



## Analysis of evacuation time of historical mosques of 15<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> centuries in Turkey

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

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

### Highlights:

- Evacuation analysis of 67 historical mosques in Turkey from 15. and 16. century was made.
- It has been observed that mosques with an occupant capacity of less than 1000 and over 1000 people differ in terms of evacuation outputs.
- The average evacuation speed/total exit width values of mosques were formed around the line  $y = 0.014x - 0.07$ .

### Keywords:

- Evacuation
- Historical mosques
- Simulation
- Egress
- Pathfinder

### Article Info:

Research Article  
Received: 05.09.2022  
Accepted: 20.10.2023

### DOI:

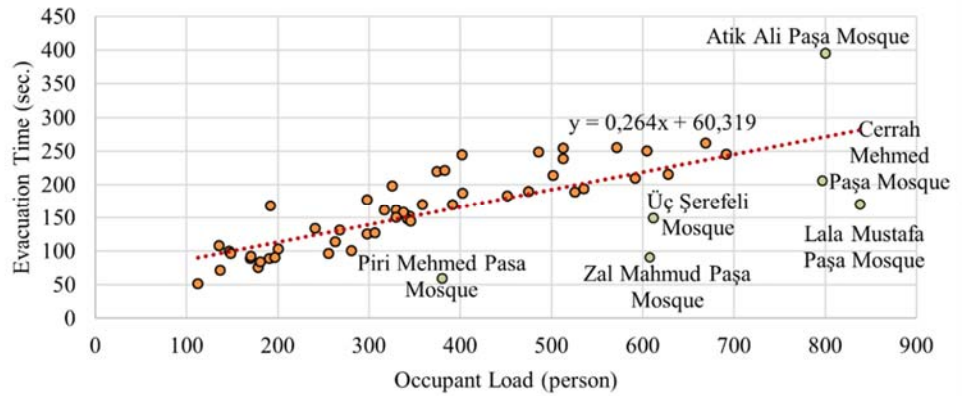
10.17341/gazimmfd.1171323

### Correspondence:

Author:  
e-mail:  
muhsinselcuksatir@gazi.edu.tr  
phone: +90 543 940 75 20

### Graphical/Tabular Abstract

The evacuation time/Occupant load distribution of 55 mosques with a capacity of up to 1000 people is given in Figure A. It can be said that the distribution of 55 mosques in the chart is generally parallel to the trend line shown with the red dashed line ( $y = 0,264x + 60,319$ ). It was observed that 6 of the 55 mosques given (shown in green and the names of the mosques are stated next to them) remained away from the general trend line.



**Figure A.** Scatter Plot of Evacuation Time/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of Up to 1000 People

### Purpose:

Measuring the evacuation efficiency of mosques in situations such as terrorist attacks and fires is an important issue for Turkey, which has over 89 thousand mosques. The study aimed to determine the general trends in the context of evacuation of mosques, which are one of the building types with the highest occupant load.

### Theory and Methods:

The evacuation activities of 67 identified mosques were analyzed with the Pathfinder evacuation simulation program. In the study, the mosques whose plans were publicly available on the web were first arranged in the CAD environment, then modeling was carried out on the drawings transferred to the simulation program and the simulations were completed.

### Results:

In the study which mosques with an occupant load from 113 people to 4799 people were examined, it was detected that the evacuation times of the mosques ranged from 51 seconds to 8 minutes and 19 seconds. It was also observed that the mosques with an occupant load of less than 1000 people and more than 1000 people differ in terms of evacuation outputs.

### Conclusion:

With the increase in the occupant load of mosques, the exit width per person decreases with an increasing trend. This situation points to the need for more careful use of large mosques. Historical mosques generally fail to meet the safe evacuation requirements of the modern world. Therefore, building replicas of the Classical Period Ottoman Mosque typology, which is frequently seen in Turkey, needs to be abandoned.



## Türkiye'deki 15. ve 16. yy. dönemi tarihi camilerinin tahliye sürelerinin analizi

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

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

### ÖNEÇIKANLAR

- Türkiye'deki 15. ve 16. yy. dönemine ait 67 tarihi caminin tahliye analizi yapılmıştır
- 1000 kişi altı ve 1000 kişi üstü kullanıcı kapasitesindeki camilerin tahliye çıktıları açısından ayrıştığı gözlenmiştir
- Camilerin ortalama tahliye hızı/toplam çıkış genişliği değerleri,  $y = 0,014x - 0,07$  doğrusu etrafında oluşmuştur

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 05.09.2022

Kabul: 20.10.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1171323

**Anahtar Kelimeler:**

Tahliye,  
tarihi camiler,  
simülasyon,  
çıkış,  
pathfinder

### ÖZ

Türkiye'nin farklı bölgelerinden seçilen 15. ve 16. yy. dönemine ait 67 tarihi caminin tahliye analizinin yapıldığı bu çalışmada camilerin tahliye süreleri, kişi başına düşen çıkış genişlikleri, ortalama tahliye hızları ve kullanıcı yükleri analiz edilmiştir. Çalışmada, kullanıcı yükü en yüksek olan bina türlerinden biri olan camilerin tahliye bağlamında genel eğilimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Camilerin, terör saldırıları, yangınlar gibi durumlarda sağlayacağı tahliye veriminin ölçülmesi, 89 binin üzerinde cami bulunan Türkiye için önemli bir konudur. 113 kişiden 4799 kişiye kadar kullanıcı yüküne sahip camilerin incelendiği çalışmada, camilerin tahliye sürelerinin 51 sn. ile 8 dk. 19 sn. arasında değiştiği gözlenmiştir. Yapılan incelemede, 1000 kişi altında ve 1000 kişi üstünde kullanıcı yüküne sahip camilerin tahliye çıktıları açısından farklılaştığı gözlenmiştir.

## Analysis of evacuation time of historical mosques of 15<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> centuries in Turkey

### HIGHLIGHTS

- Evacuation analysis of 67 historical mosques in Turkey from 15. and 16. century was made
- It has been observed that mosques with an occupant capacity of less than 1000 and over 1000 people differ in terms of evacuation outputs
- The average evacuation speed/total exit width values of mosques were formed around the line  $y = 0.014x - 0.07$

### Article Info

Research Article

Received: 05.09.2022

Accepted: 20.10.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1171323

**Keywords:**

Evacuation,  
historical mosques,  
simulation, egress,  
pathfinder

### ABSTRACT

In this study, 67 historical mosques from the 15<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> centuries selected from different regions of Turkey were analyzed in terms of evacuation time, exit width per person, average evacuation speed and occupant load. It was aimed to determine the general tendencies of mosques, which are one of the building types with the highest occupant load, in the context of evacuation. Measuring the evacuation efficiency of mosques in cases such as terrorist attacks and fires is an important issue for Turkey, which has more than 89 thousand mosques. In this study which mosques with an occupant load from 113 people to 4799 people were examined, it was detected that the evacuation times of the mosques ranged from 51 seconds to 8 minutes and 19 seconds. It was also observed that the mosques with an occupant load of less than 1000 people and more than 1000 people differ in terms of evacuation outputs.

## 1. Giriş (Introduction)

### 1.1. Türkiye’de ve Dünyada Camiler (Mosques in Turkey and in the World)

Camiler, kelime anlamıyla “bir araya getiren, toplayan” anlamına gelen [1], İslam dininin ibadet mekanları olarak kapalı veya açık tasarlanabilen, İslam’ın namaz tanımı gereği saf adı verilen sıralar halinde omuz omuza gelerek ibadet edilen mekanlardır. Arapça “içinde namaz kılınan yer” manasına gelen “musalla” ise İslam’ın ilk yıllarında camiler için kullanılsa da günümüzde cenaze namazı kılınan yer için kullanılmaktadır [2]. Caminin ibadet alanı “sahn” veya “harim/harem” olarak adlandırılır [1]. Doğanay’a göre ise harim caminin dış avlusu için, harem ise ibadet alanı için kullanılmaktadır [2]. Camiler üzerine yayımlanan bir raporda, 2014 yılında Dünya çapında 3,6 milyon cami olduğu (yaklaşık 500 Müslüman için bir cami), yıllık ortalama %1,3 artışla bu sayının artmaya devam ettiği belirtilmiştir [3]. Aynı raporda Türkiye 84 bin cami ile Dünya’da 8. sırada yer almaktadır [3]. Diyanet İşleri Başkanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı verilerine göre 2021 itibarıyla Türkiye’deki cami sayısı 89.817’dir (yaklaşık 943 kişiye bir cami) [4].

