



## Evaluation of fire safety performance of buildings with building information modeling (BIM)

Şafak Beşiroğlu<sup>1\*</sup>, Nuri Serteser<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture, Construction Sciences, Graduate School of Science, Engineering and Technology, Istanbul Technical University, 34367, Istanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Architecture, Faculty of Architecture, Istanbul Technical University, 34367, Istanbul, Türkiye

### Highlights:

- Examining the possibilities of BIM technology in the field of fire safety
- Comparing software used in the field of fire safety in the BIM environment
- Evaluating the applicability of software with regulations and standards

### Keywords:

- Building fire safety measures
- Building information modelling
- Computational model
- Fire safety

### Article Info:

Research Article

Received: 18.10.2023

Accepted: 04.05.2024

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1377660

### Correspondence:

Author: Şafak Beşiroğlu

e-mail:

besiroglu18@itu.edu.tr

phone: +90 538 654 6875

### Graphical/Tabular Abstract

In parallel with the advancements in building technology, the use of computational modelling techniques in the design and construction industry has developed the way buildings are conceptualized, analyzed, and constructed. In this study, the applicability of twenty-five passive and active fire safety criteria was evaluated through software used to ensure fire safety in buildings in the BIM environment. The suitability of the software for both passive and active fire safety measures in accordance with the regulations and standards is shown in Figure A.

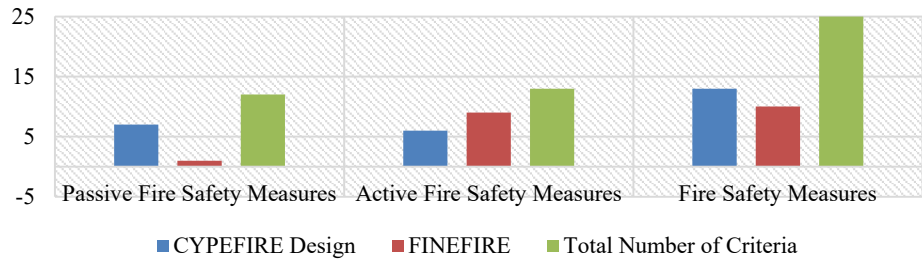


Figure A. Compliance graph of the software according to the criteria discussed.

**Purpose:** Integrating computational models, such as computational fluid dynamics (CFD) and fire dynamic simulator (FDS), with building information modelling (BIM), a relationship is formed, allowing for a more comprehensive understanding of fire safety within the design process. The integration of computational models and BIM not only enhances the accuracy and efficiency of fire safety analysis but also allows for the incorporation of fire safety considerations into the broader design process and optimization of fire safety measures.

**Theory and Methods:** In this study, an office building modelled with Autodesk Revit, one of the widely used software in the BIM environment, and the applications of the determined criteria by CYPEFIRE Design and FINEFIRE software used in different countries were examined. The requirements of the office building regarding fire safety are regulated in accordance with the provisions of the Turkey's Regulation on Fire Protection and the relevant standards. Usability assessment was carried out on the parameters of learnability, efficiency, memorability, errors and satisfaction following EN ISO 9241-11.

**Results:** As a result of the study, CYPEFIRE Design software provided thirteen (52%) and FINEFIRE software ten (40%) compliance checks according to regulations and standards within the scope of the twenty-five fire safety measures expected to be provided by the building. According to the parameters of the discussed usability, CYPEFIRE Design software is at the forefront of evaluating efficiency and errors, while FINEFIRE software is at the forefront of evaluating learnability and memorability. Both software is different from each other and provide advantages in certain titles.

**Conclusion:** As a result, it is clear that the decisions to be taken in line with the data obtained with these models, which can analyze the impact of fire safety measures on the entire building, support more effective management of the fire safety design process. The relationship between computational models and BIM empowers stakeholders to make data-driven decisions, optimize fire safety measures, and enhance the overall fire performance of buildings. Based on its current situation, it is possible to say that building information modelling technology will become more widespread and more comprehensive in the field of fire safety in the near future.



## Yapı bilgi modelleme (BIM) ile binaların yangın emniyeti performansının değerlendirilmesi

Şafak Beşiroğlu<sup>1\*</sup>, Nuri Serteser<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilimleri, 34367, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34367, İstanbul, Türkiye

### ÖNEÇIKANLAR

- BIM teknolojisinin yangın emniyeti alanında kullanım olanaklarını inceleme
- BIM ortamında yangın emniyeti alanında kullanılan yazılımları karşılaştırma
- Yazılımların uygulanabilirliğini yönetmelik ve standartlarla değerlendirme

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 18.10.2023

Kabul: 04.05.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1377660

### Anahtar Kelimeler:

Bina yangınları,  
hesaplamalı model,  
yangın emniyeti,  
yapı bilgi modelleme

### ÖZ

Teknolojinin gelişmesiyle eşzamanlı olarak modelleme tekniklerinin kullanımı, sektörlerindeki aktörler arasında popülerlik kazanmıştır. Bununla birlikte Yapı Bilgi Modelleme (BIM), çoğu tasarım disiplininde yaygın olarak kullanılsa da yangın emniyeti alanında kullanım oranı henüz diğer alanlardaki düzeyde değildir. Bu çalışmada, BIM ortamında en bilinen yazılımlardan biri Revit ile modellenen ofis binası, belirlenen yangın emniyeti kriterlerine göre CYPEFIRE Design ve FINEFIRE yazılımları kullanılarak incelenmiştir. Ofis binasının sağlaması gereken yangın emniyetine yönelik kriterler, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik ve ilgili standartlar esas alınarak oluşturulmuştur. Yazılımlar, EN ISO 9241-11 standardı ile uyumlu olarak "kullanılabilirlik" açısından öğrenilebilirlik, yeterlik, akılda kalıcılık, hatalar ve memnuniyet parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda CYPEFIRE Design, belirlenen 25 yangın emniyet kriteri için yönetmelik ve standartlara göre 13 (%52); FINEFIRE 10 (%40) uygunluk kontrolü sağlamıştır. Kullanılabilirlik parametrelerinden yeterlik ve hatalar parametrelerinin değerlendirmesinde CYPEFIRE Design, öğrenilebilirlik ve akılda kalıcılık parametreleri açısından FINEFIRE öne çıkmaktadır. Her iki yazılımın yangın emniyetiyle ilgili birbirine göre üstünlük sağladığı uygulamalar bulunmaktadır. Sonuç olarak, BIM ortamında yangın emniyet önlemlerinin tüm yapıda uygulanmasına imkan veren bu yazılımların kullanımı, proje sürecinin daha hızlı ve interaktif yürütülmesini sağlamaktadır. Binanın mimari proje süreci ile birlikte yürütülmesi gereken yangın emniyet önlemlerinin projeye uygulanmasında BIM teknolojisi kullanımı, yakın gelecekte daha yaygın ve kapsamlı hale gelecektir.

## Evaluation of fire safety performance of buildings with building information modeling (BIM)

### HIGHLIGHTS

- Examining the possibilities of BIM technology in the field of fire safety
- Comparing software used in the field of fire safety in the BIM environment
- Evaluating the applicability of software with regulations and standards

### Article Info

Research Article

Received: 18.10.2023

Accepted: 04.05.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1377660

### Keywords:

Building fire safety  
measures,  
building information  
modelling,  
computational model,  
fire safety

### ABSTRACT

Simultaneously with the development of technology, the use of modeling techniques has gained popularity among actors in their sectors. However, although Building Information Modeling (BIM) is widely used in most design disciplines, its usage rate in the field of fire safety is not yet at the same level as in other fields. In this study, the office building modeled with Revit, one of the most well-known software in the BIM environment, was examined using CYPEFIRE Design and FINEFIRE software according to the determined fire safety criteria. The fire safety criteria that the office building must meet have been established based on the Regulation on Fire Protection of Buildings and relevant standards. The software was evaluated according to the parameters of learnability, proficiency, memorability, errors and satisfaction in terms of "usability" in accordance with the EN ISO 9241-11 standard. As a result of the studies carried out, CYPEFIRE Design achieved 13 (52%) of the 25 fire safety criteria determined according to the regulations and standards; FINEFIRE provided 10 (40%) compliance checks. Among the usability parameters, CYPEFIRE Design stands out in the evaluation of adequacy and errors parameters, while FINEFIRE stands out in terms of learnability and memorability parameters. There are applications where both software provide superiority over each other regarding fire safety. As a result, the use of these software, which allows the application of fire safety measures in the entire structure in the BIM environment, ensures that the project process is carried out faster and more interactively. The use of BIM technology in the implementation of fire safety measures, which must be carried out together with the architectural project process of the building, will become more widespread and comprehensive in the near future.

## 1. Giriş (Introduction)

BIM terimi, “Yapı Bilgi Modelleme” nin İngilizce karşılığı olan “Building Information Modeling” kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. BIM, daha etkin planlama, tasarım, uygulama ve yönetime izin veren üç boyutlu model tabanlı bir süreçtir [1]. İlgili tüm aktörlerin kesintisiz iletişim kurmasını sağlayan bu teknoloji, verimliliği artırmak ve süreci kısaltmak için çeşitli potansiyeller sunmaktadır. Bu potansiyeller fark edilmeye başlandıkça, sadece mimarlık ve mühendislik disiplinlerinde değil, diğer disiplinlerde de kendi sorunlarına çözüm bulmak için yazılıma olan ihtiyaç artmıştır.

BIM, 1960'larda gelişen bilgisayar destekli tasarım (computer aided design-CAD) teknolojisine dayanmaktadır [2]. 1980'lere kadar mevcut sistemlerin yerini alması beklenmeyen bu sistem, tasarım, üretim, proje planlama, dokümantasyon, koordinasyon ve yönetim gibi çeşitli alanlarda zaman içerisinde kullanıcılara önemli faydalar sağlamış ve kullanılmıştır [3]. İki boyutlu olarak başlayan bu teknoloji, toplumun artan beklenti ve gereksinimlerini karşılamak için her geçen gün gelişmiş ve üç boyutlu modellere dönüşmüştür. Oluşturulan nesneyi iki boyutun ötesinde kütle olarak görselleştirme ve bileşenlerine çok sayıda nitelik ekleme özellikleri beklentileri karşılamış ve kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Temelde üç boyutlu tasarım araçlarının eksikliği BIM'in ön plana çıkmasını desteklemiştir. Carnegie Melon Üniversitesi'nde bilgisayar bilimleri üzerine çalışmalar yapan mimar Charles Eastman, BIM kavramını ilk ortaya koyan kişilerden biridir [4]. Şekil 1, BIM'in tarihi süreçte gelişimini göstermektedir.

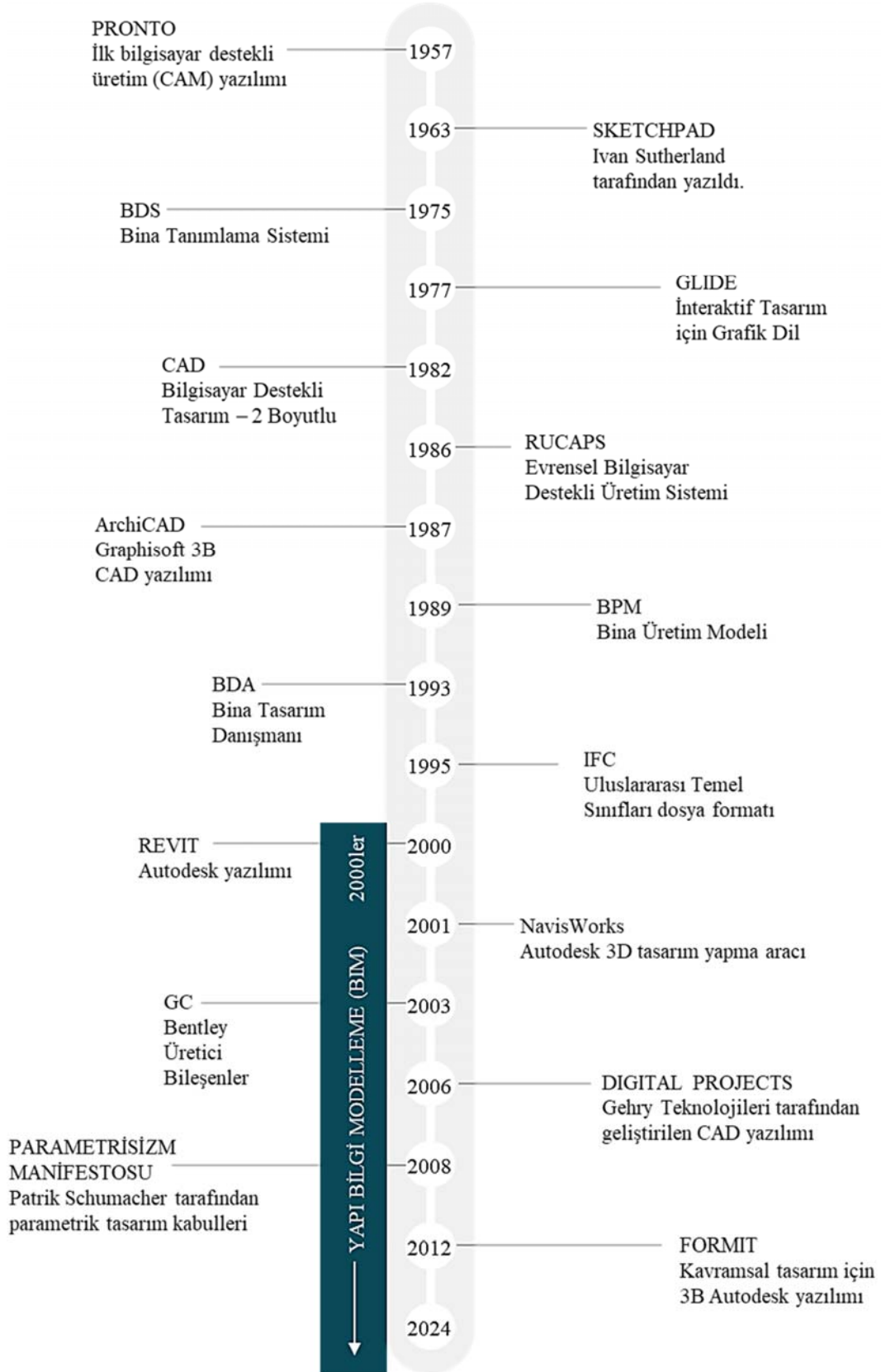
Bilgisayarların işlem yeteneklerindeki artış, donanım maliyetlerindeki düşüş ve internet tarafından sağlanan küresel bağlantıyla birlikte, 2000'lerin başında BIM uygulamaları kabul görmeye başlamıştır [5]. BIM, projelerindeki potansiyel faydalarını sorgulayan yapı profesyonelleri arasında dikkatlice incelendikten sonra özellikle mimarlık ve mühendislik profesyonelleri tarafından projelendirme süreçlerine dâhil edilmiştir [6]. Özellikle afetlere karşı dirençli binalar inşa edebilmek için, küresel olarak yapı bilgi modelleme (BIM) ve simülasyon yazılımlarından yararlanılmaktadır [7].

Yangının her an gerçekleşebilme olasılığı, her yapının belirli bir oranda yangın riski taşıması ve yangın oluşumunun tamamen engellenememesi nedeniyle bir disiplin olarak 'Yangın Emniyeti' bina tasarımında oldukça önemlidir. Bu durum, başta mimarlar ve yangından korunma uzmanları olmak üzere tüm proje aktörlerine önemli yükümlülükler getirmektedir [8]. İstanbul İtfaiyesi'nin istatistik verilerine göre 2019-2022 yılları arasında İstanbul'da meydana gelen 110.729 yangın vakasından 61.983'ü (yaklaşık %56) yapısal yangın olarak nitelendirilmektedir ve veri sağlanan dört yıl içerisinde bir önceki seneye oranla yapısal yangın vakalarında artışlar kaydedilmiştir [9]. Bu durum, yangına sebep olabilecek risklerin sınırlandırılmaması ve yangın emniyet önlemlerinin yeteri kadar dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır [10, 11]. Sonuç ise hem can kayıplarını artırmakta hem de ülke ekonomisine önemli bir yük getirmektedir [12]. Tüm bunlara önlem olarak hükümetler, binalarda yangından kaynaklanan kayıpları en aza indirmek için yangın emniyetini güçlendirecek yaklaşımlar sergilemekte; binaların yangın emniyeti performanslarını değerlendirmek için yapı bilgi modelleme (BIM) kullanımını teşvik etmektedir [13]. Ancak yangın emniyeti uygulamaları, henüz BIM ortamında yüksek bir seviyede kullanıma sahip değildir. Bu uygulamaların BIM ortamında kullanımı birçok ülkede giderek yaygınlaşmakta ve yangından korunma uzmanları tarafından kullanılmaktadır [14]. Bir binanın projelendirme sürecinde BIM ve yangın emniyeti, birbirini tamamlayan ve destekleyen konular olma eğilimindedir. Birçok kuruluş, yangın emniyeti ve BIM etkileşimini iyileştirmek için fikir ve standart geliştirmeye devam etmektedir. İngiltere'de kurulan BuildingSMART yangın emniyeti alanında BIM teknolojisinin geliştirilmesi için teknik, politik ve

finansal destek sağlamış, ABD' de kamu girişimlerinden birisi olan NIBS (National Institute of Building Sciences) ulusal ve uluslararası anlaşılabilirliği arttırmak adına IFC (Industry Foundation Classes) standartlarının tanımını genişletmek için çalışmıştır [15].

BIM'in içeriği ve özellikleri ülkeye ve geçerli yasal düzenlemelere göre değişiklik gösterebilir. Bu durum, ülkelerin farklılaşan gereksinimleri ve yangından korunma uzmanlarının problem çözme yaklaşımının bir sonucudur. Modeller, projede yer alan tüm disiplinlerden uzmanlar tarafından düzenli aralıklarla koordine edilir ve yazılım tarafından tümü tek bir modelde birleştirilerek koordinasyon sağlanır. Multidisipliner bir çalışma yaklaşımı olan BIM ortamında parametreler belirlenirken, farklı disiplinlerin ve proje aktörlerinin değişikliklerden ne kadar etkilendiğini değerlendirmek ve etki derecesine göre kontrol değişkenleri oluşturmak [16]. Bir proje oluşturulurken farklı aşamalarda veri miktarı ve ayrıntı derecesinin arttığı ortak modeller, veri tabanı aracılığıyla proje aktörleri arasında dolaşmaktadır. Projeye ait bilgiler tek bir veri tabanında saklandığından, tüm aktörler aynı model içinde farklı alanları yönetebilmekte ve kontrol edebilmektedir. Bu özellik sayesinde yangından korunma uzmanının ve diğer tüm proje aktörlerinin, projenin yaşam döngüsündeki her aşama için hangi parametrelerin gerekli olduğu, bu parametrelerin nasıl olması gerektiği ve hangi değere sahip olması gerektiği vb. sorunları yangın emniyetine ilişkin kriterlere göre kontrol etmesini kolaylaştırmaktadır [17]. Ülkemizde binalarda yangın emniyeti kriterleri Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) esaslarına göre yürütülmektedir. BYKHY, binalarda yangın emniyeti ile ilgili tasarım, yapım, kullanım ve bakım süreçleriyle ilgili düzenlemeleri belirlemektedir [18].

Literatüre bakıldığında yangın emniyeti ve yapı bilgi modelleme (BIM) kavramlarının bir arada yer aldığı çalışmaların oldukça az sayıda olduğu görülmektedir. Wang ve diğerleri, binalarda yangın emniyetini sağlamak için tahliye değerlendirmesi, kaçış yolu planlaması, eğitim ve ekipmanların bakım modüllerini içeren bir BIM modeli önermiştir [19]. 2020 yılında Zhang, yangın oluşumunu, dumanın yayılmasını, bina kullanıcılarını etkileyen kaçış yolları, acil çıkış kapasiteleri, algılama sistemleri, yangın söndürme ekipmanları gibi pasif ve aktif sistem kriterlerini dikkate alan bir BIM modeli kullanarak yangın riski değerlendirme sistemi geliştirmiştir [20]. Çin'de yapılan bir araştırmada Wang ve diğerleri, otomatik kod kontrol sisteminin eksiklerinden yola çıkarak, yangın emniyeti alanında bu eksikliklerin BIM ile çözülebileceğini ortaya koymuştur [21]. Yapılan çalışmalarda da yapı bilgi modelleme teknolojisinin yangın emniyeti ara kesitinde ne olduğu, nasıl kullanılabilirliği hakkındaki farklı yaklaşımlar/metodolojiler ve üretilen çalışma sayısının azlığı gibi sebeplerden ötürü yapı bilgi modellemenin yangın emniyeti alanında etkinliğinin hala tam olarak anlaşılmadığı düşünülmektedir. Uzun yıllar boyunca BIM' in kullanımı, bina modeliyle etkileşime girmek yerine belirli uygulamalarla sınırlı kalmıştır. Başlangıçta, yağmurlama başlığı, yangın tesisatı, yangın alarmı vb. iki veya üç boyutlu eleman çizimleri oluşturmak için üretici firmalar tarafından bir platform olarak kullanılmıştır. Sonrasında BIM teknolojisinin bilinirliğinin artmasıyla birlikte ayrı modeller yapı ile birleştirilmiş ve yangın emniyeti alanında kullanılan yazılımlar üzerinden aktif olarak uygulanmaya başlanmıştır. BIM, bir binada var olan sistemler, yapı bileşenleri ve yapı malzemeleri gibi öğelerin fiziksel, işlevsel vb. özelliklerini dijital model olarak temsil etmektedir [22-25]. BIM ortamında yangın emniyet önlemlerine ilişkin yazılımlar, binanın tasarım aşamasından başlayarak değişiklikleri yansıtacak şekilde güncelleneceğinden kullanıcılara yeterli seviyede yangın emniyeti sunan tutarlı ve doğru bir temel oluşturur [26, 27]. Kullanılan bu yazılımlar alınması gereken önlemlerin doğrulukla belirlenmesine, bunlarla ilişkili masrafların sınırlandırılmasına ve gelecekteki işletme maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayabilir. Şüphesiz, sistemin doğruluğu ve kullanılabilirliği bir yangından korunma uzmanı tarafından değerlendirilmelidir.



Şekil 1. BIM kavramının zaman içerisinde gelişimi (The evolution of the BIM concept)

Geleneksel yöntemlere oranla yangın emniyeti alanında BIM sisteminin daha az tercih edilir olması, günümüz teknolojinin potansiyellerinden faydalanma fırsatını engellemektedir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, BIM ortamında yangın emniyeti konusunda mevcut bilgiyi araştırmak, yöntemleri ve süreçleri analiz etmektir. Bu amaçla Revit yazılımında modellenen bir ofis binasında yangın emniyeti çalışma alanı için üretilmiş CYPEFIRE Design ve FINEFIRE yazılımları kullanılarak belirlenen yangın emniyeti kriterlerinin uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Yangın emniyetini sağlamak için kriterler; Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) esas alınarak, ilgili NFPA ve Avrupa standartlarında sunulan teknik bilgilere uygun olarak belirlenmiştir. Makalede ofis binası için belirlenen yangın emniyet kriterleri, yangın emniyeti model oluşturmak için kullanılan BIM yazılımlarının olanaklarıyla sınırlıdır.

## 2. Yöntem (Methodology)

Çalışmalar, mimari ve yangın emniyeti alanlarında bilinen BIM yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarımcının ihtiyacına yanıt verebilen, binanın yangın emniyet önlemlerini tasarlama ve doğrulama imkanı sunan, BIM platformlarıyla entegre edilebilen ve ulaşılabilir yazılımlar tercih edilmiştir. Mimari model için bir ofis binası tasarlanmış ve Revit yazılımında modellenmiştir. Bu sayede modelin birden fazla dönüştürülebilmesi ve yangın emniyeti alanında kullanılan yazılımlarla entegre çalışma kolaylığı sağlaması planlanmıştır. Ofis binasının yangın emniyeti uygulamaları için BIM ortamında çalışan CYPEFIRE Design ve FINEFIRE yazılımlarından yararlanılmıştır.

Kullanılan yazılımlar, BIM ortamında yangın emniyeti tasarımı ve uygulamasına olanak sağlamaktadır. CYPEFIRE Design, yangın emniyeti gerekliliklerini tasarlama ve doğrulama sürecinde, yangından korunma uzmanlarına yardımcı olmak üzere oluşturulmuş bir programdır [28]. FINEFIRE, yangın tesisatları için bir hesaplama ve tasarım yazılımıdır [29]. CYPEFIRE Design yazılımı daha çok pasif tasarım kriterlerine, FINEFIRE yazılımı ise aktif tasarım kriterlerine yönelik kullanıma sahiptir.

Ofis binasının pasif ve aktif yangın önlemlerine ait gereklilikler, yürürlükteki BYKHY ve ilgili standartlar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yangın emniyetine ilişkin kriterler tanımlanırken, modelin oluşturulmasında kullanılan BIM yazılımı ve bu yazılımların olanakları göz önünde bulundurulmuştur. Belirlenen kriterler, CYPEFIRE Design ve FINEFIRE yazılımları kullanılarak modele aktarılmış ve sentezlenmiş bir model elde edilmiştir. Çalışmanın son adımında bu yazılımların belirlenen kriterler açısından ilgili yönetmelik ve standartlara uygunluğu ve kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Şekil 2’de, yapılan çalışmanın akış şeması yer almaktadır.

Revit modelinde yer alan kolon, kiriş, döşeme ve temel gibi elemanların yapısal bilgilerinin yanı sıra hacim, yükseklik vb. binaya özgü bilgiler LOD 200 düzeyindedir. Yapı bilgi modelleme metodolojisinde, çalışılan modelin ayrıntı düzeyini belirtmek için LOD (Level of Detail) ifadesi kullanılmaktadır. Bahsi geçen LOD 200 ifadesi, model elemanlarının boyut, miktar, şekil, konum ve yönelim bilgileri ile genel bir sistem halinde, grafik olarak temsil edildiği seviyedir [30]. Çalışmada modellenen ofis binası bodrum, zemin kat, iki normal kat ve bir çatı katından oluşmaktadır. Bodrum katta teknik bölümler, personel soyunma alanları, depolar; zemin, birinci ve ikinci katlarda ofisler ve toplantı salonları bulunmaktadır. Zemin, birinci ve ikinci katların ortak olarak içine açıldığı galeri boşlukları, galerinin

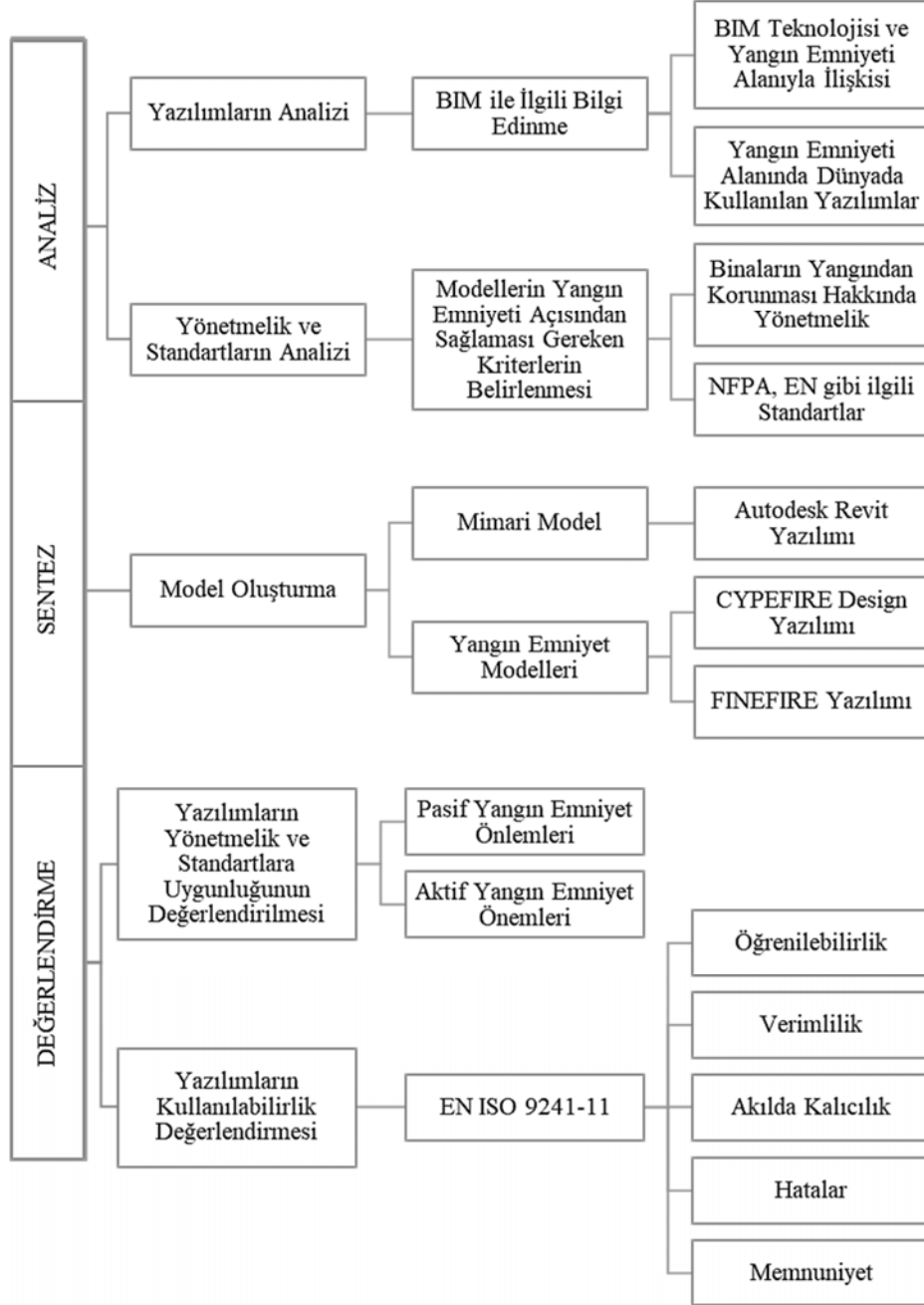
üzerindeki çatı kısmında ise tepe pencereleri yer almaktadır. Cephe 60 m uzunluğunda ve 25 m genişliğindedir. Proje 1.420 m<sup>2</sup> taban alanına ve toplamda 5.870 m<sup>2</sup> inşaat alanına sahiptir. Bina toplam 5 katlı olup, kat yüksekliği 3.60 m’dir. Bina yüksekliği 14.40 m, yapı yüksekliği 18.00 m’dir. BYKHY EK-5/A’da yer alan, ofis binaları için 10 m<sup>2</sup>/kişi katsayısı kullanılarak, kullanıcı yükü bilgileri tasarım girdisi olarak modele entegre edilmiştir [18]. Şekil 3’te Revit modelinin bir ön izlemesi görülmektedir.

Mimari model kullanılarak CYPEFIRE Design ve FINEFIRE yazılımlarının her birinde yangın emniyeti modelleri ayrı ayrı oluşturulmuştur. Mimari model ve yangın emniyeti modelleri, BIM sisteminin bir parçası olan platformlar kullanılarak üretildiğinden, veri paylaşımı ve yazılımlar arası entegrasyon kolaylıkla sağlanmıştır. Belirlenen pasif ve aktif yangın emniyet kriterlerinin yazılımlarda kullanılma imkanı, yazılımın yapısına göre değişkenlik göstermektedir. Revit platformunda tasarım ve uygulamaya yönelik parametreler yangın emniyeti yazılımlarına doğrudan aktarıldığı için yapılan doğrulama ve hesaplama modülleri bu bilgilerden faydalanmaktadır. Mimari modelde tanımlanmayan ancak yangın emniyetli tasarımı etkileyebilecek kriterler, yangın emniyet modelleri oluşturulurken her yazılımın kendi arayüzüne uygun olarak eklenmiştir.

BYKHY ve ilgili standartlardan modelle ilgili belirlenmiş ancak yazılımın içeriğinde yer almayan kriterler CYPEFIRE Design yazılımına ayrıca elle eklenmiştir. Yazılımın seçenekleri içinde genel ayarlar, ekipman kataloğu ve kontroller olmak üzere üç kategori bulunmaktadır. Bölgeler, kompartımanlar, güvenli ve riskli bölgeler, kaçış yolları, merdivenler, asansörler, bina erişimi gibi kontroller bu başlıklar altında ele alınmaktadır. Yangın söndürücüler, yangın dolapları, hidrantlar, alarm butonları, alarm sistemleri, algılama sistemleri ve alarm kontrol panellerine ait tanımlanması gereken özellikler kütüphanesinden seçilebilmektedir [28]. Şekil 4’te CYPEFIRE Design yazılımında geliştirilen yangın emniyeti modelinin bir görseli yer almaktadır.

Çalışmada kullanılan diğer yazılım, FINEFIRE’a proje ile ilgili kat sayıları ve yükseklik bilgileri, kompartıman sınırları, yağmurlama sistemi kurulumu ve yangın dolapları gibi veriler tanımlanmıştır. Yazılım, yangın emniyeti modelindeki tüm değişkenleri tanıdıktan sonra NFPA 13, EN 12845, AS 2118, BS 9251 ve CEA 4001 gibi standartlara göre hesaplama yapmaktadır [29]. Şekil 5’te FINEFIRE yazılımında oluşturulan yangın emniyeti modelinin bir görseli yer almaktadır.

Ofis kullanım sınıfının yangın emniyeti gerekliliklerinin belirlenmesi için yazılımların içeriğinde bulunmayan ve model binanın kullanım sınıfı için, başta BYKHY olmak üzere EN 12845 ve NFPA 13 standartları incelenerek kriterler oluşturulmuştur. EN 12845 ve NFPA 13 standartları ofis binasında modellenen yangın söndürme sistemlerinin değerlendirilmesi için tercih edilmiştir. NFPA 13, yağmurlama sistemi tasarım yaklaşımlarını, sistem kurulumunu ve bileşenleri ele almaktadır [31]. Avrupa’da uygulanan standartlardan biri olan EN 12845 ise, binalarda yağmurlama sistemlerinin etkili bir şekilde tasarlanması ve işletilmesi amacıyla, yağmurlama sistemlerinin tasarımı, montajı ve bakımı için gereksinimleri ortaya koymaktadır [32]. Modellenen ofis binası BYKHY Ek-1/A’ya göre 126 m<sup>2</sup>’den büyük mahaller içerdiğinden “Orta Tehlike 1” sınıfındadır. BYKHY’de Orta Tehlike Sınıfı, orta derecede yangın yüküne ve orta derecede yanabilirliğe sahip olan malzemelerin bulunduğu yerler olarak tanımlanmaktadır. Tablo 1’de, BYKHY’de pasif yangın emniyet önlemleri açısından modelin sağlaması gereken kriterler listelenmektedir.



Şekil 2. Çalışmanın akış şeması (Flow chart of the study)

Tablo 2’de, BYKHY, NFPA 13 ve TS EN 12845 standartlarında aktif yangın emniyet önlemleri açısından modelin sağlaması gereken kriterler listelenmektedir. Tabloda listelenen kriterler yazılımların kontrol işlevinin olanaklarıyla sınırlandırılmıştır.

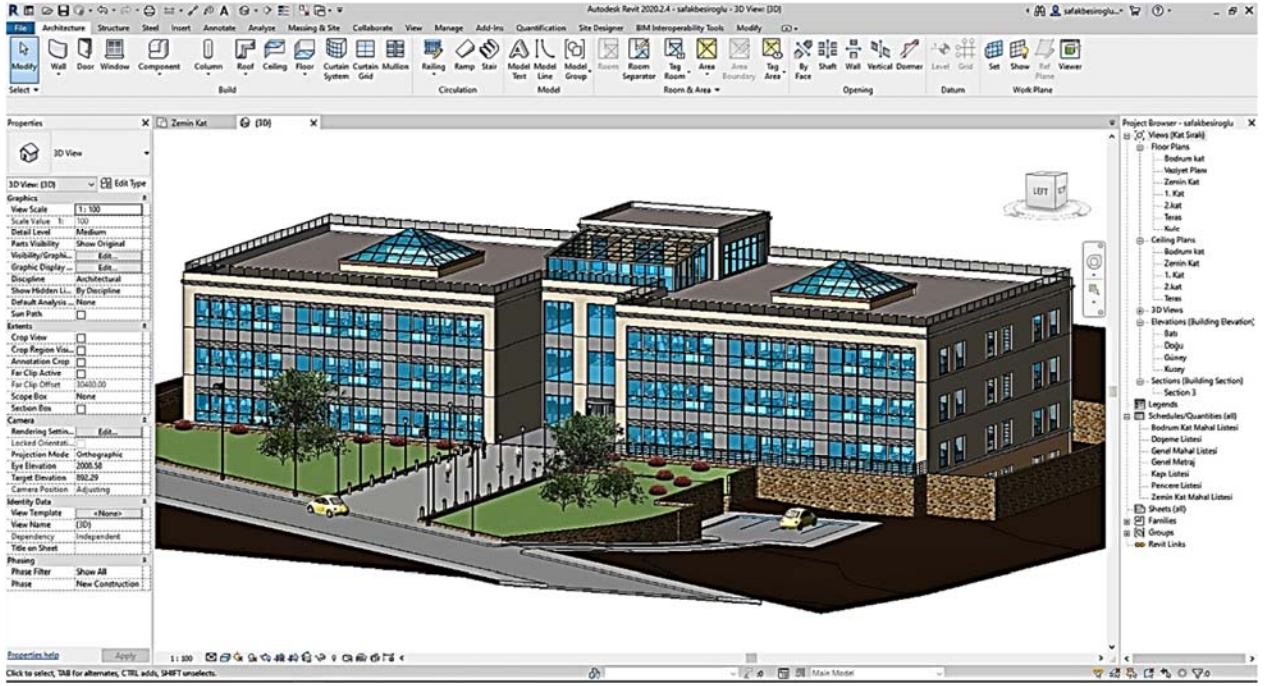
BYKHY, NFPA 13 ve EN 12845 esasları arasında tabloda belirtilen kriterler dışında kalan yasal düzenlemeler, kullanılan yazılımlar tasarlama ve doğrulama işlevini yerine getiremediği için çalışmanın kapsamı tabloda yer alan kriterlerle sınırlandırılmıştır.

### 3. Bulgular (Findings)

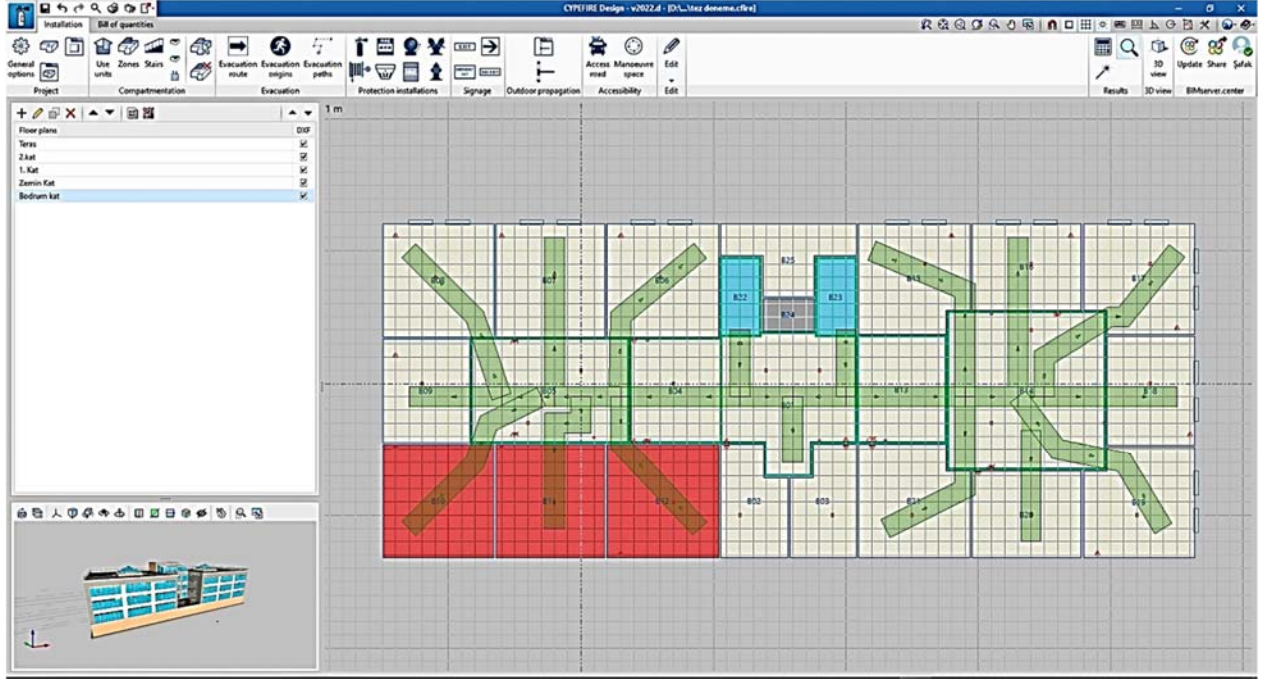
Üretilen yazılım çıktılarının ve yangın emniyeti modellerinin yangın emniyetiyle ilgili belirlenen kriterleri ne düzeyde karşıladığı

incelenmiştir. Ayrıca, kullanılabilirlik parametreleri açısından yangın emniyeti alanında çalışmada yer verilen BIM yazılımlarının performansı değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeye göre BIM tabanlı iki yangın emniyeti modeli önemli benzerlikler ve beraberinde farklılıklar içermektedir. Her iki yazılım da pasif ve aktif yangın emniyet önlemleri için kriter tanımlama araçları ile yazılım tarafından sağlanan belgelerin sayısı ve içeriği olmak üzere birçok yönden farklılık göstermektedir.

CYPEFIRE Design yazılımı, çıktı olarak üç tür belge oluşturmaktadır: Kontroller, Projeler ve Malzeme Çizelgesi. Kontroller; yangın projesi yürütülürken yazılıma girilen bölgeler, merdivenler, portatif söndürücüler, yangın dolapları, duman dedektörleri, algılama sistemleri ve alarm butonları gibi bilgilere yönelik kontrolleri



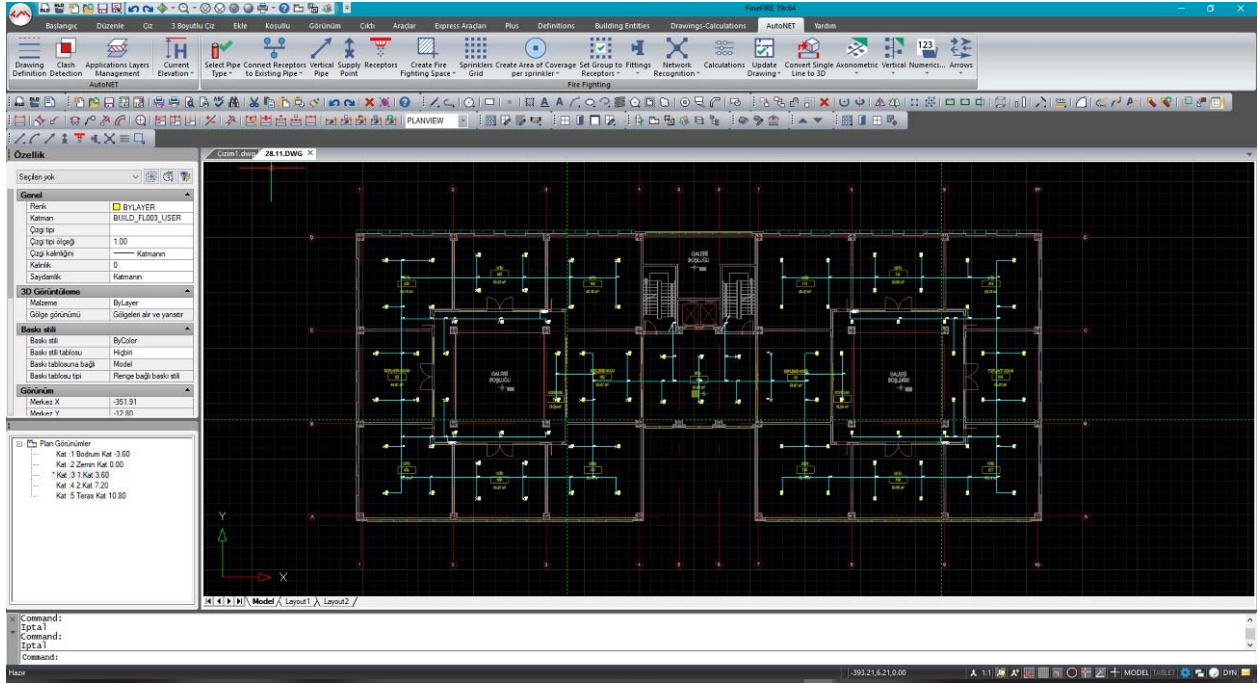
Şekil 3. Ofis binasının Revit yazılımındaki ekran görüntüsü (Screenshot of office building in Revit)



Şekil 4. CYPEFIRE Design yazılımında oluşturulan yangın emniyeti modelinin ekran görüntüsü (Screenshot of fire safety model created in CYPEFIRE Design)

açıklayan bir belgedir. Projeler; bölgeler, güvenli ve riskli alanlar, merdivenler, asansörler ve kaçış yollarına yönelik yönetmelik ve standartla göre yapılan kontrolleri detaylandıran belgedir. Ekipmanın özellikleri ve kodları, malzeme programı belgesinde bulunmaktadır. Kullanıcı tarafından yazılıma girilen kontrol değerlerine göre raporlama yapan CYPEFIRE Design yazılımı, Şekil 6'da görüldüğü gibi, sağlanan değerler için yeşil "✓" ve sağlanamayan değerler için kırmızı "✗" işareti görüntülemektedir.

FINEFIRE yazılımının çıktısındaki elli sayfalık dokümanda kapak, kabuller, tesisat sistemleri, lejant, hesap föyü, yangın pompası hesabı, su deposu hesabı, kolon şeması, parçaların basınç kaybı, keşiş listesi ve teknik şartname bölümleri verilmektedir. Kapak kısmında işveren, proje, yerleşim yeri, tarih ve proje yöneticisi bilgileri, kabul kısmında ise kullanımı sırasında yazılımın kütüphanesinden seçilen standarttaki kriterler yer almaktadır. Tesisat sistemleri bölümünde yangın emniyeti modeli için belirlenen tesisatın tasarım yoğunluğu,



Şekil 5. FINEFIRE yazılımında oluşturulan yangın emniyeti modelinin ekran görüntüsü (Screenshot of the fire safety model created in the FINEFIRE)

Tablo 1. Modelin yönetmelik ve standartlarda yer alan pasif yangın emniyet önlemlerine ilişkin sağlaması gereken kriterler (Criteria that the model must provide for passive fire safety measures in regulations and standards) [18]

Yönetmelik ve İlgili Standart	Madde No	Kriter Başlığı	Açıklama
BYKHY	Madde 24/1	Yangın kompartımanları	Yangın kompartıman duvar ve döşemelerinin yangına en az direnç sürelerine Ek-3/B'de yer verilmiştir. Korunumlu yangın merdiveni, acil durum asansörü, yangın güvenlik holü 120 dk., diğer yapı elemanları 60 dk. yangına dayanımlı olmalıdır.
BYKHY	Madde 24/6	Yangın kompartımanları	Binalarda olması gereken en fazla kompartıman alanına Ek-4'de yer verilmiştir. Ek-4'e göre büro binaları için en fazla kompartıman alanı 8.000 m <sup>2</sup> 'dir.
BYKHY	Madde 32/1	Çıkış kapasitesi ve kaçış uzaklığı	Kullanıcı yükü katsayısı olarak, gerekli kaçış ve panik hesaplarında kullanılmak üzere Ek-5/A'da belirtilen değerler esas alınır. Ek-5/A'ya göre ofis, dernek merkezleri ve halk kütüphaneleri için 10 m <sup>2</sup> 'lik alana 1 kişi düşmektedir.
BYKHY	Madde 32/3	Çıkış kapasitesi ve kaçış uzaklığı	Kaçış uzaklığı, kullanım sınıfına göre Ek-5/B'de belirtilen değerlerden daha büyük olamaz. Büro binalarında kaçış uzaklığı yağmurlama sistemiyle birlikte tek yönlü 30 m, çift yönlü 75 m'dir.
BYKHY	Madde 33/1	Kaçış yolu sayısı ve genişliği	Kaçış yolunun genişliği kattaki toplam kullanıcı sayısı ile bağlantılı olarak; 50 ila 500 kişi arasında ise kaçış yolunun genişliği 100 cm'den, 501 ila 2000 kişi arasında ise kaçış yolunun genişliği 150 cm'den, 2001 ve daha fazla ise kaçış yolunun genişliği 200 cm'den az olmayacak şekilde hesaplanır. Bütün yapılarda, aksi belirtilmedikçe, en az 2 çıkış tesis edilmesi ve çıkışların korunmuş olması gerekir. 25 kişinin aşıldığı yüksek tehlikeli mekânlara ile 50 kişinin aşıldığı her mekânda en az 2 çıkış bulunması şarttır. Kişi sayısı 500 kişiyi geçer ise en az 3 çıkış ve 1.000 kişiyi geçer ise en az 4 çıkış bulunması zorunludur.
BYKHY	Madde 39/1-2	Acil çıkış zorunluluğu	Merdivenlerde baş kurtarma yüksekliğinin, basamak üzerinden en az 210 cm ve sahanlıklar arası kot farkının en çok 300 cm olması gerekir. Herhangi bir kaçış merdiveninde basamak yüksekliği 175 mm'den çok ve basamak genişliği 250 mm'den az olamaz.
BYKHY	Madde 41/6-7	Kaçış merdiveni özellikleri	Kaçış için kullanılmasına izin verilen merdivenlerde, basamağın kova hattındaki en dar basamak genişliği, konutlarda 100 mm'den ve diğer yapılarda 125 mm'den az olamaz. Her kaçış merdiveninin her iki yanında duvar, korkuluk veya küpeşte bulunması gerekir.
BYKHY	Madde 41/8	Kaçış merdiveni özellikleri	Kaçış yolu kapılarının en az temiz genişliği 80 cm'den ve yüksekliği 200 cm'den az olamaz. Kaçış yolu kapılarında eşik olmaması gerekir.
BYKHY	Madde 47/1	Kaçış yolu kapıları	Asansörlerin özellikleri
BYKHY	Madde 62/2	Asansörlerin özellikleri	Asansör kuyusu ve makine dairesi, yangına en az 60 dakika dayanıklı ve yangın olmayan malzeme yapılar.
BYKHY	Madde 147/3	Çıkış kapasitesi ve kaçış uzaklığı	Kaçış uzaklığı, kullanım sınıfına göre Ek-14'de verilen değerlerden daha büyük olamaz. Büro binalarında kaçış uzaklığı yağmurlama sistemiyle birlikte tek yönlü 30 m, çift yönlü 75 m'dir.
BYKHY	Madde 148/1a	Kaçış yolu sayısı ve genişliği	Toplam kaçış yolu genişliği, Ek-5/A'ya göre hesaplanan kattaki toplam kullanıcı sayısının 0,5 ile çarpımı suretiyle cm olarak bulunur. Ek-5/A'da ofis binaları için 10 m <sup>2</sup> 'lik alana 1 kişi düşmektedir.

yağmurlama başlıkları için maksimum koruma alanı ve K faktörü gibi bilgiler bulunmaktadır. Modelde veri girişi ile standartlara uygun olarak girilmesi gereken değerlerin karşılaştırılması, yazılım

kullanılırken ekranda veya verilen hesaplama raporlarında gözlemlenebilir. Şekil 7 ve Şekil 8, FINEFIRE yazılım raporunda model binada yangın tesisatıyla ilgili yapılan seçimler görülmektedir.



**Tablo 2.** Modelin yönetmelik ve standartlarda yer alan aktif yangın emniyet önlemlerine ilişkin sağlaması gereken kriterler (Criteria that the model must provide for active fire safety measures in regulations and standards) [18, 31, 32]

Yönetmelik ve İlgili Standart	Madde No	Kriter Başlığı	Açıklama
BYKHY	Madde 24/5	Yangın kompartımanları	Alanı 90 m <sup>2</sup> 'den küçük olan atrium boşluklarının çevresi her katta en az 45 cm yüksekliğinde duman perdesi ile çevrelenir ve yağmurlama sistemi ile korunan binalarda duman perdesinden 15 ila 30 cm uzaklıkta, aralarındaki mesafe en çok 2 m olacak şekilde yağmurlama başlığı yerleştirilir.
BYKHY	Madde 73/1	Acil durum yönlendirmesi	Birden fazla çıkışı olan binalarda, kullanıcıların çıkışlara kolay ulaşabilmesi için acil durum yönlendirmesi yapılmalıdır. Acil durum hâlinde, bina içerisinde tahliye için kullanılacak olan çıkışların konumları ve bina içerisinde her bir noktadan planlanan çıkış yolu bina içindekilere gösterilmek üzere, acil durum çıkış işaretlerinin yerleştirilmesi gerekir.
BYKHY	Madde 73/4-5	Acil durum yönlendirmesi	Yönlendirme işaretleri; yeşil zemin üzerine beyaz olarak, acil durumlarda kullanılacak çıkışlar için, "ACİL ÇIKIŞ" şeklinde olmalıdır. Yönlendirme işaretlerinin her noktadan görülebilecek şekilde ve işaret yüksekliği 15 cm'den az olmamak üzere, azami görülebilirlik uzaklığı; dışarıdan veya kenarından aydınlatılan yönlendirme işaretleri için işaret boyut yüksekliğinin 100 katına, içeriden ve arkasından aydınlatılan işaretlere sahip acil durum yönlendirme üniteleri için işaret boyut yüksekliğinin 200 katına eşit olan uzaklık olması gerekir. Yönlendirme işaretleri, yerden 200-240 cm yüksekliğe yerleştirilir.
BYKHY	Madde 75/2	Uyarı sistemi	Yangın uyarı butonlarının, bir kattaki herhangi bir noktadan o kattaki herhangi bir yangın uyarı butonuna yatay erişim uzaklığının 60 m'yi geçmeyecek şekilde yerleştirilmesi gerekir. Engelli veya yaşlıların bulunduğu yerlerde bu mesafe azaltılabilir. Tüm yangın uyarı butonlarının görülebilir ve kolayca erişilebilir olması gerekir. Yangın uyarı butonları, yerden en az 110 cm ve en fazla 130 cm yüksekliğe yerleştirilir.
BYKHY	Madde 92/3-4	Su depoları ve kaynaklar	Su deposu hacmi, orta tehlike için 60 dk. esas alınarak bulunur. Yağmurlama sistemi, yangın dolabı ve hidrant sistemi bulunan sulu söndürme sistemleri su deposu hacmi, ön hesap için Ek-8/A tablosunda yer alan veriler esas alınarak hesaplanabilir.
BYKHY	Madde 92/5	Su depoları ve kaynaklar	Su deposu hacmi ön hesaplaması, Ek-8/B'ye göre hesaplanan yağmurlama sistemi su debisine, Ek-8/C'de belirtilen yangın dolabı su debisi ve hidrant sistemi var ise hidrant debisi de ilave edilerek, tehlike sınıfına göre orta tehlike için 60 dk. sürenin çarpılması ile hesaplanabilir.
BYKHY	Madde 94/1-b-1,2	Sabit boru tesisatı ve yangın dolapları	Kapalı kullanım alanı 2.000 m <sup>2</sup> 'den büyük olan bütün binalar için yangın dolapları kullanımı zorunludur. Yangın dolapları aralarındaki uzaklık maksimum 30 m olacak şekilde düzenlenmelidir. Mümkün olduğu kadar koridor çıkışı ve merdiven sahanlığı yakınına kolaylıkla görülebilecek şekilde yerleştirilmelidir.
BYKHY	Madde 96/2d	Yağmurlama sistemi	Toplam alanı 2.000 m <sup>2</sup> 'nin üzerinde olan katlı mağazalarda, alışveriş, ticaret ve eğlence yerlerinde otomatik yağmurlama sistemi kurulması mecburidir.
BYKHY	Madde 99/2	Taşınabilir söndürme cihazları	Orta tehlike sınıfında her 250 m <sup>2</sup> yapı inşaat alanı için 1 adet olmak üzere, uygun tipte 6 kg'lık kuru kimyevi tozlu veya eşdeğeri gazlı yangın söndürme cihazları bulundurulması gerekir.
NFPA 13	Madde 11.1.4.2	Installation Requirements	Yangın hidrantı, yangın dolabı ve yağmurlama tesisatlarının birlikte kullanıldığı birleşik sistemlerde; yağmurlama sistemi, yangın dolabı ve hidrant için ilave su eklenmelidir.
TS EN 12845	Tablo 3	Design criteria for LH, OH and HHP	Tam hesaplı boru sistemi kullanılan yağmurlama sistemlerinde su ihtiyacı, yoğunluk/alan tasarım kriterlerine göre belirlenmektedir. Alanda bulunan sprinkler çalıştığında tasarım yoğunluğu, 5 mm/dk'dan az olmamalıdır.
TS EN 12845	Tablo 19	Maximum coverage and spacing for sprinklers	Yağmurlama için maksimum koruma alanı 12.1 m <sup>2</sup> ve aralarındaki mesafe 4.6 m değerleri geçmemelidir. Sprinklerin duvara mesafesi en çok 4.6 m değerlerinin yarısını geçmemelidir.
TS EN 12845	Tablo 37a	Sprinkler types and K-factors for various hazard classes	Yağmurlama sistem tasarımının uygun koruma sağlaması için orta tehlike sınıfına uygun tipte standart sprey dik tip, sarkık gömme tip, yarı-gömme tip, gizli tip, duvar tipi seçilmelidir.

CYPEFIRE Design yazılımı yangın kompartımanlarının boyutu, kaçış yolları, kaçış merdivenleri ve kullanıcı yükü gibi pasif yangın emniyet önlemlerinin yanı sıra yangın dolabı, algılama ve uyarı sistemleri, yangın söndürme ekipmanı ve acil durum yönlendirmesi gibi aktif yangın emniyet önlemlerini kullanıcının tanımladığı kurallara bağlı olarak denetleme imkânı sunmaktadır. FINEFIRE yazılımı kullanılarak yangın kompartımanları, yangın dolapları ve yağmurlama sistemleri gibi yangın emniyet önlemleri başta olmak üzere aktif sistemler için çizimler ve hesaplamalar oluşturulabilmektedir. Aynı zamanda yazılım, seçilen standartlara uygun şekilde otomatik olarak hesaplama algoritmaları sağlamaktadır.

BIM ortamında yangın önlemlerinin oluşturulmasına yardımcı iki ayrı yazılım kullanılarak geliştirilen yangın emniyeti modelleri, yazılımın olanakları ölçüsünde belirli konularda yeterli bilgi sunarken, bazılarında ise sınırlı kalmaktadır. Tablo 1'de ele alınan kriterlerin incelenen yazılımlara göre uygunluk değerlendirilmesi Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 2'de toplam 25 pasif ve aktif yangın emniyeti kriterlerinin uygulanabilirliği pozitif (+) ve negatif (-) açıdan ele alınmıştır. CYPEFIRE Design yazılımı pasif, FINEFIRE yazılımı aktif yangın emniyet önlemlerine ilişkin kriterleri daha etkili kullanmaya izin vermektedir. Yönetmelik ve standartlara uygun olarak yazılımların

## 4. MERDİVENLER

## 4.1. S1 Merdiveni

Tahliye yüksekliği: 21.6 m Kat sayısı: 5

EK-3/B Yapı Elemanlarının Yangına Dayanım Süreleri ✘  
Korunumlu merdivenlerin yangına dayanımı 120 dakika olmalıdır.MADDE 33- Kaçış Yolu Sayısı ve Genişliği ✔  
MADDE 33- (2) Binalarda kaçış yollarının ve merdivenlerin genişliği 120 cm'den az olamaz.

$$1.25 \geq 1.20 \text{ m}$$

## 4.2. S2 Merdiveni

Tahliye yüksekliği: 21.6 m Kat sayısı: 5

EK-3/B Yapı Elemanlarının Yangına Dayanım Süreleri ✘  
Korunumlu merdivenlerin yangına dayanımı 120 dakika olmalıdır.MADDE 33- Kaçış Yolu Sayısı ve Genişliği ✔  
MADDE 33- (2) Binalarda kaçış yollarının ve merdivenlerin genişliği 120 cm'den az olamaz.

$$1.25 \geq 1.20 \text{ m}$$

Şekil 6. CYPEFIRE Design yazılımı tarafından sağlanan kontrol bölümü (Control section provided by CYPEFIRE Design)

## Yangın Tesisatı

## Devre Seçenekleri

Su Sıcaklığı (°C)	10
Bina Tipi	Ofis
Ana Boru Cinsi	Çelik Boru
Ana Boru C Değeri	120
İkinci Boru Cinsi	Çelik Boru
İkinci Boru C Değeri	120
Tehlike Sınıfları	Orta Tehlike Sınıfı

Şekil 7. FINEFIRE yazılımı tarafından sağlanan devre seçenekleri bölümü (Circuit options section provided by FINEFIRE)

## Yangın Tesisatı

No	Cihaz Tipi	İç Çap (mm)	Pmf (bar)	Qr (l/dk)	Tasarım Yoğunluğu (mm/dk)	Sprinkler Başına Maks. Alan (m <sup>2</sup> )	Anma K Faktörü
7	Sprinkler OH (tavan)	20	0.7	0.0	5.0	12.1	80.0

Şekil 8. FINEFIRE yazılımı tarafından sağlanan yağmurlama başlıkları bölümü (Sprinkler heads section provided by FINEFIRE)

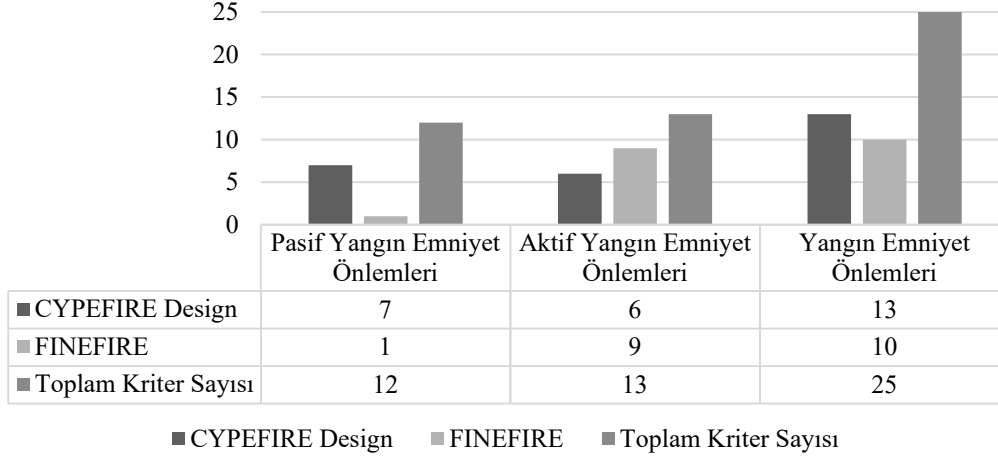
hem pasif hem de aktif yangın emniyet önlemlerine ilişkin uygunluğu Şekil 9'da görülmektedir.

Pasif yangın emniyet önlemleri kapsamında belirlenen 12 kriterin yazılımlara uygulanabilirliği incelenmiştir. CYPEFIRE Design yazılımı 12 kriterden 7 (%58)'sini, FINEFIRE yazılımı sadece 1

(%0,8)'ini kontrol edebilmektedir. Aktif yangın emniyet önlemleri kapsamında 13 kriter değerlendirilmiştir. CYPEFIRE Design yazılımı 13 kriterden 6 (%46)'sını, FINEFIRE yazılımı ise 9 (%69)'unu kullanabilmektedir. Toplam 25 kriterden CYPEFIRE Design yazılımı 13 (%52)'ünü, FINEFIRE yazılımı 10 (%40)'unu karşılamaktadır. Bu değerlerin oransal karşılıkları Tablo 4'te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** Ele alınan yangın emniyet önlemlerine göre yazılımların uygunluk analizi  
(Compliance analysis of software according to the fire safety measures discussed)

Pasif Aktif	Yönetmelik ve İlgili Standart	Madde No	Uygunluk Değerlendirmesi	
			CYPEFIRE Design	FINEFIRE
1 P	BYKHY	Madde 24/1	-	-
2 P	BYKHY	Madde 24/6	+	+
3 P	BYKHY	Madde 32/1	+	-
4 P	BYKHY	Madde 32/3	+	-
5 P	BYKHY	Madde 33/1	+	-
6 P	BYKHY	Madde 39/1-2	+	-
7 P	BYKHY	Madde 41/6-7	-	-
8 P	BYKHY	Madde 41/8	-	-
9 P	BYKHY	Madde 47/1	-	-
10 P	BYKHY	Madde 62/2	-	-
11 P	BYKHY	Madde 147/3	+	-
12 P	BYKHY	Madde 148/1a	+	-
13 A	BYKHY	Madde 24/5	-	+
14 A	BYKHY	Madde 73/1	+	-
15 A	BYKHY	Madde 73/4-5	+	-
16 A	BYKHY	Madde 75/2	+	-
17 A	BYKHY	Madde 92/3-4	-	+
18 A	BYKHY	Madde 92/5	-	+
19 A	BYKHY	Madde 94/1-b-1,2	+	+
20 A	BYKHY	Madde 96/2d	+	+
21 A	BYKHY	Madde 99/2	+	-
22 A	NFPA 13	Madde 11.1.4.2	-	+
23 A	EN 12845	Tablo 3	-	+
24 A	EN 12845	Tablo 19	-	+
25 A	EN 12845	Tablo 37a	-	+

**Şekil 9.** Yazılımların ele alınan kriterlere göre uygunluk grafiği (Compliance graph of the software according to the criteria discussed)**Tablo 4.** Yazılımların ele alınan kriterlere göre uygunluk yüzdeleri  
(Compliance percentages of software according to the criteria discussed)

	CYPEFIRE Design	FINEFIRE
Pasif Yangın Emniyet Önlemleri	%58	%0,8
Aktif Yangın Emniyet Önlemleri	%46	%69
Yangın Emniyet Önlemleri	%52	%40

Yazılımlar, yönetmelik ve standartlardan belirlenen kriterlerin uygulanabilirliği dışında Kullanılabilirlik Parametrelerine göre de ayrıca değerlendirilmiştir. Kullanılabilirlik Parametreleri ISO 9241-11'den faydalanarak oluşturulmuştur. Kullanılabilirlik, ISO 9241-11 (2018) standardında "Belirli bir kullanım derecesinde belirli

kullanıcılar tarafından bir sistemin, ürünün veya hizmetin etkinliği, verimliliği ve memnuniyeti bağlamında belirtilen hedeflere ulaşmak" olarak tanımlanmaktadır [33]. Bu tanıma göre kullanılabilirlik özelliği bu çalışmada öğrenilebilirlik, yeterlik, akılda kalıcılık, hata uyarıları ve memnuniyet parametreleri ile ilişkilendirilmiştir. Yazılımların kullanılabilirliği, çalışma kapsamında kullanıcı yorumlarına dayalı olarak değerlendirilmiştir. Tablo 5'te görülen değerlendirme dereceleri, öznel olup kişiden kişiye farklılık gösterebilir.

Öğrenilebilirlik açısından FINEFIRE yazılımı, CYPEFIRE Design yazılımından daha basit ve anlaşılması daha kolaydır. CYPEFIRE Design yazılımı sunulan bilgilerin kapsamı daha fazla olduğu için yeterli açısından FINEFIRE yazılımına göre avantaj

oluşturmaktadır. FINEFIRE yazılımı daha net ve anlaşılır bir arayüze sahip olduğu için öğrenilebilirlik parametresinde olduğu gibi akılda kalıcılık değerlendirmesinde de daha fazla tercih edilmiştir. Hata uyarıları parametresini analizinde daha dikkat çekici bir biçimde uyarılar oluşturduğu için CYPEFIRE Design yazılımı ön plandadır. Memnuniyet parametresiyle, yazılımın amaçlanan faydayı sağlama ve yazılımın olanaklarının yeterliliği değerlendirilmiştir. Bu parametre her iki yazılım için benzer seviyede gerçekleşmiştir.

**Tablo 5.** Yazılımların Kullanılabilirlik Parametrelerine göre değerlendirilmesi  
(Evaluation of software according to Usability Parameters)

	CYPEFIRE Design	FINEFIRE
Öğrenilebilirlik	-	+
Yeterlik	+	-
Akılda kalıcılık	-	+
Hata uyarıları	+	-
Memnuniyet	+	+

#### 4. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışmada, BIM ortamında oluşturulan bir ofis binasının yine BIM ortamında binalarda yangın emniyetini sağlamak amacıyla hazırlanan yazılımlarla entegre kullanım olanakları incelenmiştir. Yangın emniyeti yazılımlarının başta yürürlükteki BYKHY ve diğer ilgili standartlarda belirlenen 25 kriteri ne oranda uygulayabileceği değerlendirilmiştir. Belirlenen 25 kriter için CYPEFIRE Design yazılımı 13 kriterle %52, FINEFIRE yazılımı 10 kriterle %40 oranında uygulanabilirlik sağlamaktadır. CYPEFIRE Design yazılımı pasif, FINEFIRE yazılımı ise aktif yangın emniyet önlemlerini daha büyük oranda kontrol edebilmektedir. Yangın emniyetiyle ilgili incelenen yazılımlardan yalnızca birinin kullanılması halinde, incelenen binayla ilgili tüm yangın emniyeti kontrollerinin yapılmasının zor olduğu anlaşılmaktadır. Projelerin kullanım sınıfının özelliklerine göre yangın emniyeti açısından ihtiyaç duyduğu kriterlerin seviyesi ve miktarı değişiklik göstermektedir. Kullanılabilirlik Parametreleri açısından her iki yazılım incelendiğinde yeterlik ve hata uyarıları CYPEFIRE Design yazılımı, öğrenilebilirlik ve akılda kalıcılıkta ise FINEFIRE yazılımı öne çıkmaktadır. Her iki yazılım da BIM ortamında bir projeye kolayca uygulanabilen ve kullanılabilirlik açısından memnuniyet sağlamaktadır.

Uygulamada BIM sistemi ile ilgili yangın emniyeti düzenlemelerin oluşturulması konusunda büyük bir boşluk bulunmaktadır. Özellikle her ülkenin yürüttüğü kontrol mekanizmalarının birbirinden farklı olması, yangın emniyeti alanında kullanılan uluslararası bir BIM yazılımının yerel bir projeye uygulanmasında gerçek anlamda otomatik bir kontrolün sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Literatürde otomatik kod kontrolü üzerine çalışmalar olmasına rağmen BIM sistemlerinin entegre edildiği çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bu nedenle, yangın emniyeti ve BIM uygulamalarının gerçekleştirilmesinde sınırlamalar bulunmaktadır. Yazılımlar kendi içerisinde belirli standartların projeye uygulanmasına imkan verse de ülkemizde yürürlükteki Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) esaslarının yazılım ortamına aktarılması güçlükler içermektedir. BYKHY esaslarına göre BIM uygulamalarının bahsedilen güçlüklerin aşılması, binaların yangın emniyeti performans kriterlerinin kontrolünde yenilikçi bir yaklaşımı da beraberinde getirecektir. Binalarda yangın emniyeti performans gerekliliklerinin oluşturulması için projelerde BIM kullanımının sağladığı ciddi avantajlar bulunmaktadır. Bunlar:

- BIM, binaların yangın emniyeti performansını analiz etmek için kullanılabilir. Tasarım aşamasında yangın senaryoları, yangın

yayımları, duman kontrolü, tahliye süreleri, yapısal dayanıklılık gibi parametreler test edilebilir.

- BIM, binaların yangın emniyeti performanslarını optimize etmek için kullanılabilir. Tasarım sürecinde farklı seçenekler karşılaştırılarak etkinlik ve maliyet analizi yapılabilir; böylece en uygun sistem seçilebilir ve değişikliklerin etkileri değerlendirilebilir.
- BIM, binaların yangın emniyeti performansını görselleştirmek ve aynı zamanda raporlamak için kullanılabilir. Böylece, tasarım kararlarının gerekçeleri, yönetmelik ve standartlar gibi ilgili düzenlemelere uyum durumu, alternatif çözümler ve iyileştirme önerileri sunulabilir.

Sonuç olarak, binalarda yangın emniyetini sağlamaya yönelik kararların mimari tasarım sürecinin başından itibaren bilgisayar destekli BIM yazılımları ile dâhil edilmesi, proje süreçlerinde zamanında ve daha doğru adımların atılmasına yardımcı olacaktır. Pasif ve aktif yangın emniyet önlemlerinin tüm yapı üzerindeki etkisini gözlemlenebilir hale getirebilen bu araçlarla alınan kararlar, yangın emniyeti proje sürecinin daha verimli yönetilmesine katkı sağlamaktadır. BIM ortamında yangın emniyet önlemlerinin bir mimari projeye uygulanabilirliği ve proje sürecine entegre olarak çalışmasıyla ilgili yapılan değerlendirmeler, yangın emniyet önlemlerinin BIM'in doğal bir parçası olabileceğini göstermektedir. Bu sayede, tasarım aşamasından başlayarak binaların yaşam döngüsü boyunca verilerin ihmal edilme riskini en aza indirmek mümkün olacaktır. Yangın emniyeti alanında hâlihazırda kullanılan BIM yazılımlarının belirli konularda talepleri yerine getirmesine rağmen, hala önemli sınırlamaları bulunmaktadır. BIM'in yangın emniyeti alanında kullanılması ileriye doğru atılmış önemli bir adımdır. BIM, binalarda yangın riskinin daha iyi analiz edilmesine ve daha etkili bir şekilde planlama yapılmasına yardımcı olmaktadır. Ülkemizde uygulanmakta olan BYKHY'nin BIM ile uyumlu hale getirilmesi durumunda yangın emniyetli bina tasarımları daha tutarlı, daha emniyetli çözümler ortaya koyacaktır. Diğer tasarım disiplinlerine benzer şekilde BIM teknolojisi ve yangından korunma disiplini, tüm proje aktörlerinin projenin yaşam döngüsü boyunca başarılı bir şekilde veri ve model alışverişi yapmasıyla her geçen gün daha etkin hale gelecektir. İleriye dönük çalışmalar, bu alandaki yazılımların eksiklerini analiz ederek ulusal veya uluslararası yazılımların geliştirilmesine destek vermelidir.

#### Kaynaklar (References)

1. Autodesk, Building Information Modeling, Autodesk Building Industry Solutions, White Paper, 2002.
2. Sun C., Jiang S., Skibniewski M. J., Man Q., Shen L., A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry, Technological and Economic Development of Economy, 23 (5), 764-779, 2017.
3. Mitchell W., The Design Studio of the Future, The Electronic Design Studio: Architectural Knowledge and Media in the Computer Era, W. Mitchell (Der.), Massachusetts: The MIT Press, 1990.
4. Ballard G., The Last Planner System of Production Control., Ph.D. Dissertation, The University of Birmingham, UK, 2000.
5. Holzer D., The BIM Manager's Handbook: Guidance for Professionals in Architecture, Chapter 1: Best Practice BIM. Engineering, and Construction. Australia: John Wiley & Sons, 2016.
6. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, 1st ed., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
7. Aşlar E.E., Ulukavak Harputlugil G., Exploring fire safety conditions of double skin facades, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 39 (2), 1083-1098, 2023.
8. Serteser N., Beşiroğlu Ş., Yangından Korunma Uzmanının Mimari Tasarımdaki Yeri, Yangın Emniyeti Mimari Tasarımın Neresinde?

- Çalıştay Sunum Metinleri Kitabı, 11-20, İstanbul: İTÜ Yayınevi, 2022. E-ISBN: 978-975-561-554-7
9. İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2019-2022 Dönemi İstatistikleri. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, 2023.
  10. Bae S., Cha H., A method on developing 3D/BIM-based real time fire disaster information management. *Korean J. Constr. Eng. Manage.* 24 (2), 3–12, 2023.
  11. Hassanain M. A., Hafeez M. A., Sanni-Anibire M. O., A ranking system for fire safety performance of student housing facilities. *Saf. Sci.*, 92 (Mar): 116–127, 2017.
  12. Amadeo K., *Fire facts, Damage, and Effect on the Economy, The Balance is part of the Dotdash publishing family*, 2019. <https://www.thebalance.com/wildfires-economic-impact-4160764>
  13. Omidvari M., Mansouri N., Nouri J., A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. *Saf. Sci.*, 73 (Mar): 34–42, 2015.
  14. NBS., National Building Specification International BIM Report, 2016. <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-international-bim-report-2016>
  15. SFPE., Society of Fire Protection Engineers Building Information Modeling and Fire Protection Engineering, Position Statement, 2011.
  16. Yang A., Han M., Zeng Q., Sun Y., Adopting building information modeling (BIM) for the development of smart buildings: A review of enabling applications and challenges. *Adv. Civ. Eng.*, 2021 (Mar): 1–26, 2021.
  17. Beşiroğlu Ş., BIM Ortamında Bina Yangın Emniyet Önlemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2022.
  18. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, T.C. Resmî Gazete, Sayı:26735, 19.12.2007, 2015. (Değişik: Resmî Gazete, 09.07.2015, Sayı:2015/7401).
  19. Wang S. H., Wang W. C., Wang K. C., Shih S. Y., Applying building information modeling to support fire safety management. *Autom. Constr.*, 59 (Nov), 158–167, 2015.
  20. Zhang H., Design and implementation of BIM-based fire risk assessment system. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1584 (May): 012064, 2020.
  21. Wang Y., Liu Y., Cai H., Wang J., Zhou X., An Automated Fire Code Compliance Checking Jointly Using Building Information Models and Natural Language Processing. *Fire*, 6 (9), 358-375, 2023.
  22. Gan V. J. L., BIM-based building geometric modeling and automatic generative design for sustainable offsite construction. *J. Constr. Eng. Manage.*, 148 (10), 04022111, 2022.
  23. Koo H. J., O'Connor J. T., A strategy for building design quality improvement through BIM capability analysis. *J. Constr. Eng. Manage.*, 148 (8), 04022066, 2022.
  24. Shahi K., McCabe B. Y., Shahi A., Framework for automated model-based e-permitting system for municipal jurisdictions. *J. Manage. Eng.*, 35 (6), 04019025, 2019.
  25. Silva T. F. L., Carvalho M. M., Vieira D. R., BIM critical-success factors in the design phase and risk management: Exploring knowledge and maturity mediating effect. *J. Constr. Eng. Manage.*, 148 (10), 04022104, 2022.
  26. Abdirad H., Managing digital integration routines in engineering firms: Cases of disruptive BIM cloud collaboration protocols. *J. Manage. Eng.*, 38 (1): 05021012, 2022.
  27. Wang H., Meng X., BIM-supported knowledge management: Potentials and expectations. *J. Manage. Eng.*, 37 (4), 04021032, 2021.
  28. CYPEFIRE Design Software. <http://cypefire-design.en.cype.com/> Erişim tarihi: Ekim 13, 2023.
  29. FINEFIRE Software. <https://www.4msa.com/> Erişim tarihi: Ekim 13, 2023.
  30. BIM Forum., Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary for Building Information Models and Data, 2023. Erişim tarihi: 5 Mart 2024. <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2023/10/LOD-Spec-2023-Part-I-2024-02-27.pdf>
  31. NFPA 13., Standard for the Installation of Sprinkler Systems. United States: NFPA, 2007.
  32. TS EN 12845., Fixed firefighting systems - Automatic sprinkler systems - Design, installation and maintenance, 2020.
  33. ISO 9241-11., Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability, 2018.

