



**CEPHE GEOMETRİSİNİN YANGIN GÜVENLİĞİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN PERFORMANSA DAYALI ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Evser CİVELEK

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2020

Evser CİVELEK tarafından hazırlanan “CEPHE GEOMETRİSİNİN YANGIN GÜVENLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN PERFORMANSA DAYALI ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof.Dr. Figen BEYHAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Tayfun YILDIRIM

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Aslı ER AKAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 25/07/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Evser CİVELEK
25/07/2020

CEPHE GEOMETRİSİNİN YANGIN GÜVENLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN PERFORMANSA DAYALI ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Evser CİVELEK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2020

ÖZET

Cam ve çeliğin yapı üretim sürecine girmesi ile günümüzün binalarda önemli tasarım girdisi olan, güç ve prestij kavramlarının simgesi haline gelen farklı cephe tasarımlı binaların artmasıyla cephe yangınlarının sayısı da artırmış, özellikle son yıllarda yapımı hızla artan enerji etkin bina tasarımlarında kullanılmaya başlanan farklı cephe sistemi ve tasarımı da yangın güvenliği açısından yangın riski ve yayılımında, özel önem verilmesi gereken tasarım kriterlerinden biri olmaya başlamıştır. Ülkemizde yürürlükte olan ve konvansiyonel binalara yönelik genel çözümleri içeren yönetmeliklerin, özellikle strüktürel ve konstrüktif anlamda söz konusu cephe tasarımlı binalarda yangın güvenliğinin sağlanmasında ve denetlenmesinde eksik kaldığı değerlendirilmektedir. Çalışmada, özellikle performansa dayalı yangın tasarımı olarak nitelendirilen yeni bir kavramın çerçevesinde oluşturulacak cephe yangın senaryoları üzerinden yeni nesil yüksek katlı binalarda cephe tasarımının yangın yayılım yolları üzerinde etkili ve kritik rol oynadığının yazılımsal simülasyon ile gösterilmesi; bu durumun ülkemiz yönetmelik ve koşullarına uygun, yangın güvenli cephe seçimine yardımcı yeni bir yangın simülasyon programı ile bina tasarımında hesaba katılmasının gerekliliğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma CFD (computer fluid dynamic) bazlı model olan ve son yıllarda kullanımı özellikle Avrupa, USA ve Kanada’ da giderek artan FDS (Fire Dynamic Simulation); yazılımı ile performansın kriterlerinin belirlenerek görselleştirilmesi ve elde edilen verilerin sayısal matematik tümleme modeli ile çözümlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, bilgisayar ortamında hazırlanan cephe tasarımı modellerine ilişkin yangın senaryosu sonuçları simülasyon yazılımı ile elde edilmiş, elde edilen sonuçlar nümerik analiz ile (*Matlab’da*) incelenmiş, bu verilerden cephe tasarımının yangın yayılımı üzerindeki etkileri sunulmuştur.

Bilim Kodu : 80111

Anahtar Kelimeler : Yangın yayılımı, Performansa dayalı tasarım, Tasarım yangınları

Sayfa Adedi : 197

Danışman : Prof. Dr. Figen BEYHAN

EVALUATION OF THE EFFECT OF FACADE GEOMETRY ON FIRE SAFETY BY PERFORMENCED BASED ANALYSIS METHODS

(Ph. D. Thesis)

Evser CİVELEK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2020

ABSTRACT

With the application of glass and steel into the building construction, increase in facade system and design, which have become an important design parameter in today's buildings, and have become symbols of power and prestige, have increased the number of facade fires. Different facade systems and designs, which are being employed in rapidly increased energy efficient building designs, became one of the design criteria that should be taken into consideration in terms of fire safety, fire risk and fire spread. It is thought that the valid national legislation, which includes general regulation about structural and construction for conventional buildings, is inadequate in ensuring and controlling fire safety, in the mentioned facade design buildings. The aim of the this study is to show that the facade system and design plays an effective and critical role on fire propagation routes in recent trend high-rise buildings, especially through the facade fire scenarios to be created within the framework of the performance-based fire design concept, with a software simulation. Hence, the critical role of facade system and design should be taken into consideration in building design with using a fire simulation program that assists in the selection of fire-safe facade in accordance with the national regulations and conditions according to obtained results. In this study, a FDS (Fire Dynamic Simulation) software has been used, which is getting widespread in recent years especially in Europe, USA and Canada, for measuring performance and analyzing of numerical mathematical integration model based on CFD (computer fluid dynamic). In this aspect, fire scenario results were obtained with a FDS simulation software for different facade design models prepared in computer environment; the obtained results were examined by numerical analysis (in Matlab); From these data, the effects of facade design on fire spread were presented.

Science Code : 80111

Key Words : Fire spread, Performance based design, Design fires

Page Number : 197

Supervisor : Prof. Dr. Figen BEYHAN

TEŞEKKÜR

Akademik hayatın en önemli dönüm noktası olan doktora çalışmamda, akademisyen olmadığım halde bana inanarak danışmanım olmayı kabul eden, bu kıymetli çalışmayı yapmamı sağlayan öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, beni bilgi birikimi, engin tecrübesi, manevi desteği, varlığı ile aydınlatan çok kıymetli hocam sayın Prof. Dr. Figen BEYHAN'a, doktora çalışmasına beni cesaretlendirerek bu uzun süreç boyunca gerek manevi varlığı gerekse yardım ve değerli tavsiyeleriyle çalışmama yaptığı destek ve yönlendirici katkılarından dolayı minnettar olduğum mesai arkadaşım, kıymetli dostum İnş. Müh. Barış IŞIK'a, doktora çalışmasına başlamam konusunda beni sonuna kadar destekleyip, hep yanımda olan mesai arkadaşım, kıymetli dostum Mak. Y. Müh. İnci KİSECİK'e, bilgimi, görgümü, mesleğime olan sevgimi ve olaylara bakış açımı şekillendirmede hayatımın önemli kilometre taşlarından olan MSB. Ankara İnşaat Emlak Bölge Başkanlığı ve birebir çalıştığım mesai arkadaşlarıma, maddi manevi desteğini hiçbir zaman üzerimden esirgemeyen bugünlere gelmemi sağlayan hayat görüşü ve tecrübeleriyle bana yol gösteren canım babam Mak. Y. Müh. İbrahim CİVELEK'e, sadece bu çalışmam süresince değil bugünlere gelene kadar yaşadığım her türlü zorlukta, sıkıntıda, problemimde, dualarını benden esirgemeyen, kaptislerime katlanan, fedakâr canım annem Nejade CİVELEK'e, hayatımda oldukları için kendimi güvende ve şanslı hissettiğim ablam Elif ÖZEL ve eşi Murat ÖZEL'e, kardeşim M. Murat CİVELEK ve eşi H. Kübra CİVELEK'e, varlıklarıyla hayatımı dolduran çocuksu ruhumu ve enerjimi kaybetmemi sağlayan bana teyze ve hala olma sevincini yaşatan biricik yeğenlerim Selinim ve Tunama sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	11
2.1. Temel Bilgiler: Tanımlar, Kavramlar, Büyüklükler.....	11
2.1.1. Yangın gelişiminin evreleri.....	11
2.1.2. Yanma türleri	13
2.1.3. (HRR) Açığa çıkan ısı oranı.....	17
2.1.4. Yangın başlama karakteristiği hesaplama yöntemleri.....	18
2.2. Cephe Yangınları.....	38
2.2.1. Malzemenin termal ataleti kpc	44
2.2.2. Alev yayılmasının yönü	46
2.2.3. Yüzeyin geometrisi	47
2.2.4. Ortamı kuşatan çevre	51
2.3. Yangın Güvenliği Tasarım Süreci.....	53
2.3.1. Mevzuatlara dayalı yangın güvenliği yaklaşımı	53
2.3.2. Performansa dayalı yangın güvenliği.....	57
2.3.3. Flashover'ın tahmin edilmesi.....	85

	Sayfa
2.4. Sayısal Modelleme Programı	92
2.4.1. Pyrosim	95
2.4.2. Smokeview	96
2.4.3. Simülasyon programının doğrulaması	97
3. MATERYAL VE METOD	99
4. YÖNTEMİN SINANMASI - YANGIN DURUMUNDA CEPHE GEOMETRİSİNİN ETKİLERİNİN ANALİZİ.....	105
4.1. Tasarım Yangınının Nicelendirilmesi	105
4.2. Yangın Deneme Tasarımı ve Senaryosu İçin Belirlenen Cephe Özellikleri.....	112
4.3. Bilgisayar Ortamında Oluşturulan Model	116
4.3.1. A tipi senaryo bilgisayar modellemesi	116
4.3.2. B tipi senaryo bilgisayar modellemesi	117
4.3.3. C tipi senaryo bilgisayar modellemesi	117
5. BULGULAR VE HİPOTEZİN SINANMASI	119
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR	153
EKLER.....	159
EK-1. FDS'den Elde Edilen Veri Seti	160
EK-2. Senaryoların Karşılaştırılmasına Yönelik Özet Tablo	181
EK-3. FDS'den Elde Edilen Veri Seti	184
ÖZGEÇMİŞ	196

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 α ve farklı büyüme oranları için 1055 kW'a ulaşma zamanı	20
Çizelge 2.2. Farklı kaynaklardaki kullanım fonksiyonuna göre yangın büyüme oranı tablosu.....	21
Çizelge 2.3. Kullanım amacına göre en yüksek açığa çıkan ısı oranı değeri tablosu	34
Çizelge 2.4. Yakıt kontrollü yangınlar için birim alan başına düşen açığa çıkan ısı oranı değeri tablosu	34
Çizelge 2.5. Yaşanmış cephe yangınları	39
Çizelge 2.6. Ülke yönetmeliklerindeki yangın güvenliği cephe tasarım kriterleri tablosu.....	57
Çizelge 2.7. Yangın senaryolarını seçmek ve tanımlamak için kullanılan adımlar	70
Çizelge 2.8. Tasarım yangını seçimini etkileyen faktörlerin kontrol listesi.	71
Çizelge 4.1. Şilte için 6 farklı test verisine ait tablo	107
Çizelge 4.2. Standart sapma hesaplama yöntemi.....	108
Çizelge 4.3. Şilteler için pik açığa çıkan ısı oranları	109
Çizelge 4.4. Şilte için açığa çıkan ısı oranı, yangın büyüme katsayısı $0,054 \text{ kW} / \text{s}^2$ olan bir t^2 -yangını için zamanla değişimi tablosu.....	110
Çizelge 4.5. Yangın senaryosu dış ortam parametreleri	112
Çizelge 4.6. Çalışma yapılan örneklerin özellikleri.....	112
Çizelge 5.1. Matlab Data Statistic Tool'dan elde edilen ortalama (mean) ve ortanca (median) değerleri	142

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	119
Şekil 2.1. Kapalı hacimdeki bir yangının gelişimi (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)	11
Şekil 2.2. Yangın gelişim eğrisi	12
Şekil 2.3. Alev bulutunda oluşan gazlar	15
Şekil 2.4. Alev bulutunun farklı bölümleri	16
Şekil 2.5. Yangın büyüme eğrisi.....	19
Şekil 2.6. Yangın büyüklüklerinin test verileriyle ilişkisi	21
Şekil 2.7. Radyal ısı akısı şematik gösterimi.	22
Şekil 2.8. Yangın gelişiminin iki farklı senaryosu.....	25
Şekil 2.9. Yangının Flashover aşamasına geçiş süresini etkileyen faktörler	26
Şekil 2.10. Yangının flashover'a ilerleme süreci.....	27
Şekil 2.11. Tek açıklıklı bir odadaki tam gelişmiş yangının HRR değerleri.	32
Şekil 2.12. Birden fazla açıklıklı muhafazalar için A_o ve H_o ağırlıklı değerlerin gösterimi.....	36
Şekil 2.13. Duvar yüzeyi alev yayılımı.....	43
Şekil 2.14. Cephe ve yalıtım konfigürasyonları.....	45
Şekil 2.15 CCTV Binası	45
Şekil 2.16. Alevin W'den V'ye dönüşmesi.	46
Şekil 2.17. Yangının yukarı doğru yayılımı.....	47
Şekil 2.18. (a) Köşe birleşim (b) düz yüzey alev yayılımı.....	48
Şekil 2.19. L ve D değişkenlerinin gösterildiği kısmi cephe çizimi	48
Şekil 2.20 X ve Y yönünde yapılan çalışmanın tavan ile ilişkisi.....	49
Şekil 2.21. Cephe alevinin derinlik genişliğinin şematik gösterimi	49
Şekil 2.23. Pencere ve duvar üzerindeki yanak temsili gösterimi.	50

Şekil	Sayfa
Şekil 2.24. Alev aralıklılığı konturu ve artan rüzgar hızıyla (açıklık: 15 cm (G) 10 cm (Y); HRR: 18,48 kW) azaldığını gösteren ortalama alev yüksekliğinin ($I = 0,5$) belirlenmesi.....	52
Şekil 2.25. Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı (Yazar tarafından oluşturulmuştur).	62
Şekil 2.26. Pate-Cornell Risk Seviyeleri	63
Şekil 2.27. Performansa Dayalı Yangından Korunma Analizi ve Binaların Tasarımı SFPE Mühendislik Kılavuzu'nda açıklanan performansa dayalı yangın güvenliği tasarım süreci.	65
Şekil 2.28. Tasarım yangın senaryosu tanımlama süreci	69
Şekil 2.29. Tasarım yangını seçme yöntemi örneği	72
Şekil 2.30. Yakıt kontrollü ve havalandırma kontrollü yangın gelişimi.....	75
Şekil 2.31 Bir tasarım yangınının karakteristik özelliklerine örnek.	78
Şekil 2.32 BS-8414-1 test örnekleri.....	80
Şekil 2.33 (1) Açık hava kalorimetresi, (2) Kapalı hacim kalorimetresi	82
Şekil 2.34 (sol taraf) 100 kW tutuşturma kaynağı (sağ taraf) 300 kW tutuşturma kaynağı	83
Şekil 2.35. Yakıt yüzeyindeki termal denge	86
Şekil 2.36. Tavan altında alev yayılımı	88
Şekil 2.37. Radyasyondan etkilenen bir koltuk daha fazla ısı yayar.	88
Şekil 2.38. Flashover başlaması.....	89
Şekil 2.39. yangının duman gazı katmanının alt kısmı boyunca gelişimi.	90
Şekil 2.40. Yaklaşan bir flashover'ı gösteren farklı işaretler.....	91
Şekil 2.41. a. Yangın köşede lokalizedir. b. Yirmi saniye sonra. Yangın tamamen gelişmiştir ve tüm odadaki sıcaklık 500°C'nin üzerindedir.	92
Şekil 2.42. Yangın güvenliği ölçümü ve pre-flashover değerlendirmesi için alan modeli etkileşim şeması	93
Şekil 2.43. Çeşitli simülasyon modellerinin çözünürlüğü	94

Şekil	Sayfa
Şekil 2.44. FDS hücre bölünmesi	94
Şekil 2.45. Deneysel çalışmada (a) 102, (b) 136, (c) 170 and (d) 202 s de kameradan kaydedilen görüntü solda, Smokeview'de kanepeye yayılan yangının görüntülenmesi, (a) 101.7, (b) 135.9, (c) 170.1 ve (d) 201.6 s simülasyon zamanında birim hacim başına ısı yayma oranı ile belirtilmiştir.....	97
Şekil 3.1. Performansa dayalı yangın güvenliği akış ve ilişkisi.	99
Şekil 3.2. Çalışma kılavuzu akış şeması	101
Şekil 3.3. Literatür veri seti etkileşim şeması.	101
Şekil 3.4. Yangın güvenliği tasarımının sınır değerlerini oluşturan analitik model	102
Şekil 4.1. Her bir tasarım için aynı bölgeye yerleştirilen ısılıçift(thermocouple) ölçüm cihazı temsili gösterimi.	106
Şekil 4.2. Yaşam odası için ilk açığa çıkan ısı oranı eğrisi.....	111
Şekil 4.3. A ve A1 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri	113
Şekil 4.4. A2 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri	113
Şekil 4.5. B ve B1 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri.....	114
Şekil 4.6. B2 ve B3 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri.....	114
Şekil 4.7. C ve C1 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri.....	115
Şekil 4.8. C2 ve C3 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri.....	115
Şekil 4.9. A-A1 gridi (39.375 adet hücre)A2 gridi (45.000 adet hücre).....	116
Şekil 4.10. B gridi (45.000 adet hücre) B1-B3 gridi (a. 24.750 b. 117.000 toplam 141.750 adet hücre) B2 gridi (54.000 adet hücre)	117
Şekil 4.11. C gridi (toplam 39.375 adet hücre) C1-C3 gridi (a. 25.875, b. 90.000, c.7.875 toplam 123.750 adet hücre) C gridi (toplam 45.000 adet hücre) ..	118
Şekil 5.1. (a) A simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü.	120
Şekil 5.2. (a) A simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	120
Şekil 5.3. A simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-A simülasyonu HRR-zaman grafiği	121

Şekil	Sayfa
Şekil 5.4. (a) A1 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü	121
Şekil 5.5. (a) A1 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü	122
Şekil 5.6. A1 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-A1 simülasyonu HRR-zaman grafiği	122
Şekil 5.7. (a) A2 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü	123
Şekil 5.8. (a) A2 simülasyonu 10. Sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü	124
Şekil 5.9. A2 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği- A2 simülasyonu HRR-zaman grafiği	124
Şekil 5.10. (a) B simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü .	125
Şekil 5.11. (a) B simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü	125
Şekil 5.12. B simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B simülasyonu HRR-zaman grafiği	126
Şekil 5.13. (a) B1 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü	126
Şekil 5.14. (a) B1 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	127
Şekil 5.15. B1 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B1 simülasyonu HRR-zaman grafiği	127
Şekil 5.16. (a) B2 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü	128
Şekil 5.17. (a) B2 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	129
Şekil 5.18. B2 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B2 simülasyonu HRR-zaman grafiği	129
Şekil 5.19. (a) B3 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü	130
Şekil 5.20. (a) B3 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	130
Şekil 5.21. B3 simülasyonu sıcaklık zaman garfiği-B3 simülasyonu HRR-zaman grafiği	131

Şekil	Sayfa
Şekil 5.22. (a) C simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü .	132
Şekil 5.23. (a) C simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	132
Şekil 5.24. C simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-C simülasyonu HRR-zaman grafiği.....	133
Şekil 5.25. (a) C1 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü.....	133
Şekil 5.26. (a) C1 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	134
Şekil 5.27. C1 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-C1 simülasyonu HRR-zaman grafiği.....	134
Şekil 5.28. (a) C2 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü.....	135
Şekil 5.29. (a) C2 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	136
Şekil 5.30. C2 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-C2 simülasyonu HRR-zaman grafiği.....	136
Şekil 5.31. (a) C3 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü.....	137
Şekil 5.32. (a) C3 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	137
Şekil 5.33. C3 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-C3 simülasyonu HRR-zaman grafiği.....	138
Şekil 5.34. Tüm senaryo simülasyonlarına ait HRR-Zaman grafiği.....	141
Şekil 5.35. Tüm senaryo simülasyonlarına ait Sıcaklık-Zaman grafiği.....	141
Şekil 5.36. Sıcaklık-Eğim/Çıkma ilişkisi.....	143
Şekil 5.37. HRR-Eğim/Çıkma ilişkisi	143
Şekil 5.38. Doğrulama senaryosu için seçilen örnek çalışma.....	144
Şekil 5.39. Doğrulama gridi (a. 24.750, b. 117.000, c.6.625 toplam 147.375 adet hücre).....	145

Şekil	Sayfa
Şekil 5.41. (a) Doğrulama simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.....	146
Şekil 5.42. Doğrulama senaryosu (a) sıcaklık zaman (b) HRR zaman grafiği	147
Şekil 6.1. Farklı eğimlerde oluşturulan cephe örnekleri sembolize çizimi	149

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

Ao	Açıklık alanı (m ²)
At	Kapalı hacim toplam alanı (m ²)
D	Yan duvarlar arası mesafe (m)
Ho	Açıklık yüksekliği (m)
K	Yan duvar derinliğinin alev boyuna etki parametresi
L	Toplam yangın yükü kütlesi (kg)
m	Yanma oranı
QC	Ortalama sıcaklık artışı
Qc(max)	Maksimum sıcaklık artışı
Qex	Yan duvar derinliğinin alev boyuna etki parametresi
Tc	Yangın sırasında beklenen kapalı hacim sıcaklığı (K)

Kısaltmalar

Açıklamalar

BYKHY	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
CFAST	Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamic Simulator
FSE	Fire Safety Engineering
HRR	Heat Release Rate (Açığa çıkan ısı oranı)
HRRPUA	Heat Release Rate Per Unit Area (Birim alan başına açığa çıkan ısı oranı)
NIST	National Institute of Standards and Technology
SMW	Smokeview

1. GİRİŞ

Cepheler, yapılı çevrenin çok büyük bir kısmını kaplayan binaların görünen yüzeyleridir. Gerek mimari biçimin oluşturulmasında gerekse iç-dış ortam arasında denetim yapılmasında önemli bir görev üstlenen cepheler; aynı zamanda bulundukları çevrenin, bölgenin ya da bir kentin en önemli temsil ögesi olarak yaşanan dönemlere ait teknolojik, ekonomik, politik, sosyal değişimlerin de tanıklarındır.

Tasarımı ve yapımında; görünüş, kullanılabilirlik, uzun ömürlü olma ve enerji tüketimi bakımından duyarlı, düzenli ve konforlu iç mekan oluşumunda etkili özellikler taşıması gereken bina dış kabuğunun fiziksel işlevleri kısaca aydınlatma, havalandırma, nemden koruma, ısı ve soğuktan yalıtım, rüzgardan koruma, parlamadan koruma, görsel koruma, görsel iletişim/şeffaflık, güvenlik, mekanik zararı önleme, sesten koruma, yangından koruma, enerji kazanma olarak sıralanabilir. Bu bağlamda tarihsel süreçte yaşanan teknolojik gelişmeler, malzemelerin potansiyellerinin keşfedilmesi, yapım tekniklerinin gelişmesi, enformasyon teknolojisi ve bilgisayar destekli tasarım, mimarın tasarımlarında, müşterinin ve işverenin taleplerinde yenilik arayışı, deneyimleme olgusu ve ortam yaratma durumu, cephenin etkileşime açık iletişim aracı olarak görülmesinin yeni teknolojilerle kurduğu ilişki gibi faktörlerin etkisi altında bina dış kabuklarının geliştiği gözlemlenmiştir.

Bina dış kabuğunun önemli bir bölümünü oluşturan cephelerde yangının yayılması ve yapılar arasında yangının yayılarak gelişmesi büyük felaketlere neden olabildiği için yangın güvenliği açısından önemli bir sorundur. Gerek gelişen teknoloji gerekse malzeme çeşitliliklerinin bina cephelerinde yer almaya başlaması, bina cepheleri üzerinde bırakılan boşlukların büyüklükleri, yapısal katmanlaşmasında kullanılan malzemeler, kalınlık ve nitelik, en iyi performans özelliklerini arama çabası, strüktürel ve konstrüktif anlamda cam ve çeliğin yapı üretim sürecine girmesi ile günümüzün önemli tasarım girdisi olan güç ve prestij kavramlarının simgesi haline gelen cephe tasarımları, son yıllarda yangın güvenliği açısından da özel önem verilmesi gereken tasarım kriterlerinden biri olmaya başlamıştır.

Cephe yangınları kapalı hacim içerisinde meydana gelen yangının bulunduğu bir açıklıktan dışarı çıkma eğiliminin sonucunda ya da bina dışında meydana gelen bir tutuşma veya başka bir yapının yanması sonucunda oluşan ışıma etkisi ile meydana gelmektedir. Aslında kapalı

hacim içerisinde meydana gelerek cephe yüzeyi boyunca ilerleyen yangınlar kapalı hacim içerisinde oluşan yangının gölgesinde kalmasına rağmen yangının cephe üzerinden üst katlara yayılmasının en kolay yolu olduğu genellikle göz ardı edilmektedir.

Özellikle dahili (iç) yani kapalı hacim içerisinde meydana gelen yangında alevler ve duman cephe üzerindeki açıklıklardan dışarı çıkarak üst katlardaki açıklık/boşluklardan içeri doğru girer ve gerek iç hacimlere doğru gerekse yapının dış duvar yüzeyi boyunca yayılır. Bu noktada binanın strüktürel/konstrüktif özelliği, dış duvar elemanını oluşturan malzemenin niteliği, alevlerin pencereden pencereye sıçrama “leap frog” etkisi ile bir üst kattaki pencerenin ya da açıklığın mimari düzenlemesi veya cephe üzerindeki estetik ya da konfor amaçlı kullanılan mimari elemanlar, bina cephesini tutuşarak yangının çok daha hızlı bir şekilde gelişmesine ve katlar arasında hızla yayılmasına sebep olabilir [1]. Bu nedenle mimarlığın tasarım kaygıları arasında başrolde yer alması gereken yangın güvenliği, binalarda oldukça yaygın şekilde kullanılmaya başlayan yeni cephe kuruluşları açısından da, bilhassa büyük yüzey alanlarına sahip çok katlı yapıların yangına karşı güvenliğinin sağlanmasında cephe geometrisi, seçilen strüktür sistemi, konstrüksiyon ve malzemeleri ile uygulama detayları bağlamında büyük bir dikkat gerektirmektedir.

Ayrıca son yıllarda tasarımcının öncelik ve önem verdiği cephe tasarımlarında gerek Türkiye’de gerekse uluslararası alanda cephe geometrisinin adeta bir heykel gibi biçimlenmeye başlaması cepheden yayılabilecek bir yangının sadece binanın kendisinin değil çevredeki yapıların da zarar görebileceği hatta bu durumun kentleri dahi yok edebilecek felaketlere varabileceği tehlikesi göz önünde bulundurulması gereken çok önemli risk faktörlerindendir.

Bu kapsamda süreç içerisinde birçok yazar çalışmalarında; yangın gelişimi ve hızının geometrik faktörden etkilendiğinin altını çizmiştir. Yokoi ilk çalışmalarını bina pencerelerinden çıkan yangın bulutları (plumları) hakkında yapmıştır. Çalışmalarında tutuşmaz malzemedan spandreller ile (saçaklar) pencerelerin bir kattan diğer kata ayrılmasının sağlanmasına ya da yatay çıkıntı elemanlarının en az 74 cm. olması ile dikey yangın yayılımının kontrol edilebileceği üzerine vurgu yapmıştır [2,3]. M.Law; Yokoi’nin araştırmalarını temel alarak pencerelerin şekli ve büyüklüğünün dışa çıkan alevlerde etkisi olduğu ile ilgili araştırmalar yapmıştır. Pencerelerin geometrisinin yangın davranışında anahtar faktör olduğunu; bunu yalnızca kapalı hacime giren oksijen miktarı ile yangının

büyümesini etkileyen bir faktör olarak değil ayrıca sıcak gazların hızının pencereler aracılığı ile taşınacağını vurgulamıştır [3].

Harmathy; pencereler üzerinde hareketli elemanların olmasını önermiştir. Böylece yangın durumunda bu aletlerin bir alev saptırıcı ve aynı zamanda olası bir kattan diğer kata yangının yayılımını önleyici bir eleman olarak davranmasının sağlanabileceğini öngörmüştür. Çıkıntı elemanlarının alevlerin yolu için önemli etkiye sahip olduğunu ve bunların cephe yüzeyindeki ısı akışı ve alev oluşumu sıklığını azaltabileceğini değerlendirmiştir [4].

Oleskiewicz; birçok çalışmada, bina cephesindeki çıkıntıların yangın yayılımında bulundukları konumdaki pencerelere göre pozitif ya da negatif olarak etkilenebildiği üzerine görüş sunmuştur. Örneğin dikey dış elemanların kanal oluşturabileceği ve yangın yayılımını kolaylaştıracağı diğer yandan yatay çıkıntıların (saçakların) ısı akış yolunu saptırarak yüzeydeki etkiyi minimize edeceği yönünde araştırmalar yapmıştır [3, 5].

Mammoser & Battaglia; balkonların ebatlarının binanın üst katlarına ısı akışını düşürmesi etkisi üzerinde çalışmalar yapmış ve bu çalışmalarında bilgisayar modeli kullanmışlardır [6].

Wickström ve Göransson, koni kalorimetre verilerine dayanarak ISO 9705 Oda / Köşe testlerinde [7] ısı yayılım oranını tahmin etmek için basit bir model geliştirmişlerdir. Modellerinde, yanma alanının büyümesi, tutuşma süresinin tersi tarafından yönetilen t ve t^2 büyüme eğrileri olarak ifade edilmiştir. Yüzeydeki astarın ısı salım oranı, tutuşan parçaların çeşitli zamanlarda katkılarının toplamı olarak elde edilmiştir. Yakıtın yakınından yayılan alev kriterleri, varsayılan bir yüzey sıcaklığına dayanmaktadır. Açığa çıkan ısı oranı için bu tahmin prosedürü “Koni aletleri” modeli olarak bilinmektedir [8].

Qian ve Saito, deneysel alev yayılma karakteristiklerine ve köşe yangınlarının ısı transfer mekanizmalarına dayanarak yukarı doğru alev yayılımı için ampirik bir model geliştirmişlerdir. Piroliz yüksekliği ile alev yüksekliğini zamanla, alev ısı akışını yükseklik ve zamanla ilişkilendirmişlerdir. Ancak ampirik korelasyonların temel dayanakta yoksun olduğu bu nedenle sadece türevde kullanılan deneysel koşullar aralığında geçerli olduğu belirlenmiştir [9].

Quintiere, bir odadaki duvar ve tavan malzemelerinin tutuşma, alev yayılımı, yanma ve yanma oranını simüle eden kapsamlı bir matematiksel model geliştirmiştir. Onun yaklaşımında, odadan gelen termal geri besleme, duvar yüzey sıcaklığının, üst tabaka sıcaklığının ve kaplamaların açığa çıkan ısı oranının küresel hesaplanmasıyla açıklanmaktadır. Geçerli denklemler sayısal olarak çözülmüştür [10, 11].

Ondurus ve Petterson çok katlı binalara uygulanan çeşitli yalıtım malzemelerinin yangın performanslarını test etmişlerdir. Bu testler yangın odasından çıkan alevlerin pencereler arasında ve cephe boyunca yayılımındaki riskleri üzerine çalışmışlardır. Dış cephe kaplamaları için kabul kriterlerini formülize etmişlerdir. Günümüzde bu kriterler SP Fire 102 testine uygulanmaktadır [12].

Hokugo , Hasemi, Hayashi yüksek katlı bir apartman kompleksinde balkonlar aracılığıyla 12 katın üzerinde bir yangının yayılmasına neden olan olayı araştırmak için bir dizi deney yapmışlardır. Deneyler, dikey balkon çitlerinin malzeme özelliklerini kapsayacak şekilde iç mekanın balkon tarafına bakan kısmı ile balkonun tam ölçekli bir modelini içeren dış mekan testlerini içerir. Test sonuçları, toplam alev yüksekliğinin artmasının, Balkon çitleri olarak kullanılan PMMA (pleksi glass) üst katta tutuşmaya neden olacak kadar uzun bir alev oluşumuna ve balkon içi tutuşabilir malzemesinin yangına etkisi araştırılmıştır [13].

Yukarı alev yayılmasının bilgisayar modeli Beyler ve ark. tarafından 1) ateşleme, 2) malzeme ısıtma, piroliz ve yanma hızı, 3) alev yayılması ve 4) alev ve yüzey ısı transferine göre alt modellere dayandırılmıştır. Dikey bir yüzeye yayılan alev, yüzeyi bağımsız olarak hesaplanan çok sayıda elemana bölünerek hesaplanmıştır. Açığa çıkan ısı oranı ve piroliz bölgesi, alev ve sönme bölgelerinin yükseklikleri elemanların katkıları toplanarak hesaplanır[14].

Bu bağlamda geçmişten günümüze devam eden çalışmalar doğrultusunda çeşitli parametreler bir arada düşünülerek ülkeler birtakım yönetmelik ve kodlarla bu riskleri gidermeyi ya da en aza indirmeyi sağlamak üzere önlemler almıştır. Ancak bu önlemlerin bugün hala geçmiş deneyimler ve genellemeye dayalı çözümler sonucunda kazanılan derslerden çıkarılan eksiklik veya yanlışlıklara göre oluşturulan kıstaslar olduğu değerlendirildiğinde profesyoneller ve otoritenin sisteme aşına oldukları için kurallara (yönetmelik, yönerge vb.) uygun ve yangın kodları ile belirlenen yangın güvenlik

önlemlerinin uygulanmasının daha kolay olduğu görüşü savunulmaktadır. Yine de yeşil veya sürdürülebilir binalar gibi yeni mimari özellikteki yapılarda kullanılan yeni nesil yangından korunma sistemleri ile yangın davranışı doğru şekilde test edilmemiş yeni malzemelerin kullanımının yönetmeliklerde tarif edilen ve kurallara dayalı yangın güvenlik önlemleri bazında yetersiz kalacağı, aynı zamanda söz konusu mimari biçimlenmenin getirilerinden olan kapalı binalarda/alanda daha fazla zaman geçirme gibi yeni bir yaşam tarzının, gerek kullanıcı yükü gerekse yangın yükünün artması gibi ek sorunlar da doğuracağı dolayısıyla yangın kodlarının bu değişikliklerle başa çıkmak için hızlı bir şekilde güncellenemeyeceği öngörülmüştür.

Bugün yangın güvenliği tasarımı, geleneksele (hükme) dayalı ve performansa dayalı yangın güvenlik tasarımı olarak incelenmektedir. Geleneksele dayalı yangın güvenlik tasarımında, kodlar yeni gereksinimler ortaya çıktıkça mevcut olanların üzerine eklenerek yıllarca geliştirilmiş, bunun sonucunda da yeni teknolojileri kullanmak, yeni uygulamalara uyum sağlayabilmek için zor ve karmaşık hale gelmiştir. Belirlenmiş gereksinimleri karşılayıp karşılamadığını belirlemede basit değerlendirme kriterlerine sahip olmasına rağmen, hedef belirlenmeden gereksinimlerin belirlenmesi, maliyet etkin tasarımları desteklememesi, yenilikçi çözümler ve olağandışı durumlar için çok az esneklik sağlaması ve bugünün karmaşık yapıların çoğunda kullanılamaması gibi dezavantajları, geleneksel kodları kullanan birçok ülkede performans tabanlı kodlara geçmek konusunda tartışma yaratmıştır. Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımının yangın güvenlik hedeflerini oluşturması ve tasarımcıya bu hedeflere ulaşma yollarını sunması, belirlenmiş performans gereksinimlerini karşılayan yenilikçi tasarım çözümlerine izin vermesi, tasarımda maliyet etkinliğini ve esnekliğini sağlaması, yeni teknolojilerin pazara hızlı girişini sağlaması ve mevcut geleneksel kodların karmaşıklığını ortadan kaldırması gibi avantajları tasarımcıların gelenekselden, performansa dayalı yangın güvenliği tasarımına geçişinde etkili olmaktadır.

Ulusal düzeyde yangın konusu ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğu kapalı hacimlerdeki duman yayılımı ve kaçış yolları benzetimi ile yapı tasarım aşamasında mevcut yönetmelik ve standartların belirlediği kısıtlara uygunluğun değerlendirilmesi yönünde geliştirilmiştir. Türkiye’de 1999 yılında ilk olarak Beyhan F. (Kars F.), [15] tarafından yapılan “Yapıların Projeleri Üzerinden Yangın Güvenlik Analizinin Bilgisayar Modeli ve Programı” adlı doktora çalışması bu konuya öncülük etmiştir.

Ancak gelişen teknik ve teknoloji ile değişen yapım sistemleri ve çeşitlenen yapı malzemelerinin sunduğu olanaklar, işlevsel ve estetik kapsamlı tasarıma dayalı arayışlar, maliyet odaklı kaygılar gibi pek çok etkene bağlı olarak gelişen çağdaş cephe sistemlerinin yangın olayları karşısındaki davranış modelleri ve ortaya çıkabilecek risk düzeylerini ortaya koyan çalışmalara pek yer verilmemiştir.

Literatürde eksik kalan cephe yangınlarının mevcut yangın mevzuatının gerekleri yerine getirilerek risk olasılıklarının tahmin edilmesi ve yangın güvenliği açısından yeterli ve yetkin çözümlerin tasarlanarak uygulanabilmesi mümkün değildir. Bu nedenle çağdaş binalardaki yeni cephe sistemlerinin yangın riskine karşı performansının değerlendirilmesi ve artırılmasını problem olarak ele alan bu tez çalışmasında cephelerde yangın yayılım yollarının tasarım kararları ile yakından ilişkili olduğunun belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılması ve yürürlükteki mevzuatın gerekleri ile uyumlu olacak şekilde bir yangın benzetim programının bina tasarım sürecinde kullanımını öngören yeni bir modelin algoritmasının oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu bağlamda çalışmanın çerçevesini oluşturabilmeye yönelik olarak, belirlenen araştırma soruları aşağıda sıralanmıştır:

1. Yeni nesil yüksek katlı yapılarda sıklıkla tercih edilen geometrik cephe hareketleri nelerdir?
2. Ülke mevzuatlarında cepheler ile ilgili yer alan kıstaslar cephe yangın güvenliğini sağlamada yeterli midir?
3. Yangın güvenli bina tasarımı ile ilgili kavramlar, standartlar, sayısal veriler nelerdir? Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımında nasıl kullanılır?
4. Cephe geometrik hareketi yangın yayılımında etkili midir? Hangi faktörlerden nasıl etkilenir?
5. Performansa dayalı yangın güvenliğinin kapsamı nelerdir? Bina cephelerinin yangın güvenliğinin sağlanmasında nasıl değerlendirilir?

6. Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımında kullanılan bilgisayar ve simülasyon programları nelerdir? Performansın ölçülmesinde etkili midir?

7. Simülasyon programında elde edilen sayısal veriler bulgu ve sonuçları değerlendirmede nasıl tasniflenir?

Tüm bu soruların cevaplanması ile yangının cephedeki bazı geometrik etkenlere bağlı olarak yayılacağı ile ilgili değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda cephenin yangın güvenliğinin seviyesi cephede kullanılacak yatay çıkıntı elemanları ve cephe yüzeyinin eğimi ile analiz edilmiştir. Çalışmaya; cephe yüzeyinde oluşturulacak yatay çıkıntının (kat silmesi) ebatları ile içe ve dışa eğik iki farklı açıdaki eğimli cephe yüzeyi ile oluşturulan geometrik etkenlerin yangının gücüne ve sıcaklığına olan etkisi kapsamında iki açıdan odaklanılmıştır. Ayrıca performansa dayalı yangın güvenliği sağlanmasında ulusal bir simülasyon programının algoritmasının genel çerçevesinin oluşturulabileceği değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda öncelikle kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve performansa dayalı yangın güvenliği ile doğrudan ilgili olan çalışmalar analiz edilerek incelenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek cephe geometrisi ve yangın yayılımı arasındaki ilişkiyi belirleyen parametreler saptanmış ve performansa dayalı yangın güvenliği kavramını oluşturan akış ve ilişki ortaya konmuştur.

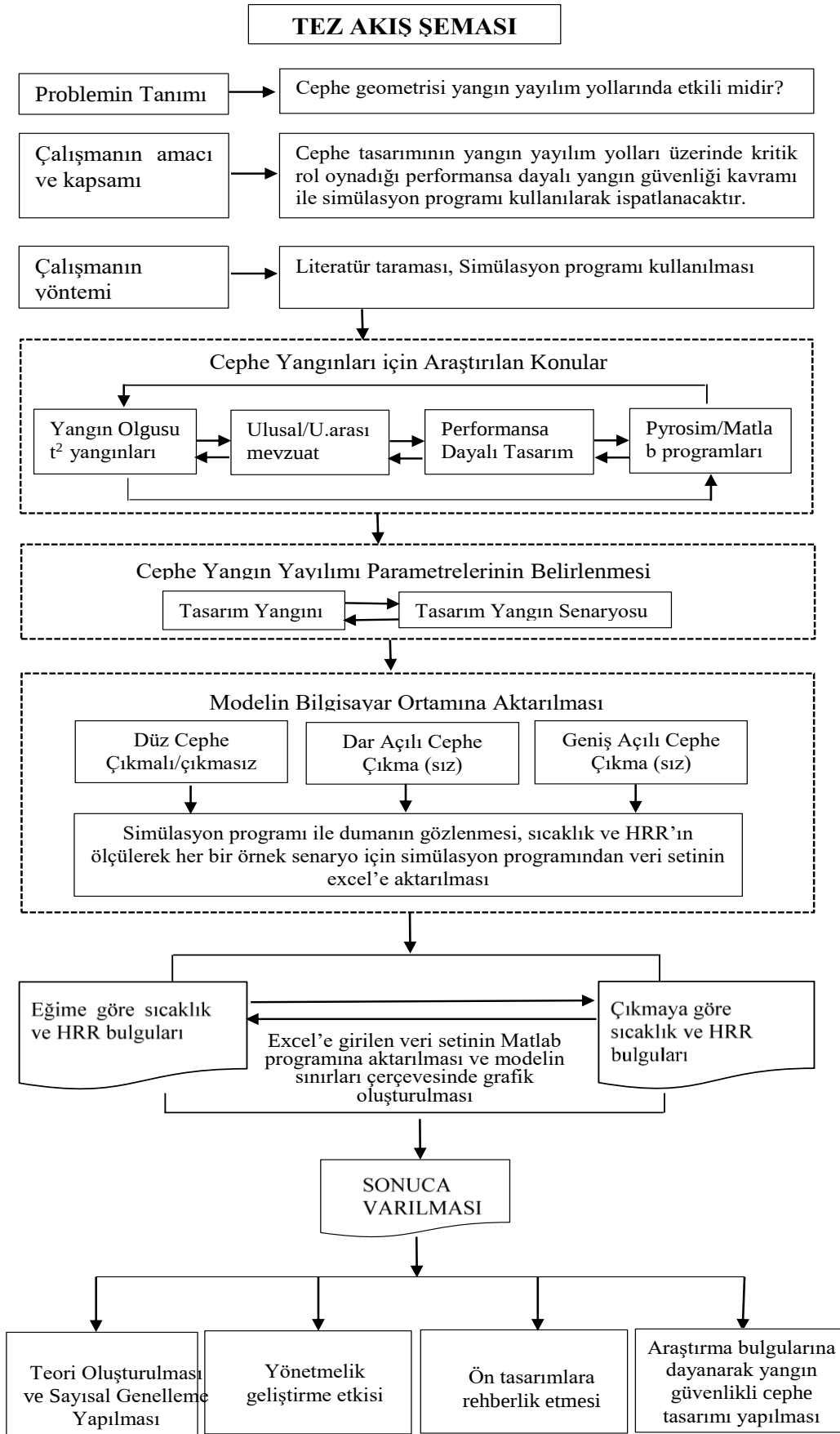
Bu kapsamda ikinci bölümde performansa dayalı analiz yöntemlerinde yangın güvenliğinin nasıl değerlendirildiğine dair kavramlar çerçevesinde çalışmada temel alınan cephe yangın güvenliği tasarımı kriterleri, ulusal ve uluslararası mevzuatta yer alan yangın yönetmelikleri ve standartlarda yer alan kodların cepheler ile ilgili kısımlarında yer alan kriterlerin neler olduğu, cephe yangınlarının gelişimi ve cephede yangın yayılımını etkileyen faktörler, HRR (Heat Release Rate) kavramı, ile yangın olgusunun yangın güvenliği tasarımına taban oluşturacak sayısal ve sözel temel kavram ve prensiplerinin neler olduğu araştırılarak Türkiye’de çok az kullanılan Pyrosim yangın simülasyon programı ve verilerin değerlendirilmesinde istatistikçiler tarafından sıklıkla kullanılan matlab programı hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

Üçüncü bölüm, materyal ve metodun aktarıldığı bölümdür. Hipotezin tanımı ve çalışma yapılacak modellerde kullanılacak tasarım parametreleri ve performans kriterlerinin nasıl kullanıldığına dair bilgilerin aktarıldığı kısımdır.

Dördüncü bölümde tezin kapsamı doğrultusunda cephe yangın güvenliği tasarımı için oluşturulan tasarım yangını ve tasarım yangın senaryoları doğrultusunda belirlenen cephe yüzeyinde yer alan çıkıntı ve cephe eğiminin HRR ve sıcaklık üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda belirlenen senaryolara ait çizimler Auto-cad'de hazırlandıktan sonra üç boyutlu görselleri için sketch-up programına aktarılmıştır. Hazırlanan üç boyutlu çizimlerin pyrosim simülasyon programına aktarılıp çalıştırılması sonucunda her bir tasarım senaryosuna ait HRR ve sıcaklık parametresine ait görsel ve sayısal veri seti elde edilmiştir.

Elde edilen bu verilerin istatistik biliminde çok sık kullanılan Matlab programına girişi yapılarak cephe eğimi ve çıkma bağımsız değişkeni ile HRR ve sıcaklık bağımlı değişkenleri arasındaki ilişki ikinci dereceden iki değişkenli polinom olarak ifade edilmiştir. Beşinci bölümün temelini oluşturan bu bulgularla ayrıca belirlenen sınırlamalar çerçevesinde sıcaklığın eğim ve çıkma olan ilişkisi ile HRR'ın eğim ve çıkma ile olan ilişkisi ön tasarım değerlendirme grafiği olarak da hazırlanmıştır.

Altıncı bölüm, sonuç bölümüdür. Elde edilen verilere dayalı olarak genel bir değerlendirme yapılmıştır ve bu çalışmanın ışığında gerçekleştirilebilecek gelecek çalışmalar da bu bölümde aktarılmıştır.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

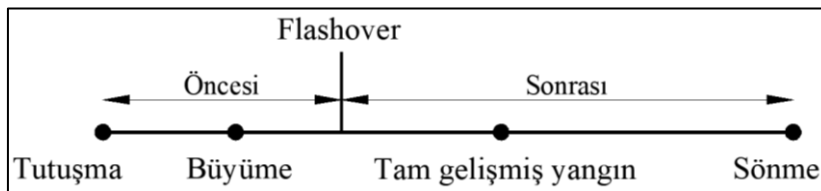
Bu başlık altında yangın ile ilgili temel kavram ve prensipler ile cephe yangınlarının kapsamı, değerleri, standartları ile hesaplama yöntemleri ele alınarak bu doğrultuda yangın güvenliği tasarım süreci performansa dayalı yangın güvenliği kavramı çerçevesinde açıklanmıştır.

2.1. Temel Bilgiler: Tanımlar, Kavramlar, Büyüklükler

Performansa dayalı yangın güvenliğinin temel aşamalarından olan tasarım yangının analizi için öncelikle yangın kavramını anlamak gerekir. Tasarım yangının en önemli parçası tasarım senaryosu, tasarım senaryosunun analitik olarak açıklanmasının en önemli yönü ise açığa çıkan ısı oranı (HRR)'dır. Dolayısıyla tasarım yangınlarının analizi için yangın gelişim aşamalarının, yağmurlama sistemlerinin HRR üzerindeki etkilerinin, çeşitli nesnelerin HRR'nın ve ışınlımla tutuşmanın anlaşılması gerekir.

2.1.1. Yangın gelişiminin evreleri

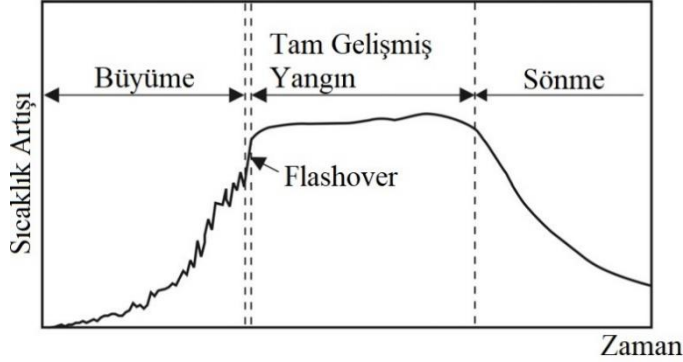
Bir yangının gelişimi temel olarak yanıcı maddelerin miktarından ve yangın mahallindeki düzeninden etkilenir. Oksijen kaynağı diğer önemli bir faktördür. Yangının başladığı mahal kapalıysa, yoğunluğu kademeli olarak azalacak, bu durumda mahaldeki duman gazlarının sıcaklığı düşecektir. Bazı durumlarda, örneğin bir pencere kırılması sonucunda ortaya çıkan oksijen arzı yangına yeni bir ivme kazandıracaktır. Yakıtın kütle kaybı oranı ve açığa çıkan ısı oranı (HRR) gibi kavramlar önemlidir. Kapalı hacimdeki bir yangının gelişiminin ana aşamaları Şekil 2.1'de gösterildiği gibi ifade edilebilir.



Şekil 2.1. Kapalı hacimdeki bir yangının gelişimi (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Standart bir yangının başlangıcından sönme aşamasına kadar olan gelişimi ISO 834'de yangın gelişim eğrisiyle açıklanmaktadır. Şekil 2.2'de yangın gelişiminin olası izleyeceği

aşamaları gösterilmiştir. Yatay eksen belirtilen süre, dikey eksen tavan altında biriken duman gazlarının ortalama sıcaklığı olarak kabul edilir.



Şekil 2.2. Yangın gelişim eğrisi [16].

Yangın eğrisinde ilk tutuşmadan flashovera doğru ilerleyen aşama yangının ilk gelişim periyodudur. Normal eşyalarla döşenmiş bir kompartımanda kapı veya pencere gibi bir açıklık varsa sıcaklık kademeli olarak artar ve flashover aşamasına kadar ilerleyebilir. Bunun sonucunda kompartıman içerisinde yer alan yanıcı yüzeyler piroliz ürünleri yaymaya başlar. Bu durumda ortaya çıkan alevler odanın tamamını doldurarak çok yüksek oranda radyasyon üretecektir. İşte bu noktada herhangi birinin hayatta kalma olasılığı olmayacağı için yangının flashover aşamasına gelmeden önlem alınması önemli bir problemdir. Flashover durumunda, yangının ısı salınımı (HRR) önemli ölçüde artar ve yangının söndürülmesi çok zor olabilir. Flashover meydana geldikten sonra, esas olarak ısı salınım oranını (HRR) kontrol eden oksijen miktarına ulaşılmıştır. Bu aşama tamamen gelişmiş yangın olarak tanımlanmaktadır. Kompartıman içerisindeki tüm malzemelerin uzun süre yanması yani yakıtın kütle kaybı ve dolayısıyla açığa çıkan ısı oranının (HRR) düşmesi de sönme aşaması olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla analitik olarak yangın eğrisinin incelenmesi için ısı salınım oranını (HRR) karakterize eden temel parametrelerin tanımlanması gerekmektedir. (SFPE, 2002).

Tutuşma (ateşleme), ortamın çok üstünde sıcaklıklar üreten ekzotermik reaksiyona yol açan bir işlem olarak tanımlanabilir. Ekzotermik reaksiyon, için için yanan ya da tam alevli bir yanma işlemi olabilir. Temel olarak pilot tutuşma ve kendiliğinden tutuşma olmak üzere iki farklı tutuşma işlemi türü vardır. Pilot tutuşma, alev alabilen buhar / hava karışımını ateşleyen alev veya kıvılcım gibi bir pilot kaynağın varlığı ile karakterize edilir.

Kendiliğinden tutuşma ise, pilot kaynak bulunmadan mahalde oluşan yeterince yüksek sıcaklık nedeniyle gelişir.

Etkili tutuşmanın ardından ateş büyümeye başlar. Yangın büyüme hızı; yanma işleminin türü, yakıt yakma türü, havalandırma şartları ve çevre ile etkileşimlere bağlıdır. Yangın büyüme aşamasından flashover öncesine geçişte alevlenme öncesi üretilen ısı ve duman miktarı, bir binadaki can güvenliği değerlendirilirken çok önemlidir.

Flashover, bölgesel bir yangından mahal içerisindeki tüm yanıcı malzemeleri içeren bir yangına hızlı geçiştir. Flashoverın, üst tabaka sıcaklığı 500-600 ° C'ye ulaştığında veya kompartımanın tabanına yayılan radyasyonun, küçük mahaller için geçerli olan 15 ila 20 kW / m² değerine ulaştığı zaman gerçekleştiği kabul edilir.

Tamamen gelişmiş yangın ise yangının en yüksek ısı yayma oranına ulaştığı aşamadır. En yüksek ısı bırakma oranı, mevcut havalandırma veya mevcut yanıcı yüzeyler ile sınırlandırılabilir.

Sönme (bozunma) aşamasında, yanıcı uçucu madde miktarı azalır, çünkü yakıt tüketilir ve yangın yoğunluğu azalır.

2.1.2. Yanma türleri

Temel olarak alevli ve için için olmak üzere iki farklı yanma türü vardır;. Bu bölüm iki tipin özelliklerine genel bir bakış sunmaktadır.

İçin için yanma; olasılığını tahmin etmek için neredeyse hiçbir niceliksel yöntem yoktur. Bu nedenle, yangının başlatılmasının için için ya da alevli yanmaya neden olabileceği niteliksel olarak tahmin edilmelidir. Yani yanma işleminin için için yanma veya alevli yanma olasılığını etkileyen; yakıtın niteliği; havalandırma şartları ve yangın kaynağının gücü faktörleri analiz edilerek karar verilmelidir. Bu kararda ısıtıldığında karbonlu bir kömür oluşturan yakıt türlerinin kendi kendine yanabildiği bilgisi dikkate alınmalıdır [24]. Kağıt, selülozik kumaşlar, talaş, elyaf levha ve lateks kauçuk gibi malzemelerden ve bazı genişletilmiş termoplastiklerden imal edilmiş ürünlerde için için yanma olabilir [24]. Döşemeli mobilyalar ve yataklar, aynı zamanda için için yanabilen bazı yaygın ürünlerdir

[5]. Eriyen ve tutuşma kaynağından daralan malzemeler, yanma tehlikesine yol açmaz [24]. İçin için yanma, genellikle sınırlı havalandırma koşullarında yani oksijen yetersizliği olduğunda meydana gelir [17].

Belirli miktarda yanmamış yanıcı gaz, kurum ve diğer yanma ürünleri üretebilecek, ancak çok az ısı oluşturabilecek alevsiz bir yanma işlemidir ve normalde çok yavaş yangın gelişimine neden olur. İçin için yanma olasılığı yakıtın niteliği; havalandırma şartları ve tutuşma kaynağının gücü ile ilişkilidir.

Sadece ısıtıldığında karbonlu kömür oluşturan bazı yakıt türleri, kendi kendine ya da alevli yanma işlemine maruz kalabilirler. Ortaya çıkan eksik yanma, bir kapalı hacimi doldurabilecek karbon monoksit (CO) gibi yanmamış yanıcı gazlar üretir. Kapalı hacime kontrolsüz ve aniden girecek oksijen bazı durumlarda backdraft veya duman patlamasına yol açacak şekilde üretilen gazların tutuşmasına neden olabilir. İçin için yanma, aynı zamanda toksik gazlar ve dumandan dolayı tehlikeli koşullara da yol açabilir. İçin için yanma için tipik yangın kaynakları sigaralar, sıcak nesneler ve elektrik kıvılcımlarıdır [5].

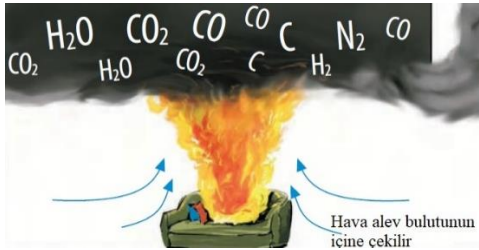
Alevli Yanma yanıcı buhar tutuşması durumunda ortaya çıkar. Yanıcı buhar üreten yakıt, bir gaz, bir sıvı veya katı olabilir. Bir sıvı ya da katı için, ortam sıcaklığının altında parlama noktası olan bir sıvı hariç, yeterince uçucu maddeyi buharlaştırmak ya da piroliz etmek için harici ısıtma gereklidir, böylece alevli yanma başlayabilir. Yanıcı bir gazın sadece hava ile karışması gerekir, böylece konsantrasyon yanıcılık sınırları dahilindedir. Alevli bir yanmanın olduğu yerde, alev genellikle sıvı veya katı yakıtı ısıtır, böylece alevi sürdürmek için yeterli uçucular üretir. Küçük bir yangın kaynağı, daha büyük bir yangın kaynağının yerine alevlenmeye neden olacak yakıt olabilir. Bir için için yanma, havalandırma artırıldığında alev alan yanmaya dönüşebilir.

Yangın Bulutu (Fire Plume)

Kapalı hacim alevi büyüdüğünde (HRR arttıkça), duman gazı tabakasında bir dizi karmaşık işlem gerçekleşir. Bazı durumlarda, duman gazları tutuşabilir. Bunun gerçekleşmesi için, yeterli miktarda yakıt ve oksijenin yanı sıra bir tür yangın kaynağının olması gerekir. Duman gazları tutuşursa, yangın çok hızlı yayılır ve bazı durumlarda basınç da artar, bu da hem

insanları hem de yapıları etkiler. Ancak çoğu durumda, duman gazları sessiz ve kontrollü bir şekilde tutuşur.

Katı bir madde ısındığında, gaz yaymaya başlar. Bu işlem piroliz olarak bilinir. Piroliz genellikle 100 ila 250 ° C arasındaki sıcaklıklarda başlar. Oksijenle karışımlarında yanmaya başlayan piroliz gazlarıdır. Piroliz işlemi, bir kimyasal ayrışma veya karmaşıktan daha basit bileşenlere kimyasal dönüşümü içerir. Yakıt yüzeyinde biriken gazların bazıları alevlenerek yanmaz. Bu yanmamış gazlara alev bulutu eşlik eder ve duman gazı katmanında bulunur. Şekil 2.3 bir duman gazı katmanında bulunacak ürün türlerinin bazı örneklerini göstermektedir. Gerçek bir alev bulutu yangının gelişimini birçok yönden belirleyen önemli bir noktadır. Alev bulutu en yaygın şekilde bir difüzyon alevi yanıcı bir malzemenin üzerine yayıldığında meydana gelir. yangın bulutuna, daha sonra duman gazı tabakasında biriken çok sayıda farklı ürün eşlik eder.



Şekil 2.3. Alev bulutunda oluşan gazlar

Gaz halindeki kütlede farklı sıcaklıklar olduğu için yoğunlukta da bir fark meydana gelir. Düşük bir yoğunluğa sahip olan gaz halindeki kütlenin sıcak kısmı, daha düşük bir sıcaklıktaki ve dolayısıyla daha yüksek bir yoğunluğa sahip olan atmosfer ile ilgili olarak yukarı doğru yükselecektir. Bu yangının kaynağının üzerinde meydana gelir.

Özetle yangın bulutu, doğal bir alevin içinde ve üstünde oluşan sıcak gazdır. Yangın bulutunun özellikleri esas olarak yangının boyutuna, yani bir yangının meydana getirdiği açığa çıkan ısı oranına bağlıdır. Bu özellikler, örneğin bir binanın duman gazlarıyla ne kadar çabuk dolduğunu ve çevresindeki yapıların dayanması gereken ısı etkisinin seviyesine bağlı olarak, tesisin devam eden gelişimini etkilemektedir.

Bir yangın bulutu Şekil 2.4'de görüldüğü gibi üç bölüme ayrılabilir. Sürekli alevli kısımdaki alev tabanının yanında oluşan katman, Dalgalanan alevli bölümde oluşan katman ve Alevin

üstündeki gaz akışı olan kısımdır. Bu kısım; özellikle azalan bir gaz hızı ve sıcaklığı olan yani genellikle "bulut" olarak adlandırılan kısımdır.



Şekil 2.4. Alev bulutunun farklı bölümleri

Yangın dumanındaki sıcaklık ve gaz hızı doğrudan yangın kaynağı tarafından üretilen ısı miktarına ve alan kaynağının üzerindeki yüksekliğe bağlı olarak değişir. Çevreleyen hava ile karışması, alev bulutundaki kütle akışını artırır. Yangın bulutunun sıcaklığı ve hızı yükseklikle doğru orantılı olarak düşer.

Alevler

Duman gazı tabakası birçok durumda tutuşabilir. Bu, bazen havalandırma kontrollü bir yangında ve diğer zamanlarda ise yakıtın kontrol altında olduğu durumlarda ortaya çıkabilir. Duman gazlarındaki alev yayılma hızı, hangi tür alevlerin oluştuğuna bağlı olarak değişir. İki farklı tür alev vardır: önceden karıştırılmış ve difüzyon alevleri. Her ikisi de farklı özelliklere sahiptir. Bir kompartıman yangında meydana gelen farklı olayları anlayabilmek için, alevlerin özellikleri de bilinmelidir. Bir alev, yakıt ve hava arasındaki kimyasal reaksiyonun bir sonucudur. Reaksiyonu başlatmak için de belirli bir miktarda enerji gerekir [17].

Önceden karıştırılmış alevler (premixed flames):

Yakıt ve hava birbirine karıştığında meydana gelir ve karışım tutuşma meydana gelmeden önce yanabilirlik aralığında kalır. Alev oluşturmak için kıvılcım gibi bir yangın kaynağı

gerekir. Bazı durumlarda, gazlar kıvılcım olmadan tutuşabilir. Ancak duman gazlarının kendiliğinden tutuşması nadirdir.

Difüzyon alevleri (diffusion flames)

Yakıt ve hava birleştğinde difüzyon alevleri oluşur. Bu nedenle yakıt ve hava, yangın gerçekleşmeden önce karışmaz. Karıştırma, işlem yüksek bir sıcaklıkla hızlandırılabilir. Farklı alev türlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için günlük yaşamdan bazı örnekler verilmiştir.

Bir mum difüzyon alevi üreten tipik bir örnektir, yakıt ve hava fitil etrafındaki çok ince bir tabakada birleşir.

Havuz yangını, her iki alev türünün bir arada bulunduğu bir örnektir. Yangın sırasında önceden karıştırılmış bir alev hızlı bir şekilde yüzeye yayılır. Bunu daha sonra yanmayı sürdüren bir difüzyon alevi takip eder.

Yangına bitişik bir odada duman gazları ve havanın bir arada karışması ve yanıcılık aralığında olması mümkündür. Karışım tutuşursa yanma hızlı bir şekilde gerçekleşebilir. Önceden karıştırılmış bir alev oluşur ve çok hızlı bir şekilde yayılır. Bu genellikle duman gazı patlaması olarak bilinir [17].

2.1.3. (HRR) Açığa çıkan ısı oranı

Bir yangından kaynaklanan açığa çıkan ısı oranı (HRR), potansiyel tehlikeleri tanımlamak için en önemli parametredir. Kapalı bir alandaki yangının çevresel sonuçları büyük ölçüde HRR'a bağlıdır [18]. Başka bir deyişle HRR yangının enerjiyi serbest bırakma oranıdır. Bu aynı zamanda güç olarak da bilinir. HRR, saniyede bir Joule eşit Uluslararası Sistem birimi olan Watt (W) birimi cinsinden ölçülür. Yangının büyüklüğüne bağlı olarak HRR, Kilowatt (1.000 Watt'a eşit) veya Megawatt (1.000.000 Watt'a eşit) olarak da ölçülür Isı yayma hızı, oksijene erişim veya yakıtın kütle kaybı oranı ile kontrol edilir [19].

Açığa çıkan ısı oranı tutuşabilir malzemelerin yakılmasında ne kadar ısı açığa çıkacağı konusunda en önemli bilgiyi verir. Açığa çıkan ısı oranı bilindiğinde, duman sıcaklığı,

duman tabakası kalınlığı, duman akış hızı, radyasyon ısı akısı, flashover olasılığı ve yakındaki tutuşabilir malzeme ve kapalı hacimdeki yapı elemanları üzerindeki etkilerin sonucu bilinecektir dolayısıyla tüm binadaki deneysel (ampirik) ifadelerin veya yangın modellerinin tahmini yapılabilecektir. Yani kısaca bir yangının nasıl büyüyeceği hakkında fikir verecektir [20].

Yangın etkisi, yangın güvenliği hükümlerinin uygunluğunu değerlendirmek için varsayılan tasarım açığa çıkan ısı oranı (HRR) kullanılarak hesaplanır. Bu amaçla, tasarım HRR eğrisini (HRR'nin tam zamanlı geçmişi) tahmin etmek için basit bir tahmin yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, çeşitli yanıcıların isimleri ve kurucu materyalleri ile gruplara ayrılan mevcut deneysel veri kümelerinin özetine dayanmaktadır. Kategorize grupların doğası olarak, her bir kategori grubu içinde iki tür HRR özelliği varyasyonu vardır. Bir tür, nesne boyutunun her kategori grubunda neredeyse sabit olmasıdır. Bu tip için, HRR eğrilerinin karakteristik tasarım HRR eğrisini elde etmek amacıyla mevcut veri kümesinin ortalaması alınır. Bu yöntem sandalyelere ve kanepelere uygulanmıştır. Diğer tür, nesne boyutunun her kategori grubunda değişmesidir. Büyüklüğe bağlı HRR eğrilerini geliştirmek için gruptaki veri kümeleri üzerinden yangın büyüme ve sönme oranlarının ortalaması alınmıştır. Maksimum HRR ve toplam açığa çıkan ısı oranı (THR) sırasıyla yüzey alanı ve ağırlık ile korelasyon göstermiştir. Dolayısıyla önerilen yöntemler kullanılarak, kategori adlarına göre tam HRR diyagramları oluşturulmuştur [21].

2.1.4. Yangın başlama karakteristiği hesaplama yöntemleri

İlk açığa çıkan ısı oranı ve yanma verimi ile yangın yükü gibi diğer parametreler, söz konusu ürünlerin ilk yangın karakteristikleri, bina geometrisi, mevcut açıklıklar analiz edilerek belirlenebilir. Yangın kaynağı, başlangıç nesnesi ve şematik tasarım yangını tanımlandıktan sonra, göz önünde bulundurulması gereken bir sonraki husus yangının nasıl büyüyeceği ve hangi yakıt paketlerinin yangına dahil olacağı ile ilgili öngöründe bulunmaktır. Henüz inşa edilmemiş binaların tasarımı için, yakıt paketlerinin tanımlanması, kullanım amacına ve kullanım durumuna göre yapılmalıdır. Mevcut binalar için ürünler ve yakıt paketleri doğrudan tanımlanabilir. Şematik tasarım yangınına bağlı olarak, ilk yangın özelliklerinden bazılarını tahmin etmek için farklı yaklaşımlara ihtiyaç vardır.

İçin için yangın gelişimi için Quintiere ve diğ. ark. [36] tarafından için için yangınların, kütle kaybı oranını hesaplamak için Eş. 2.1’de gösterilen şekilde bir ifade geliştirilmiştir.

$$\dot{m}_s = \begin{cases} 0.1t + 0.0185t^2, & 0 < t < 60 \\ 73, & 60 \leq t \leq 120 \end{cases} \quad (2.1)$$

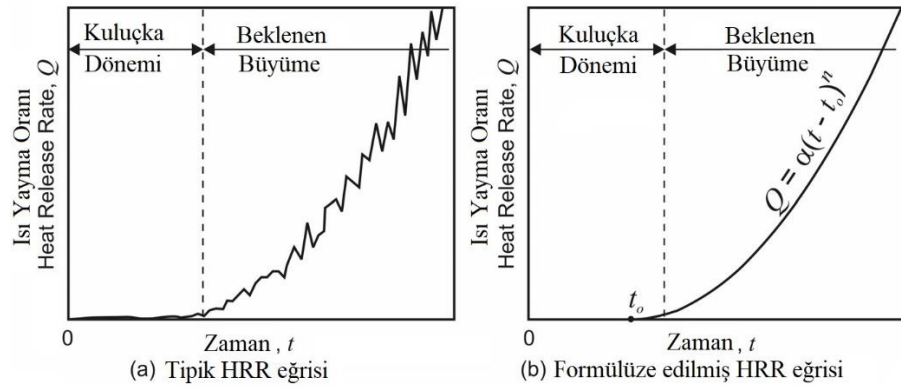
$\dot{m}_s$ = İçin için yanma için kütle kaybı (g/min)

t = zaman (min)

Alevli yangın için yangının başlangıçtaki açığa çıkan ısı oranı büyüme aşaması ve tamamen gelişmiş aşama olmak üzere iki ana aşama analiz edilerek belirlenmektedir.

Büyüme aşaması HRR

Büyüme aşamasında bir yangının eğrisi Şekil 2.5’de gösterildiği gibidir. Büyüme aşamasında ısı tahliye oranını tarif etmenin en yaygın yolu da t^2 -yangınıdır.



Şekil 2.5. Yangın büyüme eğrisi [16].

t^2 yangını yani açığa çıkan ısı oranı Eş. 2.2 tarafından verilmektedir:

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \quad (2.2)$$

$\dot{Q}$ = Isı yayma oranı (HRR) Btu/s (kW), (Heat Release Rate)

α = Yangın büyüme katsayısı, Btu/s³ (kW/s²), (fire growth coefficient)

t = Tutuşmadan sonraki zaman, s, (time from ignition)

Yangın büyüme faktörü Eş. 2.3 tarafından aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\alpha = \frac{\dot{Q}_0}{t_0^2} \quad (2.3)$$

α = Yangın büyüme katsayısı, Btu/s³ (kW/s²), (fire growth coefficient)

$\dot{Q}_0$ = Referans açığa çıkan ısı oranı (kW) (reference heat release rate)

t_0 = Yangın büyüme zamanı (s) (fire growth time)

Referans açığa çıkan ısı oranı $\dot{Q}_0$, genellikle 1055 kW (= 1000 Btu / s) olarak alınır ve t_0 , $\dot{Q}_0$ değerine ulaşma zamanıdır. Farklı büyüme oranları için α ve 1055 kW'a ulaşma zamanları [22] verilmiştir.

Çizelge 2.1 α ve farklı büyüme oranları için 1055 kW'a ulaşma zamanı

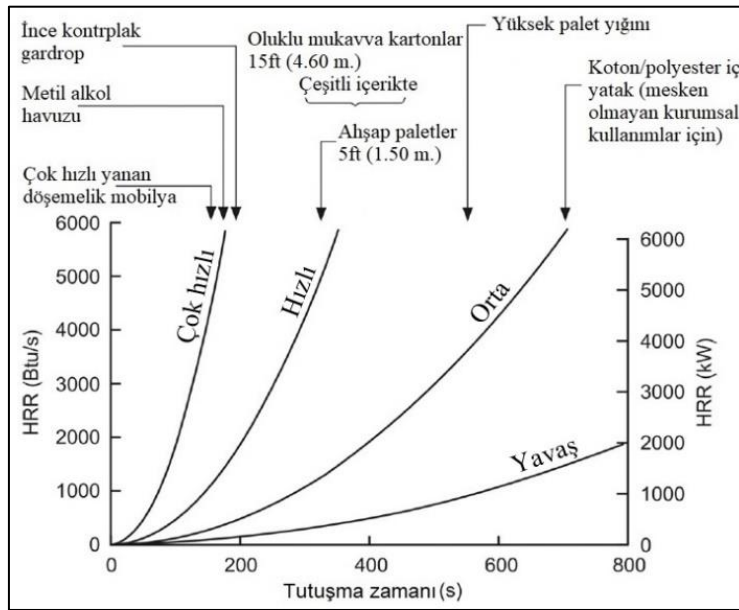
Büyüme oranı	Yangın büyüme faktörü, α (kW/s ²)	1055 kW ulaşma zamanı t (s)
Yavaş	0.003	600
Orta	0.012	300
Hızlı	0.047	150
Ultra hızlı	0.188	75

Tahmini kullanıma ve doluluk durumuna göre yangının büyümesi için öneriler çeşitli literatürlerde bulunabilir. Kullanım fonksiyonuna göre bazı bina örnekleri için farklı kaynaklarda belirtilen değerler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bununla birlikte, gerçek ürünler için yangın testlerine bakarak tasarım yangınının ilk yangın büyüme özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Bu kapsamda ilk başta, yangın büyümesinde hangi ürünün veya hangi tür ürünlerin dahil olacağının değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bir sonraki adımda, her bir ürünün yanma davranışını tanımlayabilecek yangın testleri bulmaktır. Yapılan testlerde kullanılan ürünlerin 1055 kW'lık açığa çıkan ısı oranına ulaşma zaman dilimi farklılık gösterdiğinden çeşitli kaynaklarda kullanım fonksiyonuna göre yangın büyüme oranlarında farklılıklar gösterebileceği 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı kaynaklardaki kullanım fonksiyonuna göre yangın büyüme oranı tablosu

Kullanım fonksiyonu	Büyüme oranları		
	[23]	[24]	[25]
Konutlar	Hızlı	Orta	Orta
Okullar, Ofisler	Orta	Hızlı	Hızlı
Oteller, Bakımevleri	Hızlı	---	Hızlı
Alışveriş merkezleri, Eğlence merkezleri	Hızlı	Hızlı	Çok hızlı

Test verileri küçük veya tam ölçekli olabilir ve söz konusu gerçek ürün, benzer ürünler veya ürünün bileşen malzemeleri için olabilir. Test verilerine bakarak, tek ürünlerde yangın büyüme özellikleri tahmin edilebilir. Şekil 2.6, t-kare yangının bazı test verileriyle ilişkisini göstermektedir (Nelson 1987). NFPA 72 (NFPA 2007),



Şekil 2.6. Yangın büyüklüklerinin test verileriyle ilişkisi [16].

Doğrudan alev teması nedeniyle ikinci bir maddenin tutuşma süresinin, alev temasının gerçekleştiği zaman olduğu ve radyan yangın için, flashover dan önce ikinci maddeye radyasyonun yalnızca ilk yanan maddenin üzerindeki alevden geldiği varsayılabilir. Açıkta kalan bir yangından yayılan ısı akımı iki farklı yöntemle tahmin edilebilir.

Yöntem 1

Açıktaki kalan bir yangından yayılan ısı akısı Eş. 2.4’de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$q''_{r,i} = \frac{\chi_r \dot{Q}}{4\pi R^2} \quad (2.4)$$

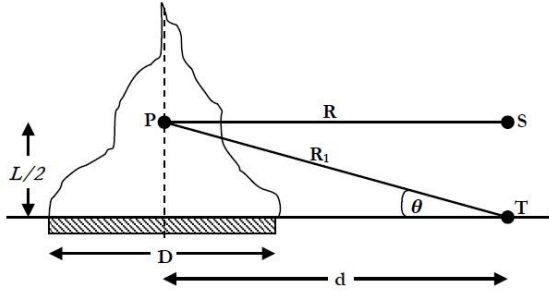
$q''_{r,i}$ = maruz kalan yüzeyde oluşan ısı akısı radyasyonu [kW/m^2]

χ_r = açığa çıkan yangının radyasyon oranı

$\dot{Q}$ = açığa çıkan yangının açığa çıkan ısı oranı [kW]

R = açığa çıkan yangının merkezine maruz kalan yüzeye olan radyal mesafe [m]

Burada, radyal ısı akısının, yakıt yüzeyinin yukarısında, alev yüksekliği L olan alev merkezi eksenindeki bir nokta kaynağından gerçekleştiği varsayılmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Radyal ısı akısı şematik gösterimi.

R , varsayılan nokta kaynağı ile eksen üzerindeki maruz kalan yüzeyin S arasındaki radyal mesafedir. Ancak, eğer maruz kalan yüzey görüş hattına (PT) açıda ise, maruz kalan yüzey (T) ve nokta kaynağı R_1 olacaktır; burada $(R_1)^2 = (L/2)^2 + d^2$ ve radyasyon akısı Eş. 2.5’de gösterilen şekilde daha sonra $\cos \theta$ [24] faktörüyle azaltılacaktır:

$$q''_{r,T} = \frac{\chi_r \dot{Q} \cos \theta}{4\pi (R_1)^2} \quad (2.5)$$

NFPA 92B [26], maruz kalan yakıtın pilotla yanması için gerekli olay radyasyonlu ısı akısını ayarlayarak, bitişik yanıcı maddelerin yangın büyüme aşamasında tasarım yangına dahil edilip edilmeyeceğini tahmin etmek için Eş. (2.6) kullanır:

$$R = \sqrt{\frac{\chi_r \dot{Q}}{4\pi q''_{r,i}}} \quad (2.6)$$

Yöntem 2

Radyasyon etkisinin ısı akışını tahmin etmek için alternatif diğer bir yöntem, alev L x D boyutlarıyla dikey bir dikdörtgen ile yaklaştırmaktır. Daha sonra uzak bir noktadaki T radyasyonlu ısı akımı Eş. 2.7 kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$q''_{r,T} = \frac{F_{FT} \cdot 0.5 \cdot \chi_r \dot{Q}}{L \cdot D} \quad (2.7)$$

$q''_{r,T}$ = maruz kalan yüzeyde ortaya çıkan ışınlımlı ısı akışı T [kW/m²]

F_{FT} = Alev ve maruz yüzey T arasındaki radyasyon bakış faktörü

χ_r = açığa çıkan yangının radyasyon oranı

$\dot{Q}$ = açığa çıkan yangının açığa çıkan ısı oranı [kW]

Sınırlar: Eşitlik (2.3) - (2.6), sıcak gaz katmanından veya açıkta kalan yakıtta yayılan sıcak yüzeylerden etkilenmeden serbest yanan koşullara dayanmaktadır. Denklemler sadece açığa çıkan yangının ışınlımına dayanır. Bu nedenle, konveksiyon veya iletimle ısı transferi nedeniyle açığa çıkan yakıtın ön ısıtması dikkate alınmaz. Ayrıca, ne maruz kalma süresi ne de bir yangın pilotunun bulunma olasılığı denklemde hesaba katılmaz. Öte yandan, radyasyon ısı akısının fazla tahmin edilmesine yol açan denklemlerde, yani yanma verimliliğinin yüzde 100 olduğu ve alevin homojen bir sıcaklığa sahip olduğu kabul edilen birçok varsayım yapılmıştır. Eğer açığa çıkan yakıtın radyasyon fraksiyonu bilinmiyorsa, Eşitlik (2.4) - (2.7), [26] 'da 0.3 değeri kullanılabilir. Maruz kalan yakıtın pilotla yangına dönüşmesi için gerekli olan olay radyan akısı bilinmiyorsa, Eşitlik (2.4) - (2.7)'de 10 kW/m² değeri kullanılabilir.

Bununla birlikte, Eşitlik (2.3)-(2.6), mahaldeki yakıt paketlerinin düzenlemeleri hakkında ayrıntılı bilgi gerektirir. Bununla birlikte, denklemler, açığa çıkan yangının bitişik maddeleri tutuşturmak için yeterli radyasyon akılarına neden olacağı mesafeye az da olsa rehberlik edebilir. Bitişik maddelerin bir dizi yangın denemesinden Babrauskas, ikinci bir madde için

yangın potansiyeli açısından çeşitli sonuçlar çıkarmıştır. Tutuşma kolaylığını tanımlamak için üç farklı tutuşma seviyesi kullanılmaktadır;

- . 10 kW / m² (özellikle kolayca tutuşabilir);
- . 20 kW / m² (normal yangın aralığı) ve
- . 40 kW / m² (tutuşması zor).

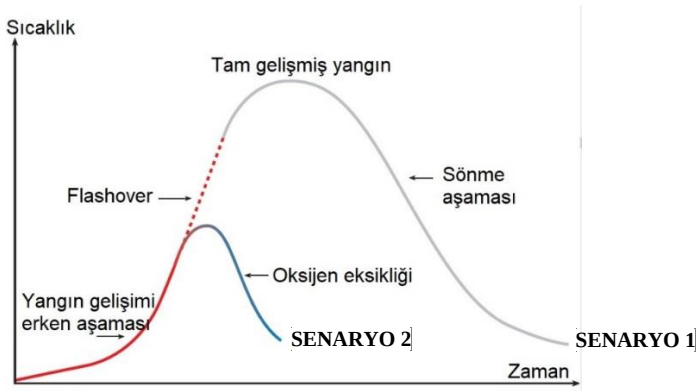
Yaygın olarak kullanılan mobilya ürünlerinin çoğu için, yangının en az 20 kW / m² ısınlama değerine ulaşması gerekir ve ürünler ilk yangın kaynağından en az 1 m uzağa yerleştirilirse genellikle yangın büyümesine dahil olmazlar. Bu sonuç yalnızca alevlenmeden önce geçerlidir. Başlangıç ögesinin çok kısa bir sürede alevlenmeye neden olacak kadar bir yangın büyümesi varsa, büyüme aşamasındaki diğer yakıt paketlerinin katkısının hesaplanması gereksiz olabilir. Bu aynı zamanda, çok kısa bir sürede alevlenmeye neden olmak için yeterli bir yakıt paketinin başlangıç maddesinden tutuşturulması durumunda da geçerli olabilir.

Flashover aşaması

Flashover, büyüme aşamasındaki yangından tamamen gelişmiş yangına hızlı bir değişimdir. Flashover, mühendislikte aşamalı olan çoğu süreç için bir istisnadır. gösterilmiştir. 1. Senaryo için Flashover'ın hızlı olması nedeniyle, böyle bir odaya girmek ölümcül bir hata olabilir. Tamamen gelişmiş bir yangında, odadaki yangını destekleyebilecek her şey yanıyor demektir.

Flashover öncelikle termal radyasyonla yayılan yangına bağlıdır. Bu radyasyon alevlerden, dumandan ve tavanın altındaki sıcak duman katmanından kaynaklanmaktadır. Yangının yanındaki ince tutuşması kolay malzemeler (gazeteler, örtüler vb.) ilk yangına giren maddelerdir ve bunu odadaki malzemelerin geri kalanının yanma yeteneğine sahip olması izlemektedir. Flashover'ın sonunda, alevler genellikle kapalı hacmin kapısından veya itfaiyenin müdahale için açtığı pencerelerden uzanır. Flashover genellikle duman katmanı 500 ° C ila 700 ° C (930 ° F ila 1300 ° F) aralığında olduğunda gerçekleşir. Peacock ve diğ. (1999), yangın odası zemininde 600 ° C (1100 ° F) duman tabakası sıcaklığına veya 20 kW / m² 'lik bir ısı akışına maruz kalma derecesi için kriterler önermektedir. Flashover'ın gerçekleşmesi için temel ön şart, odanın hacmine göre yeterli yakıtın olmasıdır. Yangının flashovera ilerlemesini odadaki açıklıklar hızlandıracaktır. Bu noktaya kadar yangın hala

erken yangın gelişim aşamasındadır. Odadaki hiçbir açıklık dikkate alınmamıştır ve yangının hala yakıt kontrollü olduğunu varsayılmaktadır. Bu nedenle yanmanın devam etmesini sağlamak için açıklıklardan gelen havaya serbest erişim durumuna geçildiğinde havalandırma kontrollü yangına geçilmektedir. Dolayısıyla Şekil 2.8, iki temel senaryoyu göstermektedir: (senaryo 1 ve senaryo 2.)



Şekil 2.8. Yangın gelişiminin iki farklı senaryosu [17].

1. çizgide yangın flashovera kadar ilerleyebilir. Bu durumda, itfaiye odası iyi bir hava kaynağına sahiptir, bu da teorik olarak odada açıklıklar olduğu anlamına gelir. 2. Çizgide odada oksijen eksikliği gelişirse, yangının yoğunluğu azalır ve sıcaklık düşer, bu da yangının kendiliğinden sönmesine veya için için yanmasına neden olabilir.

Flashover'ın tanımlanması:

Flashover, en azından son 40 yıldır konsept olarak kullanılmıştır. Net bir tanımı olmayan bu kavram için son birkaç yıl içinde bir takım farklı yorumlar ortaya çıkmıştır. “Çevirme”, “yalın gaz yanması”, “yayılma” ve “alevlenme” gibi terimler, ikame edilmiş ve / veya tamamlayıcı kavramlar olarak, ancak üzerinde anlaşılan bir yapı olmadan tanımlanmıştır. Flashover kavramının birçok tanımı aynıdır. En yaygın olanlardan bazıları, uluslararası standardizasyon kuruluşu ISO ve İngiltere’de bir araştırma enstitüsü olan Fire Research Institute tarafından verilmektedir.

Flashover için ISO tanımı aşağıdaki gibidir: Bir muhafaza içindeki yanıcı malzemelerden oluşan bir yangında toplam yüzey tutulumuna hızlı geçiş.

Bununla birlikte, bu tanım daha ayrıntılı olarak genişletilebilir. Bir bölme yangını sırasında, yangın, sıcak gazlardan ve sıcak kapalı hacim yüzeylerinden gelen termal radyasyonun odadaki tüm yanıcı yüzeylerin pirolize olmasına neden olduğu bir aşamaya ulaşabilmektedir. Büyüyen bir yangının tamamen gelişmiş bir yangına bu ani ve sürekli geçişi flashover olarak tanımlanabilmektedir. Bu tanım, örneğin İngiltere'de kullanılan ile aynıdır. Bu tanım, bir flashoverın bir mekanizma olarak sınıflandırılmadığını, ancak birkaç bireysel mekanizmaya bağlı olan ve ilk yangının tamamen gelişmiş bir yangına dönüşmesine katkıda bulunan bir geçiş dönemi olarak sınıflandırıldığını belirtir. “Flashover” terimi, İngiltere, ABD, İspanya, Japonya, Yeni Zelanda ve Avustralya gibi birçok ülkede kullanılmaktadır.

Bir flashover her zaman tamamen gelişmiş bir yangına neden olur. Şekil 2.9'deki A noktası, alevlerin bir odadaki tavana ulaştığı aşamayı gösterebilir. B noktasından sonra tamamen gelişmiş bir yangına ulaşılır. A ve B arasındaki süre, bazı durumlarda, sadece birkaç saniye olsa bile, daha da kısa olabilir. Bir flashover, odanın tüm kapasitesinin alevler tarafından tüketilmesine kadar yangının lokalize olması için geçen süre olarak tanımlanabilir. Bu sürenin uzunluğunu etkileyen faktörlerden biri odanın geometrisidir.



Şekil 2.9. Yangının Flashover aşamasına geçiş süresini etkileyen faktörler [17].

Bu açıklamaya göre yangının başlangıçta yakıt kontrollü olduğu, odadaki herhangi bir açıklıkla flashover olduğu, dolayısıyla yangının havalandırma kontrollü hale geldiği anlamına gelmektedir. Bu, odanın içinde oluşan tüm piroliz ürünlerinin oksijen eksikliğinden dolayı yerinde yanamamasıyla açıklanabilir. Yanmamış gazlar daha sonra, alevlerin görünümünden belirgin olan odanın dışında yanacaktır. Bir flashoverın normal büyüklükte bir odada ($3.6 \times 2.4 \times 2.4$) m³’lük bir kapı (0.8×2) m² ile meydana gelmesi için

gerekli olan HRR 500-1000 kW arasındadır. Bu, 1000 ila 2000 kW arasında HRR'lık kanepenin ısısıyla karşılaştırılabilir. Şekil 2.10, flashovera ulaşılana kadar oluşan süreçlerin resimlerini göstermektedir.



Şekil 2.10. Yangının flashover'a ilerleme süreci [17]

Flashover ile sonuçlanan koşullar için hem İsveç'te hem de diğer ülkelerde yapılan tam ölçekli deneylerin çok sayıda olması, bir alevlenmenin gerçekleşebilmesi için yangının, HRR(kW) miktar olarak ölçülen kritik seviyeyi aşması gerektiğini göstermiştir. Bu seviye esas olarak odanın büyüklüğüne, duvarların termal özelliklerine ve havalandırma alanlarına bağlıdır. Belirli bir miktarda yakıt / yüzey de gereklidir.

Flashover bir zaman periyodu olduğundan, gerçekleştiği zamanı tam olarak belirtmek zordur. Kullanılan kriterler temel olarak duman gazı katmanındaki sıcaklık ve zemine yayılan radyasyondur. Çeşitli deneylerden elde edilen sonuçlar, sonucun büyük ölçüde değişebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla bu durumu 5-10 saniyelik bir fark aralığında tahmin edebilmeyi başarmak bile yeterli olmaktadır. Bu tür bir zaman farkı, odadaki sıcaklığın belki 100 ° C kadar değişebileceği anlamına gelir. Bir alevlenme sırasında sıcaklığın yükselme oranı çok hızlıdır.

Sıcaklık açısından, bir alevlenme meydana geldiğinde ölçülen değerler 450 ila 771 ° C arasında değişse de, çoğu değerler 600 ila 700 ° C arasındadır. Radyasyon değerleri 15 kW / m² ile 33 kW / m² arasında değişmektedir. Ancak çoğu değer 20 kW / m²'nin üzerindedir. Bu değerlerdeki farklılığın nedeni, deneylerin farklı yakıtlar ve düzenlemeler kullanılarak

gerçekleştirilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak, duman gazı katmanında sıcaklık 600 ° C'nin üzerindeyken, bir flashover oluştuğu kanaatinde birleşmiştir. Benzer şekilde, 20 kW / m² üzerindeki bir radyasyon seviyesinin, kapalı bir hacimde flashovera neden olmak için yeterli olduğu düşünülmektedir.

Deneysel gözlemler, zemin seviyesindeki radyasyonun kabaca 20 kW / m²'ye ulaşması gerektiğini ve bir flashoverın oluşabilmesi için tavanın altındaki sıcaklığın yaklaşık 600 ° C (2.5-3.0 m yüksekliğindeki tavanlar için) olması gerektiğini göstermiştir. Bu aşamada odadaki radyasyon seviyeleri çarpıcı şekilde artar, bu da yakıt yüzeyi arttıkça pirolizin artmasına neden olur. Bu deneylerin çoğu, farklı boyutlarda açıklıklar bulunan odalarda yapılmıştır.

Özetle Flashover, lokalize yangından yanıcı malzemenin bir muhafaza içine dahil edilmesine hızlı bir geçiş olarak tanımlandığından, flashover sonrası açığa çıkan ısı oranında anında en yüksek seviyeye yükseldiğini varsaymak yaygındır. Flashoverın ardından, yangın ya yakıt ya da mevcut havalandırma tarafından belirlenen sabit bir ısı oranına sahip, tam gelişmiş yangın olarak tanımlanır. Flashoverın meydana gelmesi için gerekli olan açığa çıkan ısı oranını tahmin etmek için Alternatif 1 ve 2 olarak adlandırılan iki farklı korelasyon kullanılabilir:

Alternatif 1

Kaplamaların termal özellikleri dikkate alınacaksa, Eş.(2.8) kullanılabilir (McCaffrey ve ark):

$$\dot{Q}_{f0} = 610 (h_k A_T A_0 \sqrt{H_0})^{1/2} \quad (2.8)$$

$\dot{Q}_{f0}$ = Flashover daki açığa çıkan ısı oranı (heat release rate at flashover [kW])

h_k = Etkili ısı transfer katsayısı (effective heat transfer coefficient [kW/m²K])

A_T = Havalandırma açıklıkları hariç, ısı transferi için etkili yüzey alanı (yani duvar, zemin ve tavan alanı) effective surface area for heat transfer (i.e. area of walls, floor and ceiling), excluding the ventilation openings [m²]

A_0 = havalandırma açıklıkları alanı (area of ventilation openings [m²])

H_0 = havalandırma açıklıkları yüksekliği (height of ventilation openings [m])

Eş. (2.9)'da, flashoverın, 500°C'lik tek tip bir üst tabaka sıcaklık yükselişinde gerçekleştiği varsayılmaktadır. Eş.(2.9)'daki etkin ısı transfer katsayısı Eş. (2.9) ve (2.10) ile yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$t < t_p \text{ için } h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}} \quad (2.9)$$

$$t \geq t_p \text{ için } h_k = \frac{k}{\delta} \quad (2.10)$$

t = zaman time [s]

t_p = termal penetrasyon süresi (thermal penetration time) [s]

k = muhafaza sınırlarının ısı iletkenliği (thermal conductivity of the enclosure boundaries) [kW/mK]

ρ = muhafaza sınırlarının yoğunluğu (density of the enclosure boundaries) [kg/m³]

c = muhafaza sınırlarının belirli ısı kapasitesi (specific heat capacity of the enclosure boundaries) [kJ/kgK]

δ = muhafaza sınırlarının kalınlığı (thickness of the enclosure boundaries) [m]

Termal penetrasyon süresi, t_p , iletimin, sabit ısı iletimi için yaklaşabileceği zamandır. Bu süre Eş. (2.11) ile hesaplanabilir:

$$t_p = \frac{\delta^2}{4\alpha_d} \quad (2.11)$$

α_d = termal yayılma (thermal diffusivity) [m²/s]

α_d Eş. (2.12) ile hesaplanır.

$$\alpha_d = \frac{k}{\rho c} \quad (2.12)$$

Normal bölümlerin çoğu için, termal nüfuz etme süresi, alev almanın meydana gelme ihtimalinden daha uzun olacaktır. İtfaiyenin yaptığı müdahaleler de muhtemelen termal nüfuz süresinden daha erken bir zamanda gerçekleşecektir.

Alternatif 2

Thomas, flashoverın 600 ° C'lik tek tip bir üst tabaka sıcaklık yükselişinde gerçekleştiği varsayımına dayanarak, alevlenmeye neden olmak için gereken açığa çıkan ısı oranını hesaplamak amaçlı Eş. (2.13) de belirtilen şekilde denklem geliştirmiştir:

$$\dot{Q}_{f0} = 7.8A_t 378A_0 \sqrt{H_0} \quad (2.13)$$

$\dot{Q}_{f0}$ = Flashover daki açığa çıkan ısı oranı (heat release rate at flashover [kW])

A_T = Havalandırma açıklıkları hariç, ısı transferi için etkili yüzey alanı (yani duvar, zemin ve tavan alanı) effective surface area for heat transfer (i.e. area of walls, floor and ceiling), excluding the ventilation openings [m²]

A_0 = havalandırma açıklıkları alanı (area of ventilation openings [m²])

H_0 = havalandırma açıklıkları yüksekliği (height of ventilation openings [m])

Sınırlar: Eş. (2.7) ve (2.12) sadece dikey havalandırma açıklığında iki boyutlu bir akış olduğunda geçerlidir, yani denklemler duman doldurma aşaması için geçerli değildir. Havalandırma kontrollü yangınlar için denklemler geçerli değildir. Bu nedenle dikkat edilmesi gerekmektedir. 1) muhafaza birden fazla açıklığa sahipse; 2) muhafaza çok iyi yalıtıldığında veya $h_k \rightarrow 0$ olduğunda diğer durumlarda; 3) yangın büyümesi oldukça hızlı olduğunda; 4) köşelerde veya duvarlara yakın yangınlar için ve 5) karmaşık oda geometrileri için. Eş. (2.10) 'deki korelasyonu elde etmek için yapılan deneylerde 0,14 m² ile 12 m² arasında değişen bir alanda 0,3 m ile 2,7 m arasındadır. Açıklıklar ise 0,03 m² ile 1,9 m² arasındadır. Eş. (2.10) sadece benzer geometriye ve açıklığa sahip muhafazalar için kullanılmalıdır.

Bir alevlenme meydana gelme ihtimalini tahmin ederken, alevlenme için gereken ısı tahliye oranı, tam gelişmiş yangın için hesaplanan en yüksek açığa çıkan ısı oranı ile

karşılaştırılmalıdır. Eğer $Q_{fo} < Q_{peak}$ ise, flashover kesinlikle olacaktır. Yangın Q_{fo} 'a ulaştığında, açığa çıkan ısı oranı anında en yüksek değerine yükselecektir.

Tam gelişmiş yangın - en yüksek HRR

Yangın büyümesi tespit edildiğinde, bir sonraki aşama tam gelişmiş yangının özelliklerini belirlemektir. Bunu yapmak için, en yüksek açığa çıkan ısı oranının (Q_{peak}) değerlendirilmesi gerekir. En yüksek açığa çıkan ısı oranı, mevcut havalandırma veya mevcut yanıcı yüzeyler (yani havalandırma kontrollü veya yakıt kontrollü) ile sınırlandırılabilir. Bu nedenle, hem havalandırma kontrollü hem de yakıt kontrollü yangınlar için en yüksek ısı bırakma oranları hesaplanmalıdır. Ancak, havalandırma kontrollü yangınlar için bitişik odada aşırı gaz halindeki yakıtın üretilebileceğini ve yanabileceğini bilmek önemlidir. Bitişik odalarda önemli yanma beklenebilecek yangın bölümleri için (örneğin, büyük bir bitişik odaya açılan küçük bir odada yangın), en yüksek açığa çıkan ısı oranı mevcut yakıt miktarına ve türüne, yani yakıt kontrolüne göre yapılmalıdır. Tek bir odadaki veya bitişik odalara açılmayan bir odadaki yangın senaryoları için, en yüksek açığa çıkan ısı oranı (Q_{peak}), havalandırma kontrollü ve yakıt kontrollü yangınlar için açığa çıkan ısı oranının hesaplanarak bu değerlerden düşük olanın seçilmesi ile belirlenir. Bitişik odadaki önemli yangınların beklenebileceği yangın senaryoları için, en yüksek ısı tahliye oranı, yakıt kontrollü ısı tahliye oranına dayanmalıdır.

Tek açıklıklı odada tamamen gelişmiş bir yangın için, yangın odasındaki HRR Eş. 2.14 ile ifade edilebilir.

$$Q = 61.2A_w H_w^{1/2}$$

$$Q = 1260A_w H_w^{1/2} \text{ metrik sistem için} \quad (2.14)$$

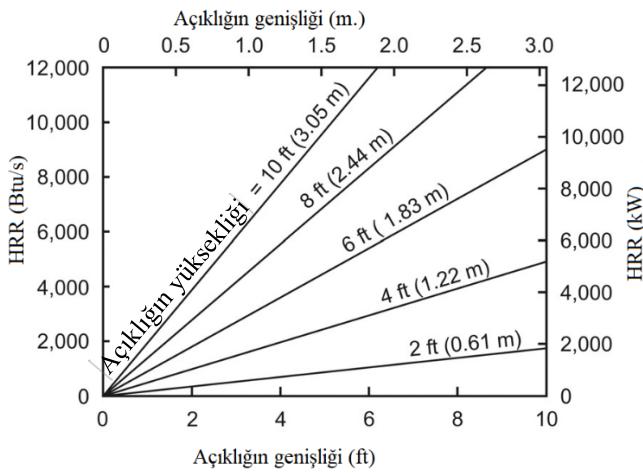
Q = Tam gelişmiş yangının ısı yayma oranı (HRR) Btu/s (kW), (Heat Release Rate)

A_w = Havalandırma açıklığının alanı, ft², (m²)

H_w = Havalandırma açıklığının yüksekliği, ft, (m)

Yangın odasındaki açıklık dışarıya açılan kapı veya pencere ile binadaki başka bir boşluk olabilir. Aynı üst ve alt kotlara sahip birden fazla açıklığı olan bir oda için, Eş. 2.16, tüm açıklıkların alanlarının toplamına A_w ayarlanarak kullanılabilir.

Örneğin 3,5 m (1,07 m) genişliğinde ve 7 ft (2,13 m) yüksekliğinde bir açık kapı bulunan bir odada tamamen gelişmiş bir yangının HRR değeri $Q = 61.2A_wH_w^{1/2} = 61.2(3,5 \times 7)(7)^{1/2} = 3970 \text{ Btu/s}$ (4190 kW) olarak hesap edilir. çeşitli boyutlardaki açıklıklar için HRR'yi göstermektedir [16].



Şekil 2.11. Tek açıklıklı bir odadaki tam gelişmiş yangının HRR değerleri [16].

Yakıt kontrollü yangın -en yüksek HRR hesaplama,

Tasarım yangınına dahil edilecek ürünler için tam ölçekli testlerde pik açığa çıkan ısı oranları ölçülmüşse, yakıt kontrollü yangın için pik açığa çıkan ısı oranının hesaplanması kolaydır. Her bir ürün için en yüksek açığa çıkan ısı oranlarına bakılarak ve tüm yakıtların aynı anda en üst açığa çıkan ısı oranına ulaştığı varsayılması koşuluyla toplam pik bir açığa çıkan ısı oranına eklenerek elde edilebilir. Yakıtın bir kısmı sönmeye başladıysa, bu dikkate alınmalıdır. Yangın testi sırasındaki koşullar, tasarım yangın senaryosundaki koşullara benzer olmalıdır. Yakıt kontrollü yangın için en yüksek açığa çıkan ısı oranı, söz konusu ürün için birim alan başına açığa çıkan ısı tahliye oranı, HRRPUA (Heat Release Rate Per Unit Area) değerlerine bakarak ve yangının maksimum alanını tahmin ederek de yapılabilir. En yüksek açığa çıkan ısı oranı Eş. (2.15)'de verildiği gibidir.

$$\dot{Q} = \dot{Q}'' A_f \quad (2.15)$$

$\dot{Q}$ = Toplam açığa çıkan ısı oranı (total heat release rate [kW])

$\dot{Q}''$ = Birim alandaki açığa çıkan ısı oranı (heat release rate per unit area [kW/m²])

A_f = Yakıtın yatay yanma alanı (horizontal burning area of the fuel [m²])

Bazen birim alandaki kütle kaybı oranı tamamen tutuşabilen yanıcı maddeler için verilir, daha sonra açığa çıkan ısı oranı Eş. (2.16)'deki şekilde hesaplanabilir:

$$\dot{Q} = \dot{m}'' A_f \Delta H_{eff} \quad (2.16)$$

$\dot{Q}$ = Toplam ısı yayma oranı (total heat release rate [kW])

$\dot{m}''$ = birim alandaki kütle kaybı oranı (mass loss rate per unit area [kW/m²])

A_f = Yakıtın yatay yanma alanı (horizontal burning area of the fuel [m²])

ΔH_{eff} = Etkili yanma ısısı (effective heat of combustion [kJ/kg])

Sınırlar: Birim alan başına açığa çıkan ısı oranı ve birim alandaki kütle kayıp oranı değerleri, çevreden radyasyon geri bildirimi ihmal edilebilir olduğu varsayılarak tamamen tutuşan yanma için verilir. Bu nedenle, Eş. (2.15) ve Eş. (2.16) kullanılırken, olası bir sıcak gaz katmanından etkilerin göz önüne alınması gerekir.

Etkili yanma ısısı aşağıdaki verilen Eş. (2.17) ile ifade edilir.

$$\Delta H_{eff} = \chi \Delta H_c \quad (2.17)$$

χ = yanma verimi

ΔH_c = tam yanma ısısı (complete heat of combustion [kJ/kg])

Neredeyse görünür bir alevle yanan yakıtlar için yanma verimliliği, örneğin metanol ve etanol gibi alkoller, yüzde 100'e yakın yanma verimine sahiptir. Kurumlu alevleri olan yakıtlar için yanma verimi, tipik olarak yüzde 60-70 civarında, daha düşüktür.

İlgili ürünün yangın özellikleriyle ilgili bilgi olmadığında, doluluk durumuna bağlı olarak yakıt kontrollü yangın için bazı yüksek ısı tahliye oranı tahminleri Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'teki değerler kullanılarak yapılabilir. 'de kullanım amacına göre en yüksek açığa çıkan ısı oranına ait örnekler verilmiştir. 5 MW'lık en yüksek açığa çıkan ısı oranının ofis, daire ve sağlık birimlerindeki küçük odalar için olduğu düşünülmektedir [2]. 10 MW'lık en yüksek açığa çıkan ısı oranı alışveriş merkezleri için verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kullanım amacına göre en yüksek açığa çıkan ısı oranı değeri tablosu

Kullanım amacı	En yüksek HRR (kW)
Ofis ve okullar	5000
Konut, otel, sağlık bakım üniteleri	5000
Kamusal toplantı salonları, mağazalar	10000

Doluluk durumuna göre yakıt kontrollü yangınlar için birim alan başına önerilen açığa çıkan ısı oranının örnekleri Çizelge 2.4'de verilmiştir. HRRPUA, yangının maksimum alanını tahmin etmek için verilir.

Çizelge 2.4. Yakıt kontrollü yangınlar için birim alan başına düşen açığa çıkan ısı oranı değeri tablosu

Kullanım amacı	HRRPUA, Q'' [kW/m ²]
Konut	250
Hastane (oda)	250
Otel (oda)	250
Kütüphane	500
Ofis	250
Okul sınıfı	250
Alışveriş merkezi	250
Tiyatro (sinema)	500
Ulaştırma (kamusal alanları)	250

Havalandırma kontrollü yangın en yüksek HRR hesaplama

Tamamen gelişmiş yangın havalandırma kontrollüdür. Havalandırma kontrollü yangın için en yüksek açığa çıkan ısı oranını, öncelikle Eş. (2.18)'den kapalı hacim içine hava akışını hesaplayarak tahmin edilebilir:

$$\dot{m}_a = 0.5A_0\sqrt{H_0} \quad (2.18)$$

$\dot{m}_a$ = havanın kütle akış hızı (mass flow rate of air [kg/s])

A_0 = havalandırma açıklıkları alanı (area of ventilation openings [m²])

H_0 = havalandırma açıklıklarının yüksekliği (height of ventilation openings [m])

Sınırlar: Eş. (2.18), gaz sıcaklığının ortam sıcaklığının en az iki katı olduğu (Kelvin cinsinden ölçülen) ve gaz sıcaklığının tüm hacim boyunca eşit bir şekilde dağıldığı yangınların hava kütle akış hızını tahmin eder. Bu genellikle flashover sonrası yangınlar için geçerlidir; bu nedenle Denklem (2.18) flashover sonrası yangınlar için hava kütle akış hızlarını hesaplamak için kullanılabilir.

Yanma için kullanılan her bir kilogram oksijenin yaklaşık 13.1 MJ ürettiği ve yüzde 23 hava kütle oranının oksijen olduğu varsayılarak, tam yanma için maksimum açığa çıkan ısı oranı Eş. (2.19) tarafından verilmektedir:

$$\dot{Q}_v \approx 1500A_0\sqrt{H_0} \quad (2.19)$$

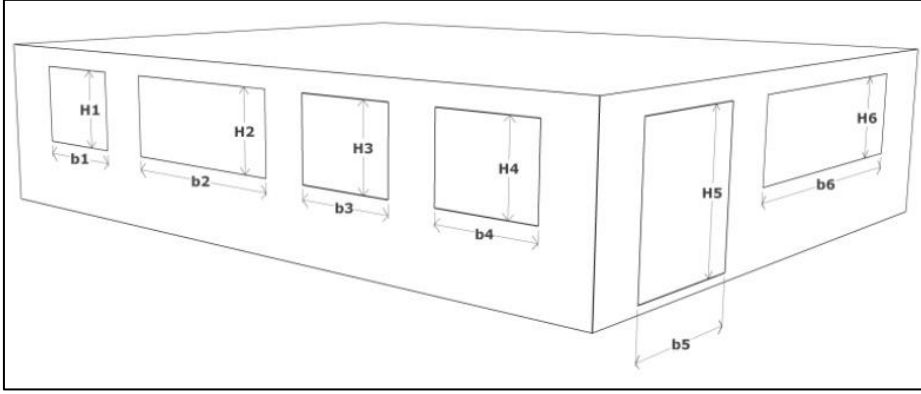
$\dot{Q}_v$ = havalandırma kontrollü yangın için maksimum açığa çıkan ısı oranı (maximum heat release rate for the ventilation-controlled fire [kW])

Sınırlar: Eş. (2.19) muhafazaya giren tüm oksijenin tamamen yandığını varsaymaktadır. Gerçek yangınlarda, mevcut tüm oksijenin tamamen yanması olası değildir.

Birden fazla açıklığa sahip muhafazalar için A_0 ve H_0 ağırlıklı değerleri Eş. (2.20) - (2.21) ile belirlenebilir:

$$A_0 = A_1 + A_2 + \dots + A_6 = b_1H_1 + b_2H_2 + \dots + b_6H_6 \quad (2.20)$$

$$H_0 = \frac{A_1H_1 + A_2H_2 + \dots + A_6H_6}{A_0} \quad (2.21)$$



Şekil 2.12. Birden fazla açıklıklı muhafazalar için A_o ve H_o ağırlıklı değerlerin gösterimi

Ayrıca, büyük mahaller veya çok küçük açıklıklar bulunan mahaller için de dikkat edilmesi gerekir, çünkü başlangıçtaki mahal içindeki mevcut oksijen, Eş. (2.19) ile belirtilenden daha yüksek açığa çıkan ısı oranına izin verebilir. Oksijen seviyesi 10 kütle hava yüzdesine düşene ve her bir kilogram oksijen 13.1 MJ üretene kadar yanmanın mümkün olduğunu varsayarak, bir ortamda oksijenin yanmasından kaynaklanan bir yangında salınan enerji Eş. (2.22) göre hesaplanabilir:

$$E = 13100 \cdot V \cdot (0.23 - 0.10) \cdot \rho_{air} \quad (2.22)$$

E = yangında açığa çıkan serbest enerji (energy released in fire [kJ])

V = muhafaza hacmi (volume of enclosure [m³])

ρ_{air} = hava yoğunluğu, 1.2 (density of air, 1.2 kg/m³ [kg/m³])

Serbest kalan enerji daha sonra Eş. (2.23)'e göre muhafaza içinde mümkün olan açığa çıkan ısı oranını tahmin etmek için kullanılabilir:

$$E = \int_0^t \dot{Q}(t) dt \quad (2.23)$$

$\dot{Q}$ = Isı yayma oranı (heat release rate [kW])

t = Yanma zamanı (time of burning [s])

Ahşabın yakıt olarak kullanıldığı havalandırma kontrollü kütle kaybı oranı Eş.(2.24)'ya göre hesaplanabilir.

$$\dot{m}_{f,wood} = 0.02 \sqrt{A_T (w_c/d_c) A_0 H_0^{1/2}} \quad (2.24)$$

$\dot{m}_{f,wood}$ = yanan odun kütle kaybı oranı (mass loss rate of burning wood [kg/s])

A_T = Havalandırma açıklıkları hariç, ısı transferi için etkili yüzey alanı (yani duvar, taban ve tavan alanı) [m²]

w_c = havalandırma açıklıkları içeren duvarın genişliği (width of wall containing ventilation openings [m])

d_c = muhafazanın ön-arka mesafesi (distance front-to-back of enclosure [m])

Bu nedenle, bir ahşap yakıt için açığa çıkan ısı oranı Eş. (2.25)'ye göre hesaplanabilir:

$$\dot{Q}_{v,wood} = \dot{m}_{f,wood} \Delta H_{eff,wood} \quad (2.25)$$

$\dot{Q}_{v,wood}$ = havalandırma kontrollü odun yangını için maksimum ısı tahliye oranı (maximum heat release rate for the ventilation-controlled wooden fire [kW])

$\dot{m}_{f,wood}$ = yanan odun kütle kaybı oranı (mass loss rate of burning wood [kg/s])

$\Delta H_{eff,wood}$ = ahşap için etkin yanma ısısı (effective heat of combustion for wood [kJ/kg])

Sınırlar: Eş. (2.24), küçük beşik yükleri ve geleneksel muhafaza şekilleriyle ahşap yatağı deneylerine dayanan deneysel bir korelasyondur. Modeli, yüksekliğe göre geniş genişlik ve derinliklere sahip muhafazalar için kullanırken dikkat etmek gerekir. Model, esas olarak plastik ve / veya sıvı yakıtlardan oluşan yangınlar için geçerli değildir.

Havalandırma

Mevcut havalandırma, ısı salım hızı ve yanma ürünlerinin verimi gibi parametreler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yanan yangının, itfaiye bölgesindeki başlangıç koşullarını değiştirmesi muhtemel ise, bu dikkate alınmalıdır. Yangın büyümesi sırasında, havalandırma koşullarındaki en önemli değişiklik muhtemelen duman kontrol sisteminin aktivasyonundan kaynaklanır. Duman yönetim sistemlerinin asıl amacı, ısıyı ve dumanı yangın bölmesinden çıkarmaktır. Bu, doğal havalandırma; bölge basınçlandırma; çıkarma; seyreltme ve çevreleme gibi farklı duman yönetimi teknikleriyle yapılabilir.

Yakıt kontrollü yangın için, bir duman yönetim sisteminin etkinleştirilmesi, yakıtın yanma davranışı üzerinde küçük bir etkiye sahip olacaktır. Yanan maddelere yayılan sıcak bir gaz tabakası varsa, sıcak gazları çıkaran bir duman yönetim sisteminin aktivasyonu yakıtın yanma oranını bir miktar azaltabilir. Yanan maddenin serbest yanma koşulları sonra varsayılmalıdır.

Havalandırma kontrollü yangın için, duman yönetim sisteminin devreye girmesi, yanma davranışı üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olacaktır, çünkü kapalı hacimdeki hava kütlesi debisi değişecektir. Bu nedenle Eş.ler (2.20) - (2.27) bu şartlar altında doğrudan kullanılamazlar. Havalandırma, kapıların açılması veya kapanması nedeniyle de değiştirilebilir. Örneğin yangın sırasında tahliye edilen insanlar nedeniyle kapılar açılabilir. Öte yandan, yukarıda belirtildiği gibi duman yönetim sistemlerinin aktivasyonu nedeniyle yangın sırasında kapılar kapatılabilir.

2.2. Cephe Yangınları

19. yüzyılda Sanayi Devriminin dünyayı değiştirmesiyle birlikte yeni malzemeler ve üretim yöntemleri gelişmiş, demir ve cam mimaride fazlasıyla kullanılmaya başlamıştır. 19. yüzyılın ortalarında, iskelet sisteminin keşfiyle, dış duvarlara metal/betonarme çerçevelerde büyük pencereleri eşzamanlı olarak açmayı mümkün kılmış, cepheleri taşıyıcı olmaktan çıkararak başka sorumluluklar yüklemeye başlamıştır. Bina teknolojisinin (çelik iskelet konstrüksiyonu/betonarme/hvac sistemler/asansörler vb.) gelişmesiyle, ilk yüksek bina inşa edilmiş, bu tarihten sonra hızla gelişen yapım teknolojisi ile akla gelebilecek tüm geometrik formlar tasarımcılara geniş bir yelpaze sunmaya başlamıştır. Ancak bu binalardaki iç ortam koşullarını iyileştirme çabaları mekanik sistemlere olan yönelimi arttırmış, 70'li yıllarda yaşanan petrol krizi ile enerji verimliliği konusu gündeme gelmiştir. Bu doğrultuda hem yüksek katlı, farklı geometrik formlu hem de enerji verimli binaların inşa süreci başlamıştır.

Yirminci yüzyılın sonlarına doğru teknolojik gelişim yapı endüstrisindeki en popüler ifadelerden ikisi olan IT (information technology)-Bilgi Teknolojisi ve IB (Intelligent Buildings)-Akıllı Binalar kavramlarını gündeme getirmiştir [26]. Ancak gelişen teknolojinin olanakları ve değişen beklentiler ile tasarlanan ve inşa edilen yeni cephe sistemleri pek çok performans ölçütlerine yeterli cevabı veriyor olmasına rağmen yangın güvenliği açısından

zayıf kalmıştır. Yaşanan pek çok yangın olayı yeni cephe sistemlerinin yangın performansının yeterli olmadığını ortaya koymuştur (Çizelge 2.5).

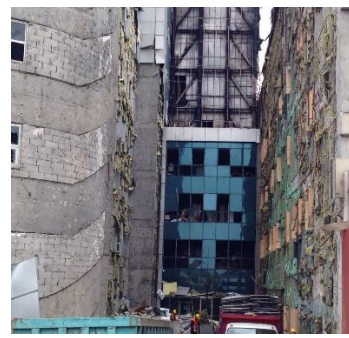
Çizelge 2.5. Yaşanmış cephe yangınları

OLAY 1: Miskolc Apartmanı Binası Yangını [27]		
Tarih	15.08. 2009	
Yer	Macaristan	
Bina Tipi	Apartman	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	11 Katlı	
Cephe Özellikleri	EIFS polistren mantolamalı cephe kaplaması	
Sonuç	Ölü : - Yaralı : -	
Açıklama	11 katlı (EIFS) polistren mantolama yapılmış apartmanın. 6. katındaki mutfakta çıkan yangının yanıcı yalıtım malzemesine sirayet etmesi sonucunda cephe yüzeyince yayılmıştır.	
OLAY 2: Mermoz Tower Binası Yangını [27]		
Tarih	14.05.2010	
Yer	Fransa	
Bina Tipi	Apartman	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	18 Katlı	
Cephe Özellikleri	Alüminyum kompozit panel giydirme cephe kaplaması	
Sonuç	Ölü : ? Yaralı : ?	
Açıklama	18 Katlı Alüminyum kompozit panel giydirme cephe kaplı binanın 2. Katındaki balkonunda başlayan yangın hem binanın U şeklindeki geometrik yapısı nedeniyle baca etkisi yaratması hem de yanıcı dış cephe kaplama malzemesi nedeniyle tüm cephe boyunca yayılmıştır.	
OLAY 3: Tamweel Tower Binası Yangını [27]		
Tarih	18.11.2012	
Yer	BAE-Dubai	
Bina Tipi	Karma kullanımlı	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	18 Katlı	
Cephe Özellikleri	Alüminyum kompozit panel giydirme cephe kaplaması	
Sonuç	Ölü : ? Yaralı : ?	

Çizelge 2.5. (devamı) Yaşanmış cephe yangınları

Açıklama	34 Katlı ara boşluklu metal kompozit panel giydirme cepheli karma kullanımlı binanın çatısındaki klima ünitesindeki arıza nedeniyle başlayan yangından düşen alev damlaları ile cephe boyunca yayılmıştır.	
OLAY 4: TVVC Tower Binası Yangını [28]		
Tarih	09.02.2009	
Yer	Çin	
BinaTipi	TVCC Kulesi	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	32 Katlı	
Cephe Özellikleri	Titanyum-çinko malzeme ile kaplı cephe kaplaması	
Sonuç	Ölü: 1 Yaralı: 7	
Açıklama	Titanyum-çinko malzeme ile kaplı cephe tasarımlı yapının çatısına havai fişek düşmesi ile başlayan yangın malzeme bina boşluğu arasında ve alev damlalarından dolayı cephe boyunca yayılmıştır.	
OLAY 5: Şangay Rezidans Binası Yangını [27]		
Tarih	15.11.2010	
Yer	Şangay	
Bina Tipi	Apartman	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	28 Katlı	
Cephe Özellikleri	XPS cephe kaplaması	
Sonuç	Ölü: 58 Yaralı: 71	
Açıklama	Yangın XPS mantolama tadilatı sırasında başlamış, cephenin u formunun baca etkisi yaratması sonucunda cephe boyunca yayılmıştır.	
OLAY 6: Windsor Tower Binası Yangını [29]		
Tarih	12.02.2005	
Yer	Madrid (İspanya)	
BinaTipi	Ticaret Merkezi/Ofis	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	32 Katlı	
Cephe Özellikleri	Alüminyum çerçeveli cam giydirme cephe	
Sonuç	Ölü : - Yaralı: 7 (İtfaiye Eri)	

Çizelge 2.5. (devamı) Yaşanmış cephe yangınları

Açıklama	Cephe kaplaması ve zemin döşemesi arasındaki boşluklar kolay alevlenir malzeme ile kaplanmıştır. Hafif cephe strüktürel elemanlarının çok kısa bir sürede aşırı ısınmasına ve genişerek cephe yüzeyinin döşeme kenarından dışarıya doğru açılmasına/şişmesine yol açmıştır. Böylece oluşan basınç yüzünden camlar kırılmadan önce yangın ve yan ürünleri katlar arasında kolaylıkla yayılmıştır.	
OLAY 7: Mavi Çarşı Binası Yangını [30]		
Tarih	13.03.1999	
Yer	Göztepe (İstanbul)	
Bina Tipi	Ticaret Merkezi	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	6 Katlı	
Cephe Özellikleri	Arka cephesi kâgir diğer 3 cephesi giydirme cam olarak inşa edilmiştir.	
Sonuç	Ölü: 3 Yaralı: 13	
Açıklama	Molotof kokteylli saldırı sonucunda cam giydirme cephede yer alan camlar içeride oluşan basınç ve alevlerin etkisi altında kırılmıştır. Bu olay yapı çevresinde yürüyen insanları da risk altında bırakmasının yanı sıra içeride gelişen yangınında artan oksijen etkisi ile büyümesine yol açmıştır.	
OLAY 8: Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim Ve Araştırma Hastanesi Yangını [31]		
Tarih	05.04.2018	
Yer	Gaziosmanpaşa (İstanbul)	
Bina Tipi	Hastane	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	10 Katlı	
Cephe Özellikleri	XPS, Taşyünü ısı yalıtımlı kompakt laminat, cam, alüminyum giydirme cephe	
Sonuç	Ölü:- Yaralı: -	
Açıklama	Atık cam şişe kumbarasına, atılan veya düşürülen bir ateş kaynağının kumbaranın etrafındaki çöpleri tutuşturmasıyla başlamıştır. Çöplerin tutuşmasıyla kısa sürede yayılan yangın dış cephe kaplama malzemelerine ve altındaki yalıtım malzemesine sirayet etmiştir. Cephe geometrisi ve yanıcı malzemenin etkisiyle tüm dış cepheye, kısmen iç kısımlara ve çatıya yayılmıştır.	

Çizelge 2.5. (devamı)Yaşanmış cephe yangınları

OLAY 9: Cvjetno Naselje Öğrenci Yurdu Yangını [32]		
Tarih	22.02.2017	
Yer	Zagreb (Hırvatistan)	
Bina Tipi	Öğrenci Yurdu	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	3 Katlı	
Cephe Özellikleri	Tutuşabilir malzeme ile kaplı geleneksel bina	
Sonuç	Ölü:-	
	Yaralı: -	
Açıklama	Öğrenci yurdunun çatısında başlayan yangın, bitişik binanın cephesinin üç katı boyunca dikey olarak yayılmıştır. Yangının kesin nedeni henüz bilinmemektedir. Alt binanın çatısında başladığı düşünülmektedir. Cephe sisteminin yanıcı ısı yalıtımı ve kuvvetli rüzgarın etkisi cephedeki alevlerin ve dumanın hızla yayılmasına neden olmuştur.	
OLAY 10: Grenfell Kulesi Yangını [33]		
Tarih	14.06.2017	
Yer	Kensington (İngiltere)	
Bina Tipi	Ofis ve konut	
Katsayısı/Bina Yüksekliği	24 Katlı	
Cephe Özellikleri	PIR (polizosiyanurat) al.kompozit panel ile yenileme	
Sonuç	Ölü: 71	
	Yaralı: 100	
Açıklama	Buzdolabının alev alması ile başlayan yangın tutuşabilir malzeme ile yenilenen dış cephe kaplama malzemesinin alev almasıyla hızla yayılmış malzemenin uygulanması sırasında yapılan bitiş ve uygulama detaylarındaki hatalar ve cephenin geometrik etkisiyle hızla yayılmıştır.	

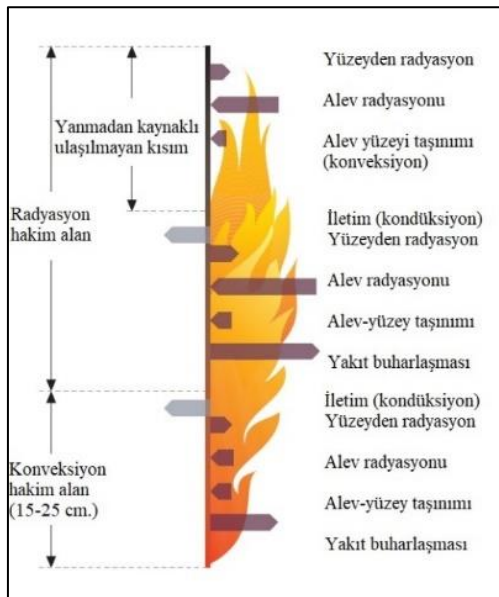
Binalarda yangın güvenlik performansının artırılması amacıyla uluslararası ve ulusal düzeyde geliştirilen mevzuatların hükümlerinin yeni cephe sistemlerinde uygulanmasına dair yaşanan zorluklar ve kısıtlılıklar yangın olaylarının boyutlarını büyütmede, hatta sonuçlarını felakete dönüştürebilmektedir. Bu durum hükümlere dayalı düzenlemelerin işlerliği, yeterliliği ve uygulanabilirliği hususlarında endişeler ortaya çıkarmaktadır. Özellikle kontrollü bir yapı kabuğu içerisindeki kapalı hacimlerde uzun zamanlar geçirmeyi alışkanlık edinen yaşam tarzlarına hizmet veren ve kullanıcı yükünün fazla olduğu bina tipleri söz konusu olduğunda mevzuatlar çerçevesinde sağlanmaya çalışılan yangın güvenliğinin sorgulanması ve yeniden düşünülmesi zaruri hale gelmektedir. Aynı zamanda ilgili düzenlemelerin gelişen bina teknolojileri, yeni malzemeler ve sistemler ile yenilikçi

bina tasarım yaklaşımlarına uyumlanma süreci, güncelliği, esnekliği ve maliyeti tartışmaya açık konular olarak gündemi meşgul etmektedir.

1970’lerde ortaya çıkan ve sürekli geliştirilen performansa dayalı kodlar ve tasarım yaklaşımları yukarıda sıralanan endişelere cevap bulabilmek amacıyla 20’den fazla ülkede kullanılmaktadır ve performansa dayalı yangın güvenliği konusunda yapılan araştırmalar ve çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Binalarda alev yayılımının en hızlı yollarından biri cephe yüzeyleridir. Yangının cephelerden yayılmasına yol açabilecek üç durum vardır:

- a) Yakındaki bir binada başlayan yangından radyasyonla başka binayı tutuşturması ile başlayan yangın
- b) Cephe önünde yanan bir elemanla (çöp konteyneri, mobilya, vb.) başlayan yangın,
- c) Binanın, bir bölümündeki başlayan yangının pencerelerden dışa doğru yayılması ile başlayan yangındır [34].

İlk alevin yayılması ifadesi, yangının başladığı anlamına gelir. Alev yayılımı gaz tabakasında da gerçekleşebilir. Alevler, piroliz gazlarının biriktiği yerden çok uzakta başlar. Alev yayılımı bir dizi sürekli yangın olayı olarak da görülebilir. Yangın büyük ölçüde, malzemenin termal ataletine bağlı olduğundan, alev yayılması aynı zamanda malzemenin kpc değerine de bağlı olacaktır [17].



Şekil 2.13. Duvar yüzeyi alev yayılımı

Hızlı alev yayılımı yangının alanının artmasına ve sonuç olarak da açığa çıkan ısı oranının artmasına katkıda bulunabilir. Bu yavaş yavaş çok tehlikeli bir duruma yol açabilir. Bu nedenle hangi faktörlerin alev yayılmasında etkili olduğunu netleştirmek çok önemlidir. Şekil 2.13, bir duvar yandığında yüzeyde neler olduğunu göstermektedir. Duvar üç bölüme ayrılabilir. Alt bölüm, taşınım yoluyla yüzeye ısı aktarımıyla yönetilir. Orta bölümde, alev radyasyonu, alevin genişliğinin yüksekliği ile birlikte artması nedeniyle ana etkindir. Alev büyüdükçe radyasyonla ısı transferi daha fazla gerçekleşir. Üst bölümde duvar henüz tutuşmamıştır. