik çalışmalarda, yüksek binaların tahliyesine yönelik en sık görülen önerilerden biri olan sığınak katları ile asansörlerin birleşik çalışması modeli, çoğu probleme çözüm sunmaktadır. Bu metot, sığınak katlarının tesisat katları ile beraber konumlandırılması ile de sağlanabilir. Yangın ve duman yayılımından etkilenmemesi açısından bina kullanıcılarının sığınak katlarına gelerek asansör beklemesi, kendi katlarında beklemelerinden daha güvenli olacaktır. Ayrıca asansörlerin acil durumda sadece sığınak katları ve çıkış katı arasında

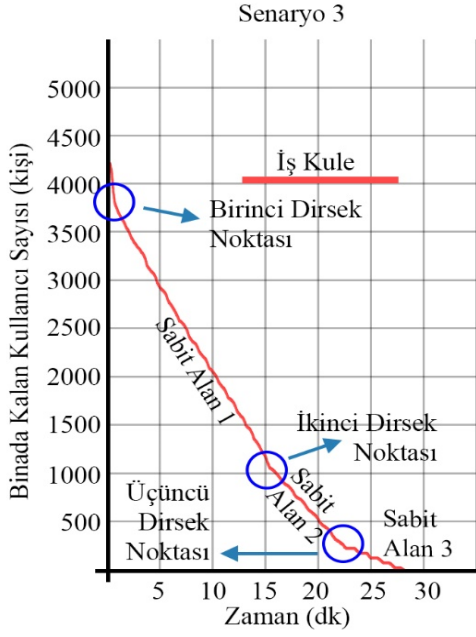
ekspres çalışması ile efektif bir kullanım sağlanacaktır. Fakat İş Kule'nin sığınak katı bulunmadığı için, bu model önerilememektedir. Şekil 9'da İş Kule'nin tesisat katları koyu olarak gösterilmiştir. Tesisat katları, sığınak olarak dönüştürülse dahi katların bina içindeki konumu bu modele izin vermemektedir. Sığınak katları, bölüm 1.4'te de belirtildiği üzere, kolay kullanım açısından en fazla 15-20 katta bir planlanmalıdır. Ayrıca 45 katlı bir bina için en mantıklı sığınak katları, mümkün olduğunca eşit aralıklarla yerleştirilebilmesi için 15. ve 30. katlarda planlanmalıdır. İş Kule'de ise 4-5. katlardaki sığınma katı zemine çok yakın olacak, 39-41. katlardaki sığınak katları diğer sığınak katlarına çok uzak olacağı için kullanışlı olmayacaktır.



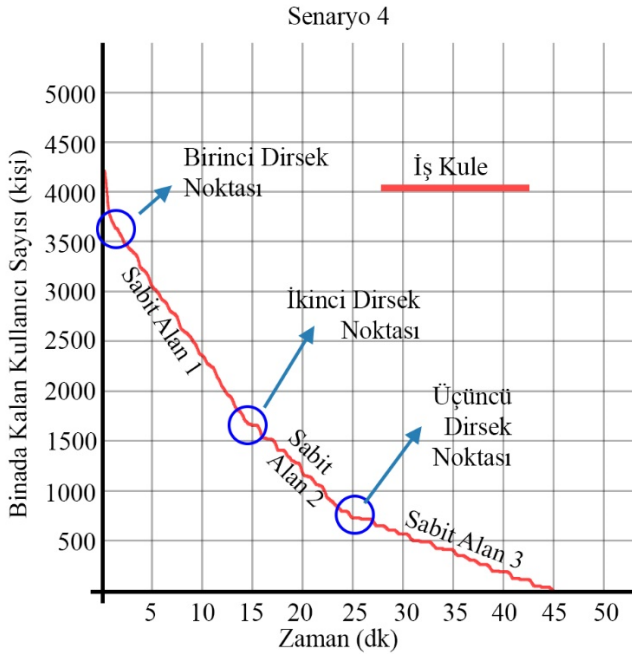
Şekil 10. Senaryo 2'ye Ait Kullanıcı Sayısı/Zaman Grafiği
(Number of Occupants-Time Graph of Scenario 2)