### 1.2. Kitle Yönetimi (Crowd Management)

Kitlesele toplanmalar (*Mass Gatherings*), Dünya Sağlık Örgütü tarafından “Planlı veya plansız olarak spesifik bir noktada büyük bir kalabalığın ortak bir amaçla toplanması” olarak tanımlanmıştır. Bu tür durumlarda sıklıkla metrekare başına 6-7 kişinin aşıldığı durumlarla karşılaşmaktadır. Bu durumda kişilerin hareket etmesi, nefes alması zorlaşmakta ve dalgalar halinde oluşan hareketler sonucu binlerce kişinin öldüğü kazalar oluşmaktadır [5]. Hac, yıllık 3 milyona yakın kişinin katıldığı en kalabalık olaydır [6,7]. Bu kalabalığın yönetiminin en zorlayıcı yanı, 180 farklı ülkeden farklı yaş, milliyet ve kültürden insanın bir arada bulunmasıdır. Hac esnasında birçok izdiham ve kaza yaşanmış olup bunlardan en ağır olanı ise 2015’te 2400 kişinin hayatını kaybettiği izdihamdır [6]. Başka kazalarda 1990’da 1426 kişi izdihamda ölmüş, 1997’deki yangında 343 kişi ölmüş ve 1500 kişi yaralanmış. 2006’da izdihamda 346 kişi ölmüş ve 2015’teki viñ kazasında 512 kişi ölmüştür [5]. Bu büyük kitlelerin modellenmesi, tahliye simülasyonlarının oluşturulması amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda Kâbe etrafındaki tavaf hareketinin modellenmesi ve tahliye durumlarının simüle edilmesi amaçlanmıştır [8,9]. Mescid-i Haram, 50000 kişinin üzerinde kapasitesi ile büyük bir risk taşıması nedeniyle araştırmacıların ilgi odaklarından olmuştur ve yapılan çalışmalarda tahliye simülasyon analizleri yapılmıştır [5, 6, 9-11]. Hac’da en kalabalık noktalardan birisi de şeytan taşlama noktası olan Aljamarat Köprüsüdür. Suudi hükümeti, bu noktayı daha güvenli hale getirmek ve efektif hareketi sağlayabilmek için çalışmalar yapmıştır. 5 katlı olan Aljamarat Köprüsü üzerine yapılan bir çalışmada metrekareye 6-7 kişinin düştüğü durumlar simüle edilmiş ve tahliye analizleri yapılmıştır [7]. Özellikle bu tür büyük risk taşıyan kitleler için yapılan ar-ge çalışmaları, farklı milletlerden oluşan insanların acil durumda talimatları anlayamaması tehlikesinden dolayı yönlendirici kemerler (bele takılan) ve artırılmış gerçeklik destekli uygulamalar geliştirmişlerdir [5, 10]. Acil durum, “doğal (fırtına, sel, deprem...) veya insan eliyle oluşan (toksik madde salınımı, yangın...), insan hayatını tehlikeye atan ve hızlı tepki verilmesi gereken durumlar” olarak tanımlanmaktadır [12]. Acil durumlarda bazı çıkışların belli sebeplerden dolayı kapanması (çıkışlardan biri veya birkaçında yangın çıkması, silahlı saldırı, deprem/bombalı saldırı nedeniyle molozların çıkışı kapatması vb.), çıkışı zorlaştırabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalardan biri, acil durumlarda çıkış rotası oluşturmak üzere dinamik bir kitle yönetimi modeli önermiştir [12]. Başka bir çalışmada kalabalık yerlere yapılan terörist saldırıları esnasındaki can kaybının azaltılması

amacıyla simülasyonlar yapılmıştır [13]. İnsanların kaçma isteği ve saklanma isteği arasındaki ilişki analiz edilmiş, insanların ağırlıklı olarak çıkışlara yönelmesi veya ağırlıklı olarak saklanması durumunda kayıp sayısını arttırdığı, optimum noktanın bu iki davranışın eşit şekilde gelişmesiyle oluşacağı bildirilmiştir [13]. Silahlı saldırılar esnasında kayıp en aza indirilmesinde bina planının etkisini inceleyen bir çalışmada ise koridor genişliği, kapı genişliği ve çıkış kapısı genişliği olmak üzere 3 kriter incelenmiştir. Çıkış genişliğinde 1,2 m’den sonraki artışların, kayıp oranına etkisinin çok küçük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca koridor ve kapı genişliğindeki artışlarınsa kayıpları azalttığı ancak 3 m’den sonra koridor genişliği kayıp oranını arttırmaya başladığı gözlenmiştir [14].

### 1.3. Camilerin Tahliyesi (Evacuation of Mosques)

Camiler, işlevleri nedeniyle büyük kitleleri topladığı için kullanıcı yükü oldukça yüksek binalardandır [15]. Toplanan bu büyük kalabalığın, oluşabilecek yangın [16], kundaklama veya terör saldırıları [17] nedeniyle tahliye edilmesi gerekebilir. Camilerin tahliyesi üzerine yapılan çalışmalar aşağıda derlenmiştir. Nassar ve Bayyouni, çalışmalarında örnek bir cami planı üzerinden farklı çıkış kapısı kombinasyonlarının tahliye performansını ölçmüşlerdir [15]. Elde ettikleri sonuçlara göre camide çıkışların arka taraf yerine sadece bir yan duvardan verilmesi ile en kısa tahliye süresi elde edildiğini gözlenmişlerdir. Alginahi vd. Medine’de bulunan Mescid-i Nebevi’nin tahliye analizini yapmışlardır [18]. Legion programı ile yapılan bu çalışmada, kullanıcı kapasitesi 170000 kişi olan bu yapının tahliye süresi 21 dakika olarak bulunmuştur. Fakat oldukça büyük bir yapı olan bu binanın farklı bölümlerinin tahliye performansı arasında büyük farklar olduğu gözlenmiştir. Haron vd. Mescid-i Nebevi üzerine çalışma yapmış ve tahliye analizinde SimWalk ve BuildingEXODUS kullanılmasını önermişlerdir [19]. Satır ve Topraklı, Ankara-Altındağ bölgesinde yer alan 18 tarihi caminin yangın tahliye risklerini değerlendirmiş ve camilerin yangın tahliye risklerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisinde bulunmuşlardır [16]. Alfakhy ve Yahya’nın çalışmasında camilerin kible duvarının karşısındaki duvarda bulunan çıkış sayısının tahliye üzerindeki etkisi incelenmiştir [20]. Alighadr ve Fallahi, Ayrık Eleman Yöntemi (Discrete Element Method-DEM) kullanarak yaptıkları çalışmada camilerin tahliyesini farklı çıkış genişlikleri ve sayıları üzerinden analiz etmişlerdir [21]. Başka çalışmalarda Azerbaycan Üniversitesi Tarbiat Moallem Camii’nin [22], Konya Haciveyisade Camii’nin, [23], Ankara Mevlâna Camii’nin [24], Sheikh Zayed Grand Camii’nin [25], Canik Merkez Camii’nin [26] tahliye analizleri yapılmıştır. Bunun yanında kubbeli camilerin yangın anındaki duman davranışlarının analiz edildiği çalışmalarda, kubbeden sağlanacak doğal havalandırmanın cami içindeki duman yayılımını yavaşlattığını ve böylelikle tahliyeyi kolaylaştırdığı gözlenmiştir [27, 28].

Binaların tahliye verimliliğinin ölçülmesinde kullanılacak en gerçekçi yol şüphesiz tahliye tatbikatlarıdır. Tatbikatlar, fazlaca fiziki risk ve uygulama zorlukları barındıkları için simülasyon yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Tahliye simülasyon modelleri 3 ana başlık altında incelenebilir: Coarse Network Models, Fine Network Models ve Continuous Network Models [29]. Coarse Network Models bunların içinden en eski olan model olup binayı odalar, koridorlar ve merdivenler şeklinde bölümlere ayırır ve buna göre tahliye hesaplamasını yapar. Fine Network Models binayı gridlere ayırmakta ve bina sakinlerini bu gridlerde hareket ettirerek tahliye hesabını yapmaktadır. Continuous Network Models ise bunların içinde en gelişmiş model olup, bina sakinlerinin her birine ayrı kompleks çıkış yolları tanımlamaya müsaade etmekte ve en hızlı/en yakın çıkışa doğru tahliyeyi sağlamaktadır. Bu çalışmada kullanılan Pathfinder programı, bu modelin bir örneğidir.

#### 1.4. Camilerin Kullanıcı Yükü (Occupant Load of Mosques)

Camiler oldukça yüksek kullanıcı yüküne sahiptirler [15]. Camiler, İslam'ın namaz tarifi itibariyle omuz omuza gelen insanların saf adı verilen sıralar halinde ibadet edebileceği şekilde yapılıdır. Bu özel kullanımına rağmen camiler için üzerinde anlaşılmış ve geçerli bir kullanıcı yükü tanımı bulunmamaktadır. Metric Handbook, cami planlamasında ibadet alanı için kişi başı 1 m<sup>2</sup> alan bırakılmasını [30], Neufert'in Yapı Tasarım Bilgisi Kitabı [31] ise 60-80 cm genişlik ve 120 cm saf boyu (0,72-0,96 m<sup>2</sup>) alan bırakılmasını tavsiye etmektedir. Cami planlamasında yön gösterici bir kaynak olması amacıyla hazırlanan Abu Dabi Cami Geliştirme Dokümanında [32] bir kişi için en az 75 cm genişlikte saf alanı ve saflar arası 120 cm mesafe (0,9 m<sup>2</sup>/kişi) planlanması gerektiğinden bahsedilmektedir. Camilerde omuz omuza oluşturulan saf düzeni göz önüne alındığında 75 cm oldukça geniş bir mesafe olup caminin kullanıcı yükü gerçekte bundan daha fazladır. Bahsedilen ölçüler daha çok cami planlamasına yönelik yön gösterici nitelikteki verilerdir. Kullanıcı yükü, National Fire Protection Association (NFPA) tarafından "herhangi bir anda bina içinde bulunabilecek maksimum insan sayısı" olarak tanımlanmaktadır [33]. Bu nedenle kişi başına düşecek alanın artırılması ile konforlu bir tasarımın sağlanmasını amaçlayan bu ölçüler yerine güvenli bir tahliye için gereken uç noktanın araştırılmasında fayda vardır. Zira NFPA [33] ve International Building Code (IBC) [34] yoğun kullanımlı toplanma mekanları için 0,65 m<sup>2</sup>/kişi kullanıcı yükü tanımı yapmıştır. Yazarlar tarafından yapılan gözlemler, camilerde omuz omuza yapılan namaz ibadeti esnasında kişi başı genişliğin 50 cm'nin üstünde olmadığı yönündedir. Bu durumda saf boyu 120 cm ve 1 kişinin omuz genişliği 50 cm alınırsa bir kişinin net ibadet alanı 0,6 m<sup>2</sup> olmalıdır. Bu çalışmada kullanıcı yükü olarak 0,6 m<sup>2</sup>/kişi baz alınmış ve tüm camiler buna göre modellenmiştir. Camilerin kullanıcı yükü bulunurken caminin net ibadet alanı 0,6 m<sup>2</sup>'ye bölünmüş ve elde edilen sonuç üst tamsayıya yuvarlanmıştır.

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

Bu çalışmada, tarihi camilerin tahliyesi incelenmiştir. Belirlenen 67 caminin tahliye etkinlikleri, Pathfinder tahliye simülasyon programı ile analiz edilmiştir. Bu program, mikroskobik bir perspektife sahip olup bina kullanıcılarının ayrı parametrelerle modellenmesine ve bu kullanıcılarının çıkış yollarının ayrı ayrı hesaplanabilmesine olanak sağlamaktadır [35]. Çalışma kapsamında, planları halka açık şekilde web ortamında bulunan binalar, öncelikle CAD ortamında düzenlenmiştir. Ardından simülasyon programına aktarılan çizimler üzerinden modelleme işlemleri yapılmıştır. Binalar, bütün tahliye elemanları ve parametreleri ile modellendikten sonra simülasyon aşamasına geçilmiştir. Tahliye simülasyonunda kullanılan Pathfinder programı, her bir bina sakini için "en hızlı ve en yakın" prensibi ile kişiye özel bir çıkış yolu belirler. Belirlenen bu yol, Reynolds [36] tarafından oyunlarda kullanılmak üzere geliştirilen, insan yürüme hareketi modeli ile oluşturulur. Camilerin kullanıcı profili, çalışmanın kapsamı dışında tutulduğu için tüm kullanıcılar, programın varsayılan kullanıcı profiline göre modellenmiştir. Buna göre bina sakinlerinin maksimum yürüme hızı 1,19 m/sn'dir. Simülasyon modelinde her bir kullanıcı 45,67 cm çaptaki dairelerle modellenmiştir. Programda, insanların sıkışık alanlardan geçerken yan dönerek geçebilecekleri göz önünde bulundurularak eklenen özellik sayesinde sadece sıkışık geçitlerden geçerken kullanılmak üzere bir küçültme katsayısı uygulanabilmektedir. Bu değer, 0,7 olarak belirlenmiş, böylece sadece sıkışık geçitlerden geçerken omuz genişliğinin 0,7 katı olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Belirtilen bu değişkenler, programın varsayılan değerleri olup akademik araştırmalarla desteklenen bu değerler ile ilgili daha fazla ayrıntı, programın doğrulama ve sağlama belgelerinde [37] bulunabilir. Binaların kullanıcı yükü, bir önceki bölümde bahsedildiği gibi 0,6 m<sup>2</sup>/kişi olacak şekilde modellenmiştir.

Kullanıcılar, bina içerisinde rastgele konumlandırılmıştır. Ayrıca modelde, simülasyon sonuçları 0,1 saniye aralıklarla kaydedilecek şekilde ayarlanmıştır. Simülasyon sonucu elde edilen veriler Microsoft Excel ortamında derlenmiştir. Simülasyon sonuçlarına ait grafikler ve grafiklerde verilen eğilim doğruları yine aynı programda oluşturulan doğrusal eğilim çizgileri ile zenginleştirilmiştir. Bu doğruların denklemleri de verilerek bu camilerin genel davranışlarının daha net anlaşılabilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada 15. ve 16. yy. tarihi camileri incelenmiştir. Seçilen camiler, 2002 yılında Harvard ve MIT ortaklığı ile kurulan açık erişimli bir kaynak olan ARCHNET'te yer alan camilerden oluşmaktadır. Seçim kriterleri arasında caminin Türkiye'de bulunması ve planlarına erişilebilmesi bulunmaktadır. İncelenen camilerin tahliye analizi yapılırken tüm camilerin sadece zemin katları çalışma kapsamına alınmıştır. Bunun nedeni, karşılaştırmanın daha sağlıklı yapılabilmesi ve tarihi camilerde sıklıkla üst kat bulunmaması (varsa da harim alanına oranla küçük bir alana sahip olması) dır. Minber alanında ibadet edilemediği için bu alan da çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Simülasyon başladığı anda tüm kullanıcıların çıkışlara yöneldiği ve tahliyeye başladığı varsayılmıştır. Son kullanıcının binayı terk etmesi (Bazı camilerde bahçeye açılan kapılar bulunmaktadır. Kullanıcılar, açık alana çıktıkları anda binayı terk etmiş olarak kabul edilmiştir.) ile tahliye sonlanmıştır.

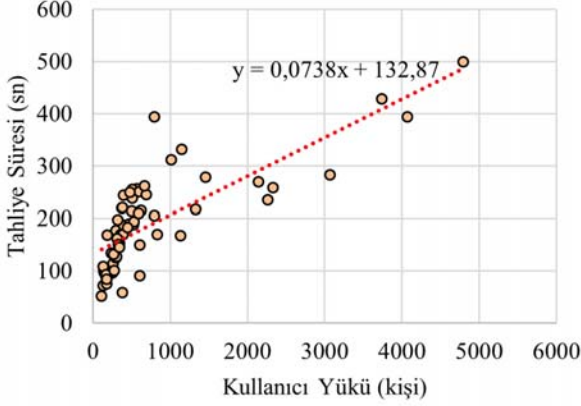
## 3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussion)

### 3.1. Çalışma Kapsamındaki Tüm Camilerin Tahliye Analizi (Evacuation Analysis of All Mosques in the Scope of the Study)

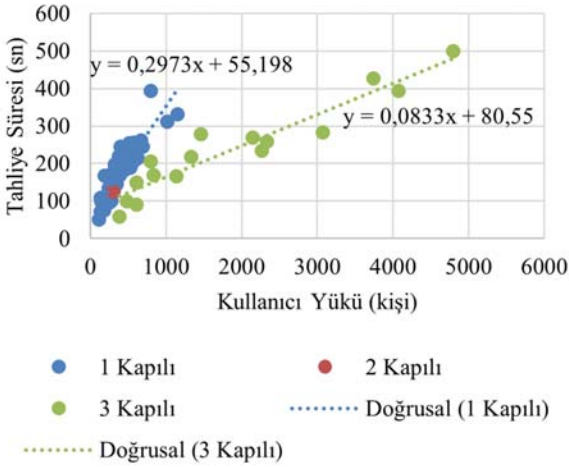
Tarihi camilerin tahliye sürelerinin analizini amaçlayan bu çalışmada, belirlenen 67 adet tarihi caminin planları üzerinden modellenmesinin ardından tahliye simülasyonları yapılmıştır. Kişi başı 0,6 m<sup>2</sup> ibadet alanını esas alan kullanıcı yüküne göre modellenen camilerin tahliye süreleri ve kullanıcı yükleri Şekil 1'de verilmiştir. Grafikteki noktaların her biri bir camiye temsil etmektedir. Grafik, x doğrultusundaki değerler camilerin kullanıcı yükünü, y doğrultusundaki değerler ise camilerin tahliye süresini gösterecek şekilde oluşturulmuştur. Kullanıcı yükü 113 kişiden 4799 kişiye kadar değişen 67 caminin tahliye sürelerinin 51 saniye ile 8 dakika 19 saniye (499 saniye) arasında değiştiği görülmektedir. Bu camilerin kullanıcı yükü ile tahliye süreleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek adına, şekilde kırmızı kesikli çizgi ile gösterilen eğilim doğrusu oluşturulmuştur. Microsoft Excel yardımıyla oluşturulan bu doğrusal eğilim çizgisi, 67 caminin tahliye süresi ve kullanıcı yükü değerlerinin eğilimini, denkleme belirli olan bir doğru şeklinde göstermektedir. Grafik incelendiğinde, camilerin kullanıcı kapasitesindeki artışla beraber tahliye sürelerinde de bir artış gözlenmektedir. Elde edilen denklem, camilerin kullanıcı yükündeki artışla beraber tahliye süresinin artacağı tahmin edilse de bu artışın ne oranda olacağını göstermesi açısından önemli bir çıktıdır. 67 caminin tahliye süresi/kullanıcı yükü eğilimini gösteren doğrunun denklemi, şekilde de görüldüğü üzere  $y = 0,0738x + 132,87$ 'dir. Bu denklem bize, caminin yaklaşık tahliye süresinin, kullanıcı yükünün 0,0738 katına 132,87 eklenmesi ile elde edilebileceğini söylemektedir. (İleride bahsedileceği üzere kırmızı eğilim çizgisi ile turuncu noktalar arasında yeterli uyum gözlenmediği için bu grafik 1000 kişi altı ve 1000 kişi üstü olmak üzere iki bölüme ayrılarak incelenecektir.)

Şekil 1'de verilen grafiğin aynısı (67 camiye ait Tahliye Süresi/Kullanıcı Yükü Grafiği) camilerin çıkış kapısı sayısı üzerinden bir sınıflandırma yapılarak Şekil 2'de verilmiştir. Grafikte tek kapılı camiler mavi renk ile, 2 kapılı cami kırmızı renk ile ve 3 kapılı camiler yeşil renk ile gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere camilerin çoğu tek veya 3 kapılı, sadece bir cami 2 kapılıdır. 3 kapılı camiler ağırlıklı olarak 1000 kişi üzerinde kullanıcı yükü olan camilerdir. Grafikte

ayrıca tek ve üç kapılı camilerin eğilim doğruları da ayrı ayrı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere mavi noktalarından oluşan doğru parçası, yeşil noktalarından oluşan doğru parçasından daha diktir. Mavi doğrunun eğimi 0,3 iken yeşil doğrunun eğimi 0,08'dir. Dolayısıyla sadece çıkış kapısı sayısı dikkate alındığında yaklaşık 3,5 kat hızlı bir tahliye gözlenmiştir. Fakat bu değerlendirme kapıların genişlikleri ile ilgili olarak değişkenlik gösterecektir.

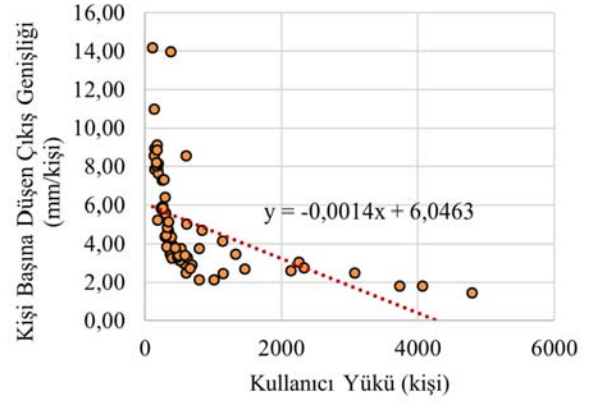


**Şekil 1.** Camilerin Tahliye Süresi/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılım Grafiği  
(Scatter Plot of Evacuation Time/Occupant Load Values of the Mosques)



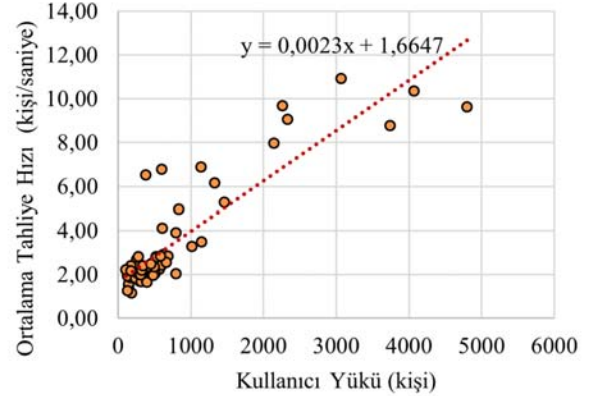
**Şekil 2.** Camilerin Tahliye Süresi/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılım Grafiği - Çıkış Kapısı Sayısına Göre Sınıflandırılmış  
(Scatter Plot of Evacuation Time/Occupant Load Values of the Mosques - Classified by Number of Exit Doors)

Toplam çıkış genişliğinin caminin kullanıcı yüküne bölünmesi ile kişi başına düşen çıkış genişliği bulunabilir. Bu değer, camilerin tahliye sürelerine doğrudan etkide bulunan bir değer olup bu değer ne kadar büyükse tahliye de o oranda hızlı olacaktır. Şekil 3'de camilerin kişi başına düşen çıkış genişliğinin kullanıcı kapasitelerine göre değişimi gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü üzere 67 caminin kişi başına düşen kapı genişliği 1,42 mm/kişi den 14,16 mm/kişi ye kadar değişiklik göstermektedir. 67 cami için ortalama kişi başına düşen kapı genişliği ise 5,07 mm/kişidir. Grafik incelendiğinde, camilerin kullanıcı kapasitesi arttıkça kişi başına düşen çıkış genişliğinde azalma olduğu görülmektedir. Camilerin kullanıcı kapasitesine göre kişi başına düşen çıkış genişliğindeki değişimi ifade eden ve grafikte kırmızı kesikli çizgi ile gösteren eğilim doğrusunun denklemi  $y = -0,0014x + 6,0463$ 'tür.



**Şekil 3.** Camilerin Kişi Başına Düşen Çıkış Genişliği/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılım Grafiği  
(Scatter Plot of Exit Width Per Person/Occupant Load Values of the Mosques)

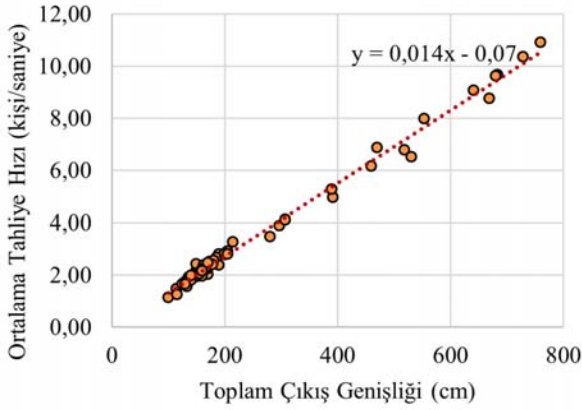
Camilerin tahliye süreleri Şekil 1'de özetlenmişti. Bu süreler tahliyenin başlamasından, cami cemaatinin camiyi tamamen boşatmasına kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Caminin tahliye süresinin yanında tahliye hızı da önemli bir göstergedir. Şekil 4, camilerin ortalama tahliye hızını göstermektedir. Kullanıcı kapasitesinin tahliye süresine bölünmesi ile elde edilen bu grafik, birim zamanda tahliye edilen kullanıcı sayısını (kişi/saniye cinsinden) göstermektedir. Grafikte de görüldüğü üzere camilerin ortalama tahliye hızı 1,14 kişi/saniye ile 10,90 kişi/saniye arasında değişmektedir. Tüm camilerin ortalama değeri ise 3,37 kişi/saniyedir. Bu değerler, caminin toplam çıkış genişliği ile orantılıdır. Grafikte de görüldüğü üzere camilerin kullanıcı yükü arttıkça toplam çıkış genişliği de artmakta, dolayısıyla birim sürede tahliye edilen kişi sayısı artmaktadır.



**Şekil 4.** Camilerin Ortalama Tahliye Hızı/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılım Grafiği  
(Scatter Plot of Average Evacuation Speed/Occupant Load Values of the Mosques)

Yukarıda, ortalama tahliye hızının caminin toplam çıkış genişliği ile direkt orantılı olduğundan bahsedilmiştir. Şekil 5'te, 67 caminin ortalama tahliye hızı ile toplam çıkış genişliği arasındaki ilişki gösterilmektedir. Ortalama tahliye hızı en düşük olan cami 1,14 kişi/saniye (Hacı Evhad Camii), en yüksek olan cami ise 10,90 kişi/saniye (Selimiye Camii) tahliye hızına sahiptir. Bu iki cami aynı zamanda en küçük ve en büyük toplam çıkış genişliğine sahip camilerdir.

Tüm camiler, kırmızı kesikli çizgi ile gösterilen, denklemi  $y = 0,014x - 0,07$  olan doğru ile büyük oranda uyum göstermektedir. Buradaki eğim üzerine belirleyici olan etmenlerden biri yürüme hızıdır. Yürüme hızı arttıkça eğim artacak, birim zamanda tahliye edilen kişi sayısı artacaktır. Bunun yanında bina sakinlerinin profil ayarlarındaki vücut ölçüleri, dar ortamda ne kadar sıkışacaklarını belirten faktör, kişilerin hızlanma ve yavaşlama ivmeleri, duvar gibi objelerden ne kadar uzak duracakları, birbirleri arasındaki sosyal mesafe gibi değişkenler de grafiğin eğiminde oldukça etkili olacaktır. Ayrıca binaların basit plan geometrisi de (binaların sadece zemin katlarının çalışma kapsamına alınması, çıkış kapısına kadar darboğaz bulunmaması ve bina içinde asansör, merdiven gibi diğer tahliye elemanlarının bulunmaması) bu grafiğin oluşumunda etkili olmuştur.



**Şekil 5.** Camilerin Ortalama Tahliye Hızı/Toplam Çıkış Genişliği Değerlerinin Dağılım Grafiği  
(Scatter Plot of Average Evacuation Speed/Total Exit Width Values of the Mosques)

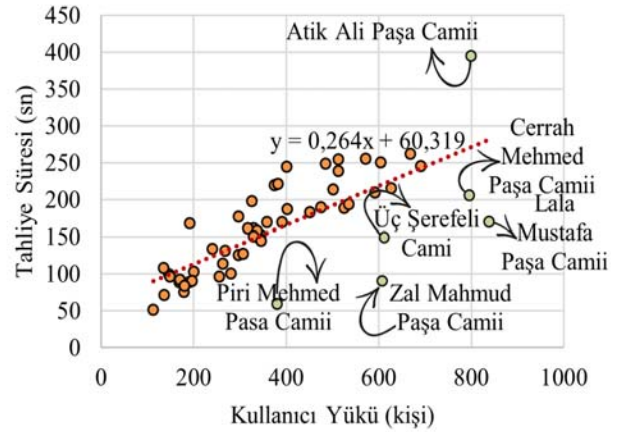
Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilen grafiklerde, çoğu caminin 1000 kişinin altında kullanıcı yükü olduğundan dolayı bu alanlarda bir yoğunluk gözlenmektedir. Ayrıca bu şekiller incelendiğinde, 1000 kişi kapasiteye kadar olan camilerin oluşturduğu dağılım, kırmızı ile gösterilen genel eğilim doğrusuna paralellik göstermemektedir (Bu duruma Şekil 5 dahil değildir). Bu durumda 1000 kişi kapasiteye kadar olan camiler ile 1000 kişi üzerinde kapasitedeki camileri ayrı başlıklar altına incelemek daha faydalı olacaktır.

### 3.2. Kullanıcı Yükü 1000 Kişiye Kadar Olan Camilerin Tahliye Analizi (Evacuation Analysis of Mosques with an Occupant Load of Up to 1000 People)

1000 kişi kapasiteye kadar olan 55 caminin tahliye süresi/kullanıcı yükü dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde 55 caminin grafikteki dağılımının genel olarak kırmızı kesikli çizgiyle gösterilen eğilim çizgisine paralel olduğu söylenebilir. Verilen 55 camiden 6 tanesinin (yeşil ile gösterilip cami adları yanlarında belirtilmiştir) genel eğilimden uzak kaldığı gözlenmiştir. Bu 6 camiden 5 tanesi eğilim doğrusunun altında kalırken Atik Ali Paşa Camii eğilim doğrusunun üzerinde kalmıştır. Dolayısıyla Atik Ali Paşa Camii, görece daha uzun tahliye süresiyle ortalama eğilimden ayrışırken diğer 5 cami daha kısa tahliye süresiyle ayrışmıştır.

Atik Ali Paşa Camii incelendiğinde 170 cm genişlikte çıkış kapısı bulunduğu ve 801 kişi kullanıcı kapasitesi olduğu görülmektedir. Bu durumda kişi başına düşen çıkış kapısı genişliği 2,12 mm'dir. Kişi başına düşen çıkış kapısı genişliği Cerrah Mehmet Paşa Camii için 1958

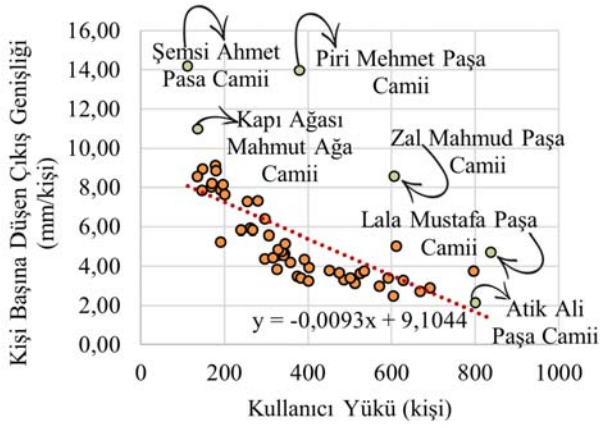
3,73 mm, Lala Mustafa Paşa Camii için 4,67 mm, Üç Şerefeli Camii için 5,02 mm, Zal Mahmud Paşa Camii için 8,53 mm ve Piri Mehmet Paşa Camii için 13,94 mm'dir. Grafikte gösterilen 55 cami için ise bu değer ortalama 5,53 mm'dir. Atik Ali Paşa Camii kişi başına düşen çıkış genişliği açısından diğer camilerden negatif ayrışmaktadır. Lala Mustafa Paşa Camii, Zal Mahmud Paşa Camii ve Piri Mehmet Paşa Camileri ise Şekil 7'de de görüldüğü üzere kişi başına düşen çıkış genişliği konusunda pozitif ayrışan camilerdendir. Grafikte görüldüğü üzere kullanıcı yükü bilinen bir caminin yaklaşık tahliye süresi, doğrusal eğilim doğrusunun denklemi kullanılarak bulunabilir. Bu durumda yaklaşık tahliye süresi, kullanıcı yükünün 0,264 katına 60,319 eklenmesi ile bulunabilir.



**Şekil 6.** Kullanıcı Yükü 1000 Kişiye Kadar Olan Camilerin Tahliye Süresi/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılım Grafiği  
(Scatter Plot of Evacuation Time/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of Up to 1000 People)

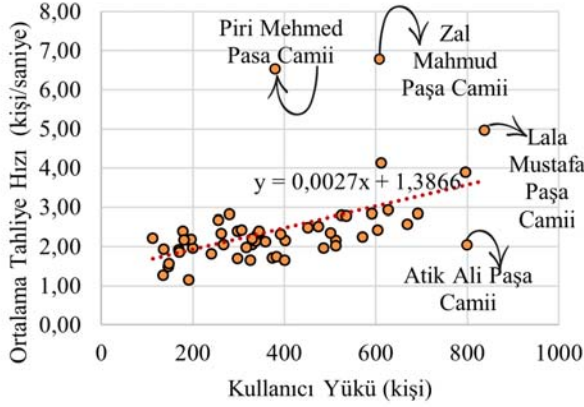
Şekil 7'de 1000 kişiye kadar kapasitedeki camilerin kişi başına düşen çıkış genişliği ve kullanıcı yükünü gösteren grafik incelendiğinde en düşük değerin, Şekil 3'te de negatif ayrışan Atik Ali Paşa Camii olduğu görülmektedir. Aynı grafik incelendiğinde Şemsi Ahmet Paşa Camii, Kapı Ağası Camii, Zal Mahmud Paşa Camii ve Lala Mustafa Paşa Camii'nin de genel eğilimden ayrıştıkları görülmektedir. Bunlardan Kapı Ağası Mahmut Ağa ve Şemsi Ahmet Paşa Camileri kullanıcı yükü oldukça az olan küçük camiler oldukları için kişi başına düşen çıkış genişliği yüksek olmaktadır. Piri Mehmet Paşa Camii, Zal Mahmud Paşa Camii ve Lala Mustafa Paşa Camii ise 3 kapısı bulunan camiler olup bu nedenle daha geniş çıkış genişliği sunmaktadırlar. Verilen 55 cami için kişi başına düşen çıkış genişliği 2,12 mm/kişi'den 14,16 mm/kişi'ye kadar değişmekte ve ortalama değer ise 5,53 mm'dir. Şekil 7'de kırmızı kesikli çizgi ile gösterilen eğilim doğrusunun denklemi  $y = -0,0093x + 9,1044$ 'tür. Bu doğrunun eğiminin negatif olması, bu camilerin kullanıcı yükü arttıkça kişi başına düşen çıkış genişliğinin azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Şekil 8'de 55 caminin ortalama tahliye hızı ve kullanıcı yükü dağılımını gösteren grafik verilmiştir. Grafik incelendiğinde Şekil 6'dakine benzer şekilde Atik Ali Paşa Camii'nin negatif ayrılması ve Piri Mehmet Paşa, Zal Mahmud ve Lala Mustafa Camilerinin ise pozitif ayrışması söz konusudur. 3 kapısı bulunan bu 3 caminin genel eğilime oranla daha rahat bir tahliye sağladığı söylenebilir. Bunun haricinde genel eğilim incelendiğinde diğer camilerin kırmızı kesikli çizgi ile verilen eğilim doğrusuna yakın konumlandığı görülmektedir. Verilen bu eğilim doğrusunun denklemi  $y = 0,0027x + 1,3866$ 'dır.



**Şekil 7.** Kullanıcı Yükü 1000 Kişiye Kadar Olan Camilerin Kişi Başına Düşen Çıkış Genişliği/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılımı Grafiği

(Scatter Plot of Exit Width Per Person/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of Up to 1000 People)



**Şekil 8.** Kullanıcı Yükü 1000 Kişiye Kadar Olan Camilerin Ortalama Tahliye Hızı/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılımı Grafiği

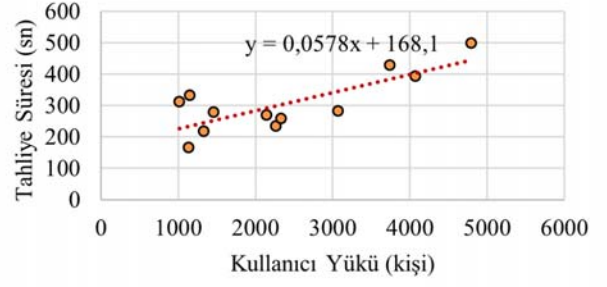
(Scatter Plot of Average Evacuation Speed/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of Up to 1000 People)

### 3.3. Kullanıcı Yükü 1000 Kişinin Üzerinde Olan Camilerin Tahliye Analizi

(Evacuation Analysis of Mosques with Occupant a Load of More than 1000 People)

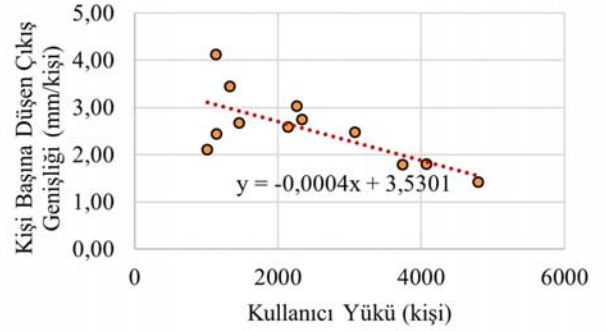
1000 kişi üzerinde kapasitedeki 12 caminin tahliye süreleri ve kullanıcı yükünü inceleyen grafik Şekil 9'da verilmiştir. Bu camilerin tahliye süresi, grafikte de görüldüğü üzere 166 sn.den 499 sn.ye kadar değişmektedir ve ortalama tahliye süresi 306 sn.dir. Grafikte, tahliye süresi eğilimi kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Bu camilerden eğilimden ayrılan bir cami görünmemektedir. Eğilim doğrusunun denklemi  $y = 0,0578x + 168,1$ 'dir.

Şekil 10'da kullanıcı yükü 1000 kişinin üzerinde olan 12 cami için kişi başına düşen çıkış genişliği/kullanıcı yükü değerlerinin dağılımı verilmiştir. 12 caminin kişi başına düşen çıkış genişliği 1,42 mm'den 4,12 mm'ye kadar değişiklik göstermektedir ve ortalama değer 2,55 mm'dir. Grafik incelendiğinde, Şekil 4'tekine benzer şekilde kullanıcı yükünün artışıyla beraber kişi başına düşen çıkış genişliğinin azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Grafiğin eğilim doğrusunun denklemi ise  $y = -0,0004x + 3,5301$ 'tür.



**Şekil 9.** Kullanıcı Yükü 1000 Kişiden Fazla Olan Camilerin Tahliye Süresi/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılımı Grafiği

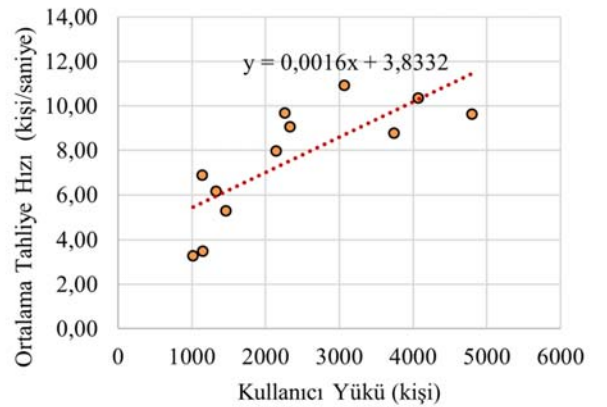
(Scatter Plot of Evacuation Time/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of More than 1000 People)



**Şekil 10.** Kullanıcı Yükü 1000 Kişiden Fazla Olan Camilerin Kişi Başına Düşen Çıkış Genişliği/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılımı Grafiği

(Scatter Plot of Exit Width Per Person/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of More than 1000 People)

12 caminin tahliye hızı yani birim zamanda tahliye edilen kişi sayısı değerlerinin dağılımı Şekil 11'de verilmiştir. Grafikte de görüldüğü üzere genel eğilim kullanıcı yükü arttıkça tahliye hızının artması yönündedir. Bu durum cami büyüdükçe kapı genişliklerinin artmasından kaynaklanmaktadır. Verilen grafiğin eğilim doğrusunun denklemi ise  $y = 0,0016x + 3,8332$ 'dir.



**Şekil 11.** Kullanıcı Yükü 1000 Kişiden Fazla Olan Camilerin Ortalama Tahliye Hızı/Kullanıcı Yükü Değerlerinin Dağılımı Grafiği

(Scatter Plot of Average Evacuation Speed/Occupant Load Values for Mosques with an Occupant Load of More than 1000 People)

### 3.4. Yönetmelik ve Standartlarda Belirtilen Şartlar (Requirements Specified Regulations and Standards)

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik [38], Türkiye’de mevcut ve yeni yapılacak binalarda gerekli yangın ve kaçış önlemlerinin alınabilmesini amaçlayan bir yönetmeliktir. Bu bağlamda binalar için kaçış kolaylığının sağlanması ve güvenli tahliyenin sağlanabilmesi amacıyla belli gereklilikler getirilmiştir. Bu gerekliliklerden ilki kullanıcı yükü tanımlamasıdır. Çalışma kapsamında incelenen bina türü olan camiler, kullanıcı yükü açısından diğer binalardan farklı olup kendine has bir kullanıcı yükü tanımı getirilmesi gereken bir bina türüdür. Yönetmelikte kullanıcı yükü tanımları Ek 5/A’da verilmiş olmasına rağmen camilere ait bir kullanıcı yükü tanımı bulunmamakta, camilerin kullanıcı yüküne en yakın tanımlar “Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler” için yapılan tanım olabilir. Bu tanıma göre bu mekanların oturulan kısımları ve ayakta durulan kısımları için sırasıyla 1 m<sup>2</sup>/kişi ve 0,5 m<sup>2</sup>/kişi’dir. Bu tanımlar camilerde kullanılmaya uygun olmadığı için bu çalışmada yazarlar tarafından gözlemlenen kullanıcı yükü olan 0,6 m<sup>2</sup> ile çalışma tamamlanmıştır.

Yangın yönetmeliğinde getirilen bir diğer gereklilik olan kişi başına düşen minimum çıkış genişliği, yönetmeliğin Ek 5/B kısmında verilmiştir. Camilerin içinde bulunabileceği Toplanma Amaçlı Binalar için belirlenen kişi başına çıkış genişliği, 0,5 cm’dir. Ayrıca yönetmeliğin 33. maddesinde çıkış kapılarının 80 cm’den, 50 kişinin aştığı durumlarda ise 100 cm’den az olamayacağı belirtilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen 67 camide kişi başına düşen kapı genişliği sadece 25 camide 0,5 cm’yi geçmekte, kalan camilerde bu değerlerin altında değerler gözlenmektedir. Tüm camilerin kişi başına düşen çıkış genişlikleri ortalaması ise yönetmelikte istenen değerden biraz üzerinde olup 0,51 cm’dir. Çıkış sayıları hakkında yönetmelikte hiçbir çıkış 200 cm’yi geçmeyecek şekilde, 50 kişi altı için tek çıkış, 50-500 kişi arası 2 çıkış, 501-1000 kişi arası 3 çıkış ve 1000 kişi üzerinde en az 4 çıkış olacak şekilde (mevcut binalar için 50 kişi yerine 60 kişi, 500 kişi yerine ise 600 kişi) çıkış sayısının bulunması gerektiği bildirilmiştir. Çalışma kapsamındaki 67 camiden 10 tanesinin 200 cm’den daha geniş çıkışlarının bulunduğu gözlenmiştir. Yönetmelikte 200 cm üzerinde bir çıkış gerektiğinde bunun iki ayrı çıkış olarak çözümlenmesi gerektiğinden bahsedilmektedir. Ayrıca çalışma kapsamındaki 67 cami incelendiğinde çıkış sayısı gereklilikleri bakımından yönetmelik şartlarını sadece 6 caminin sağlandığı görülmüştür. Diğer 61 caminin çıkış sayısı yetersizdir.

Çıkış gereklilikleri açısından uluslararası bir yönetmelik olan NFPA 101 – Life Safety Code [33] incelendiğinde benzer durumlarla karşılaşılmaktadır. Bu durum ülkemiz yangın yönetmeliğinin bu standardı yakından izleyen bir yönetmelik olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde NFPA’de de çıkış sayıları açısından 50 kişi altına tek çıkış, 500 kişiye kadar 2 çıkış, 1000 kişiye kadar 3 çıkış ve 1000 üstü kullanıcı sayısı için 4 çıkış gereklidir. Kişi başına çıkış genişliği, 0,2 inç olarak belirlenmiş olup bu da yaklaşık 5 mm’ye tekabül etmektedir. Minimum çıkış genişliği ise 32 inç olarak belirlenmiş olup yaklaşık 81,28 cm’ye denk gelmektedir. Görüldüğü üzere iki yönetmeliğin belirlediği bu gereklilikler oldukça benzerdir. Elbette 15. ve 16. yy. ’da inşa edilmiş camilerin modern dünyanın şartlarına göre hazırlanmış yönetmeliklere uygunluk göstermesi beklenemez. Bu karşılaştırmalar sadece durum analizi amacıyla yapılmaktadır.

### 4. Sonuçlar (Conclusions)

Bu makalede, Türkiye’nin çeşitli yerlerinden seçilen 67 tarihi caminin tahliye analizi yapılmıştır. Camilerin planları, Pathfinder tahliye simülasyon programı üzerinde modellenmiş ve simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, camilerin tahliye süresi, kişi başına

düşen çıkış genişliği, ortalama tahliye hızı parametrelerinin kendi arasındaki ve caminin kullanıcı kapasitesi arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca seçilen 67 cami ile oluşturulan örneklerle tarihi camiler hakkında genel fikir oluşturacak şekilde tahliye çıktılarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmadaki camiler 3 başlık altında incelenmiştir. Bunlar, çalışma kapsamındaki 67 caminin tamamının incelendiği bölüm, kullanıcı yükün 1000 kişiye kadar olanların incelendiği bölüm ve kullanıcı yükü 1000 kişinin üzerinde olanların incelendiği bölümdür. Bu ayrıma gidilmesinin sebebi; tahliye süresi, kişi başına düşen çıkış genişliği ve ortalama tahliye hızı parametrelerinin 1000 kişi altı ve 1000 kişi üstü camilerde gözle görülür bir ayrışma göstermesidir. Yine de 67 caminin tamamının incelendiği bölüm, genel eğilimi yansıtmaması nedeniyle makale kapsamına alınmıştır.

67 caminin kullanıcı kapasiteleri, 113 ile 4799 kişi arasında değişmektedir ve ortalama kullanıcı kapasitesi 742 kişidir. Camilerin tahliye süresi ise 51 saniye ile 8 dk. 19 sn. (499 saniye) arasında değişirken ortalama tahliye süresi 3 dk. 8 sn. olarak gözlenmiştir. Camilerin toplam çıkış genişliği 100 cm ile 760 cm arasında değişmekte ve ortalama da değer 246 cm’dir. Kişi başına düşen çıkış genişliği 1,42 mm ile 14,16 mm arasında değişirken ortalama değer 5 mm’dir. Camilerin ortalama tahliye hızı 1,14 kişi/sn. ile 10,90 kişi/sn. arasında değişirken ortalama 3,37 sn. olarak gözlenmiştir.

Camilerin ortalama tahliye süresi 1000 kişi altında 162 sn. iken 1000 kişi üzerinde 306 sn. olarak gözlenmiştir. Dolayısıyla 1000 kişiden büyük kapasiteli camilerin tahliye süresinin yaklaşık %89 daha uzun sürdüğü söylenebilir. Elde edilen tahliye süresi/kullanıcı yükü grafiklerinin eğimleri incelendiğinde, kullanıcı yükündeki artışla beraber gelen tahliye süresindeki uzama, 1000 kişi altında, 1000 kişi üstüne göre yaklaşık 4,57 kat olarak gözlenmiştir. Dolayısıyla küçük camilerdeki kullanıcı yükü artışı, tahliye süresi üzerinde daha fazla etkili olmuştur.

Camilerin kişi başına düşen çıkış genişliği 1000 kişi üzeri camilerde ortalama 2,55 mm iken 1000 kişi altı camilerde ortalama 5,53 mm’dir. Kişi başına düşen çıkış genişliği her iki küme için de kullanıcı yükü arttıkça azalma eğiliminde olsa da 1000 kişiye kadar olan camilerde, 1000 kişi üzeri camilerin yaklaşık 23,25 katı eğimle azalmaktadır. Dolayısıyla kişi başına düşen çıkış genişliğinde küçük camilerin kullanıcı yükü, büyük camilerininkine göre çok daha etkili olmuştur. Ortalama tahliye hızı, 1000 kişi altı camilerde 2,44 kişi/sn. iken 1000 kişi üstü camilerde 7,61 kişi/sn.dir. Dolayısıyla büyük camilerde saniyede tahliye edilen kişi sayısı, küçük camilerin yaklaşık 3,12 katıdır. Camilerin ortalama hızı ile toplam çıkış genişliği direkt orantılı parametrelerdir. Şekil 5’teki camilerin ortalama tahliye hızı/toplam çıkış genişliği grafiğinde de görüldüğü üzere lineer bir dağılım gösteren camiler için eğilim doğrusunun eğimi önemli bir çıktıdır. Bu eğilim doğrusunun denkleminin  $y = 0.014x - 0.07$  olduğu gözlenmiştir. Bu denklem, tarihi camilerin ortalama tahliye hızı ile toplam çıkış genişliği arasındaki bağıntıyı veren sabit bir değerdir. Bu değer, kullanıcı parametrelerine göre (hız, ivme, vücut ölçüleri vb.) değişecek olup burada verilen ortalama bir değerdir. Bu eğilim doğrusunun denklemi kullanılarak tarihi camilerin toplam çıkış genişliği ile caminin yaklaşık tahliye süresi elde edilebilir.

Çalışma kapsamında ele alınan 67 caminin sadece 1 tanesinde 2 çıkış kapısı bulunurken kalan camiler 1 veya 3 çıkış kapısına sahiptir. Camilerin çıkış kapısı sayısı göz önüne alınarak yapılan sınıflandırmaya göre (Şekil 2) tek kapısı bulunan camilerin tahliye süresi/kullanıcı yükü eğilim doğrusu, üç kapısı bulunan camilerin tahliye süresi/kullanıcı yükü eğilim doğrusunun yaklaşık 3,6 katı eğimdedir. Bu durumda eşit koşullarda 3 kapılı camilerin tahliye süresinin 3,6 kat olduğu görülmektedir. Ancak burada asıl belirleyici etmen çıkış kapılarının genişliği olacaktır.



Büyük kitleleri içinde barındıran camiler, tahliye bağlamında büyük önem verilmesi gereken bir bina türüdür. Yönetmeliklerimizde camilere yönelik bir kullanıcı yükü bulunmamaktadır. Camiler hakkında yönetmeliklerde daha derin tanım ve kısıtlamalar ile yer alması gerekmektedir.

- Camilerin kullanıcı yükündeki artışla beraber kişi başına düşen çıkış genişliği artan bir eğilimle azalmaktadır. Bu durum büyük camiler konusunda daha dikkatli bir kullanım gerekliliğine işaret etmektedir.
- Yapılan bu çalışmada, özellikle 1000 kişi üzerinde kullanıcı yüküne sahip camilerin 1000 kişi altındaki camilerden farklılaştığı gözlenmiştir. 1000 kişi üzerinde kullanıcı kapasitesi olan camilerde, caminin çıkış kapılarının izin verdiği çıkış kapasitesi hesaplanarak cami kullanıcı sayısı bununla sınırlandırılmalıdır.
- Cami görevlilerinin (özellikle büyük camiler için) acil bir durum yaşanması halinde insanları yönlendirmek üzere eğitime tabi tutulması önerilmektedir. Bu görevliler, insanları çıkış kapılarına, kapıların kapasitesi ölçüsünde yönlendirmeli, yaşlı ve engelli kişilerin refakat edilerek tahliye edilmesi konusunda yönlendirici olmalıdırlar.
- Çalışmanın sonuçlarında görüldüğü üzere tarihi camiler, modern Dünyanın güvenli tahliye gerekliliklerini büyük ölçüde sağlayamamaktadırlar. Bu yüzden ülkemizde sıkça görülen Klasik Dönem Osmanlı cami tipolojisinin günümüzde replikalarının inşa edilmesi alışkanlığının terk edilmesi gerekmektedir.
- Yapılacak yeni camilerde, alışılmış olan “çıkış kapılarının kible duvarının karşısındaki duvara yerleştirilmesi” fikrinden uzaklaşılmalıdır. Yan duvarlardan (mihraba yakın olacak kısma) kapı açılması tahliye bağlamında daha kullanışlı bir çözüm olacaktır.

Yapılan bu çalışma ile NFPA gibi uluslararası standart koyucu organizasyonların ve elbette ülkemizin, standartlarında camilerin yerinin genişletilmesi, daha derin gerekliliklerin tanımlanması yönünde camilerimizin mevcut durumunun anlaşılması amaçlanmıştır.

#### Referanslar (References)

1. Onay, A., Türkiye'nin Cami Profili, A. Onay, 1. Basım, Dem Yayınları, İstanbul, 2008.
2. Doğanay, A., Mimari ve Tezyini Unsurlarıyla Cami, 1. Baskı, Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2015.
3. Uncovering the Digital Islamic Services Opportunity for the Middle East and the World, 2015.
4. Diyanet İşleri Başkanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. İstatistikler. <https://stratejigelistirme.diyanet.gov.tr/sayfa/57/istatistikler>. Yayın Tarihi Aralık 31, 2021. Erişim tarihi Ağustos 29, 2022.
5. Mahmood, I., Haris, M., Sarjoughian, H., Analyzing emergency evacuation strategies for mass gatherings using crowd simulation and analysis framework: Hajj scenario, SIGSIM-PADS 2017 - Proceedings of the 2017 ACM SIGSIM Conference on Principles of Advanced Discrete Simulation, Singapore, 231-240, 24-26 Mayıs, 2017.
6. Namoun, A., Alkhodre, A., Tufail, A., Alrehaili, A., Mir, A., Alkhodre, A.B., Farquad, M., Alwaqdan, M., Alghamdi, T., Benaida, M., A multi-agent architecture for evacuating pilgrims in panic and emergency situations: The Hajj scenario, Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 96 (20), 2018.
7. Owaidah, A.A., Oлару, D., Bennamoun, M., Sohel, F., Khan, R.N., A discrete event simulation for modelling Aljamarat Bridge rituals and evacuation scenarios, 24th International Congress on Modelling and Simulation, Sydney, Australia, 477-483, 5-10 Aralık, 2021.
8. Tunasar, C., Analytics Driven Master Planning For Mecca: Increasing The Capacity While Maintaining The Spiritual Context Of Hajj Pilgrimage, Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, Washington D.C., 8-11 Kasım, 2013.
9. Mohamad, S., Mohd Hanifa, R., Shahrizal, Sunar, M., Tajudin Khader, A., Initial Investigation of Modelling Tawaf Crowd Evacuation Based on

- Intelligent Agent Simulation, International Conference of Interactive Digital Media, Sarawak, Malaysia, 1-6, 2-4 Aralık, 2013.
10. Albaqami, N. N., Allehaibi, K. H., Basori, A. H., Augmenting Pilgrim Experience and Safety with Geo-location Way finding and Mobile Augmented Reality, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 18 (2), 23-32, 2018.
11. Abdelghany, A., Abdelghany, K., Mahmassani, H., Al-Ahmadi, H., Alhalabi, W., Modeling the Evacuation of Large-Scale Crowded Pedestrian Facilities, Transportation Research Record.2198 (1), 152-160, 2010.
12. Khalid, M.N.A., Yusof, U.K., Dynamic crowd evacuation approach for the emergency route planning problem: Application to case studies, Safety Science. 102, 263-274, 2018.
13. Cao, S., Qian, J., Li, X., Ni, J., Evacuation simulation considering the heterogeneity of pedestrian under terrorist attacks, International Journal of Disaster Risk Reduction. 79, 1-12, 2022.
14. Arteaga C., Park, J.W., Building design and its effect on evacuation efficiency and casualty levels during an indoor active shooter incident, Safety Science. 127, 1-10, 2020.
15. Nassar, K., Bayyoumi, A., A simulation study of the effect of Mosque design on egress times, Winter Simulation Conference, Berlin-Almánya, 1-8, 9-12 Aralık, 2012.
16. 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.
17. Liu, Q., A social force model for the crowd evacuation in a terrorist attack, Physica A, 502, 315-330, 2018.
18. Alginahi, Y. M., Mudassar, M., Kabir, M. N., ve Tayan O., Analyzing the Crowd Evacuation Pattern of a Large Densely Populated Building, Arabian Journal for Science and Engineering, 44 (4), 3289-3304, 2019.
19. Haron, F., Alginahi, Y.M., Kabir, M.N., Mohamed, A.I., Software Evaluation for Crowd Evacuation-Case Study: Al-Masjid An Nabawi, International Journal of Computer Science Issues, 9 (6), 128-134, 2012.
20. Alfakhry, A.A., Yahya, L.M., A Simulation Study to Suggest an Emergency Exits in Mosul's Mosques in Case of Emergency, International Journal of Safety and Security Engineering, 12 (5), 569-575, 2022.
21. Alighadr, S., Fallahi, A., DEM Evaluation of Evacuation Behavior: A Case Study of “The Mosque of ASMU,” Journal of Seismology and Earthquake Engineering, 18 (1), 47-58, 2016.
22. Alighadr, S., Fallahi, A., Kiono, J., Fitrasha, N.R., Simulation Of Evacuation Behavior During A Disaster:Study Case: Mosque Of Azerbaijan University Of Tarbiat Moallem, 1st International Conference on Urban Construction in the Vicinity of Active Faults, Tabriz-Azerbaijan, 3-5 Eylül, 2011.
23. Azkur, H.S., Oral, M., Evacuation Problem in Mosque Buildings, The Case of Konya Haciveysizade Mosque, Journal of Architectural Sciences and Applications, 7 (1), 235-247, 2022.
24. Topraklı A.Y., Sedihemati S., Ağraz G., Evaluation of evacuation problem of modern Ottoman classical period mosques types, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 34 (4), 2261-2270, 2019.
25. Integrated Environmental Solutions, Case Study - Sheikh Zayed Grand Mosque. [www.iesve.com](http://www.iesve.com). Yayın tarihi Mart, 2009. Erişim tarihi Mayıs 30, 2023.
26. Yaman, M., Kurtay, C., Investigation on evacuation scenarios according to occupant profile in mosques through different fire regulations, A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture, 18 (2), 477-489, 2021.
27. Top S.M., Topraklı A.Y., Analysis of the open or closed conditions of drum windows effect on visibility and temperature propagation with fire dynamics simulation in domed mosque design, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 37 (4), 1839-1853, 2022.
28. Selim, O.M., Abdelmaksoud, W., ElBialy, E.E., Khalil, E.E., Smoke behaviour and management in domed mosques, 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting, San Diego, California, USA, 1-11, 4-8 Ocak, 2016.
29. Kuligowski, E.D., Peacock, R.D., Hoskins, B.L., A Review of Building Evacuation Models, 2. Edition, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2019.
30. Buxton, P., Metric Handbook, Seventh edition, Routledge, London, 2022.
31. Neufert, E., Yapı Tasarım Bilgisi, 35. Basım, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul, 2000.

32. Abu Dhabi Mosque Development Regulations, United Arab Emirates, 2019.
33. NFPA 101- Life Safety Code, National Fire Protection Association, 2018.
34. International Building Code, International Code Council, 2018.
35. Thunderhead Engineering, Technical Reference Pathfinder, [https://www2.thunderheadeng.com/files/com/pathfinder/tech\\_ref.pdf](https://www2.thunderheadeng.com/files/com/pathfinder/tech_ref.pdf) 2017, Yayın tarihi 2017. Erişim tarihi Ağustos 23, 2022.
36. Reynolds, C.W., Steering Behavior for Autonomous Characters, Game Developers Conference, 763–782, 1999.
37. Thunderhead Engineering. Pathfinder Verification and Validation. <https://support.thunderheadeng.com/docs/pathfinder/2021-1/verification-validation/>. Yayın tarihi Şubat 22, 2022. Erişim tarihi Ağustos 23, 2022.
38. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007.