Şekil 11. Asansör Lobisi ve Merdiven Girişinin Aynı Koridorda Bulunması Sonucu Birbirini Engellenen Kullanıcılar
(Occupants Blocking Each Other As The Elevator Lobby and Stair Entrance Are In The Same Corridor)



Şekil 12. Senaryo 3'e Ait Kullanıcı Sayısı/Zaman Grafiği
(Number of Occupants-Time Graph of Scenario 3)



Şekil 13. Senaryo 4'e Ait Kullanıcı Sayısı/Zaman Grafiği
(Number of Occupants-Time Graph of Scenario 4)

4. Sonuçlar (Conclusions)

Yüksek binaların normal (acil olmayan durum) tahliyesinde asansör kullanımını inceleyen bu çalışmada yakın geçmişte Türkiye'nin en yüksek binası olan İş Kule analiz edilerek yüksek yapı tahliyesinde asansör kullanımının etkisi incelenmiştir. Normal tahliye analizi, binadaki acil durum şartlarını ve panik ortamını çalışma dışı bırakarak binanın tahliye verimliliğini analiz etmeyi amaçlar. Çalışmada, binanın normal şartlar altındaki tahliyesi incelenmiştir. İş Kule'nin normal tahliye analizinde NFPA, IBC ve BYKHY standart ve yönetmelikleri kullanılarak binanın kullanıcı yükü hesaplanmış ve

Pathfinder programı ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Tahliye elemanlarından asansör ve merdivenin farklı oranlarda (%25'lik artışlarla) kullanımının tahliye süresine etkisi araştırılmıştır. Senaryo 1'de sadece merdiven, Senaryo 5'te ise sadece asansör kullanılmıştır. Senaryo 2, 3 ve 4'te ise hem asansör hem de merdiven kullanımı %25'lik artışlarla incelenmiştir. Yüksek binaların tasarımında, etkin tahliye için izin veren tasarım unsurlarından bahsedilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, belirlenmiş senaryolar arasında en etkin tahliye Senaryo 2 (%25 asansör %75 merdiven kullanımı) ile ulaşılmıştır. Diğer bir ifadeyle İş Kule'nin her katındaki kullanıcıların %75'inin merdiveni, kalan %25'lik kısmın ise asansörleri kullanması ile en kısa tahliye süresine ulaşılmıştır. Bu oranda belirleyici olan, merdivenlerin ve asansörlerin taşıma kapasiteleridir (handling capacity). İş Kule'de merdivenlerin taşıma kapasitesi, asansörlerin taşıma kapasitesinden yüksek olduğu görülmüştür.

Merdiven ve asansörün birleşik kullanımıyla, sadece merdiven kullanımına göre, tahliye süresinde yaklaşık %18'lik bir kısalma olduğu gözlenmiştir. Bina, sadece merdiven kullanımı ile 33 dakikada tahliye edilirken merdiven ve asansörün birleşik kullanımıyla 27 dakikada tahliye edilebilmiştir. Asansör ve merdivenlerin daha efektif kullanımını engelleyen unsurlardan biri merdiven ve asansör lobilerinin aynı koridorda tasarlanmış olmasıdır. Bu durum, asansör ve merdiven kullanıcılarının birbiriyle çarpışmasına ve farklı yönlere ilerleyen kullanıcıların koridoru tıkamasına yol açmaktadır.

En etkin tahliyenin sağlanabilmesi, tahliye bileşenlerinin efektif kullanımıyla mümkün olabilecektir. İş Kule'de merdiven kullanılan tüm senaryolarda (senaryo 1, 2, 3 ve 4) A merdiveninin B merdiveninden önce boşaldığı tahliyenin diğer merdivenden devam ettiği gözlenmiştir. Bina kullanıcılarının tahliye bileşenlerine eşit dağılmasına imkân verecek bir planlama yapılması gerekmektedir.

Bina asansörleri yukarı ve aşağı olmak üzere 2 parçaya ayrıldığı gözlenmektedir. Çoğu yüksek binada asansörün daha efektif kullanılabilmesi amacıyla yapılan bu planlamada asansörlerin gidiş dönüş süresi (RTT) hesaba katılmalıdır. Bina ortadan ikiye bölünürse, yukarı katlara hizmet veren asansörlerin gidiş dönüş süreleri daha uzun olduğundan bu katların tahliyesi daha uzun sürecektir. İş Kule'nin asansörleri 2 parçaya ayrılırken katlar neredeyse eşit bir şekilde bölünmüştür. Bu durumun üst katların asansör tahliyesinin daha uzun sürmesine yol açtığı gözlenmiştir.

Bahsedilen tasarım kriterleri, yüksek binaların tahliye süresinin kısaltılmasında ve efektif tahliyenin sağlanabilmesinde etkili olacaktır. Asansörlerin yüksek binaların tahliyesinde kullanımının standart ve yönetmeliklerdeki yerinin gözden geçirilmesi gerektiği açıktır. Ayrıca çeşitli acil durumlarda asansör kullanımının ve acil durumlara dayalı asansörlerin teknik özellikleri hakkında da daha derin çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Tahliyede asansör kullanımına izin veren ve bu doğrultuda önerilerde bulunan araştırmalar, resmi dokümanlar ve standartlar belirtilerek konuya dair oluşan "acil durumlarda asansörü kullanmayınız" ifadesi gözden geçirilmelidir.

Kaynaklar (References)

1. Skyline Ranking. <https://www.emporis.com/statistics/skyline-ranking>. Erişim tarihi Nisan 20, 2022.
2. Gerges, M. Mayouf, M. Rumley, P. Moore, D., Human behaviour under fire situations in high-rise residential building. *Int. J. Build. Pathol.* Adapt. 35, 90–106, 2017.
3. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017.
4. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018.
5. CTBUH. Height Criteria for Measuring & Defining Tall Buildings. https://cloud.ctbuh.org/CTBUH_HeightCriteria.pdf. Erişim tarihi Mart 16, 2021.

6. NFPA 101 - Life Safety Code, U.S.A., 2018.
7. International Building Code, 2018.
8. National Standard of People's Republic of China - Code for Fire Protection Design of Buildings, China, 2014.
9. Codes of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment and Inspection, Testing and Maintenance of Installations and Equipment, Hong Kong, 2012.
10. Bouwbesluit, Netherland, 2012.
11. Code of Practice for Fire Precautions in Buildings, Singapore, 2018.
12. Automatic fire sprinkler systems, Part 1: General systems, Australia, 2017.
13. Emporis. <https://www.emporis.com/building/standard/3/high-rise-building>. Erişim tarihi Kasım 11, 2021.
14. National Building Code of India - Part 4 Fire and Life Safety, India, 2016.
15. Preliminary Reconnaissance Report of the 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyō-Oki Earthquake, Springer, Tokyo, 2012. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-4-431-54097-7>.
16. Ding, N. Chen, T. Zhu, Y. Lu, Y. State-of-the-art high-rise building emergency evacuation behavior, *Phys. A Stat. Mech. Its Appl*, 56 (125168). 2021.
17. Bernard, A, Lifted - A Cultural History of the Elevator, New York University Press, New York And London, 2014.
18. Elevator. <https://en.wikipedia.org/wiki/Elevator>. Erişim tarihi Ocak 08, 2021.
19. Barley, G, Al-Sharif, L. Elevator Traffic Handbook Theory and Practice, Second Edi, Routledge, London, 2016.
20. Alter, L. How Fast Should an Elevator Go?. <https://www.treehugger.com/how-fast-should-elevator-go-4858555>. Erişim tarihi Kasım 11, 2021.
21. Ronchi, E. Nilsson, D. Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research, *Fire Sci. Rev.*, 2 (7), 1-21, 2013.
22. Ma, J. Lo, S.M. Song, W.G. Cellular automaton modeling approach for optimum ultra-high-rise building evacuation design, *Fire Saf. J.* 54, 57-66. 2012
23. Chen, J.J. Wang, X.G. Fang, Z. Collaborative Evacuation Strategy of Ultra-tall Towers among Stairs and Elevators, *Procedia Eng.* 135, 170-174. 2016.
24. Xing Z. Tang, Y. Simulation of Fire and Evacuation in High-Rise Building, *Procedia Eng.* 45, 705-709. 2012.
25. Kobes, M. Post, J. Helsloot, I. De Vries, B. Fire risk of high-rise buildings based on human behavior in fires, *Conf. Proc. FSHB.* 2008.
26. Haitao, C. Leilei, L. Jiuzi, Q. Accident Cause Analysis and Evacuation Countermeasures on the High-Rise Building Fires, *Procedia Eng.* 43, 23-27. 2012.
27. Nakahama, S. Ebihara, M. Sekizawa, A. Ikehata, Y. Notake, H., An Examination of Feasibility of Elevator Evacuation Based on Risk Assessment, *Fire Saf. Sci.* 8, 611-622. 2005.
28. ISO/TR 25743:2010, Lifts (elevators)-Study of the Use of Lifts for Evacuation During an Emergency, 2010.
29. Reneke, P.A. Peacock, R.D. Hoskins, B.L. Technical Note, Combined Stairwell and Elevator Use During Building Evacuation, 2013.
30. Handbook: Lifts Used During Evacuation, 2013.
31. Kinatered, M. T. Omori, H. Kuligowski, E. D. The Use of Elevators for Evacuation in Fire Emergencies in International Buildings, NIST Technical Note 1825, 2013.
32. 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.
33. Soltanzadeh, A. Alaghmandan, M. Soltanzadeh, H. Performance evaluation of refuge floors in combination with egress components in high-rise buildings, *J. Build. Eng.* 19, 519-529. 2018.
34. Aleksandrov, M. Cheng, C. Rajabifard, A. Kalantari, M. Modelling and finding optimal evacuation strategy for tall buildings, *Saf. Sci.* 115, 247-255. 2019.
35. Salt Research. <https://archives.saltresearch.org/>. Erişim tarihi Kasım 11, 2021.
36. İş Bankası Kule 1, CTBUH. <https://www.skyscrapercenter.com/building/is-bankasi-tower-i/2261>. Erişim tarihi Nisan 20, 2022.
37. İş Bankası Genel Müdürlük Kompleksi, Tepe İnşaat. <https://www.tepe.com.tr/tr/yatirim/proje-arsivi/ticari-yapilar/is-bankasi-genel-mudurluk-kompleksi>. Erişim tarihi Kasım 11, 2021.
38. Pathfinder User Manuel, https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/10/users_guide.pdf. Erişim tarihi Kasım 11, 2021.
39. Verification and Validation, Thunderhead Engineering. https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/08/verification_validation.pdf. Erişim tarihi Kasım 11, 2021.
40. Oven, V. A., & Cakici, N., Modelling the evacuation of a high-rise office building in Istanbul. *Fire Safety Journal*, 44 (1), 1-15, 2009.
41. Ronchi, E., & Nilsson, D. Modelling total evacuation strategies for high-rise buildings. *Building Simulation*. 7 (1), 1-15, 2014.
42. Peacock, R. D., Hoskins, B. L., & Kuligowski, E. D. Overall and local movement speeds during fire drill evacuations in buildings up to 31 stories. *Safety Science*, 50 (8), 1655-1664, 2012.
43. Huang, L., Chen, T., & Yuan, H. Simulation Study of Evacuation in High-rise Buildings. *Transportation Research Procedia*, 2, 518-523, 2014.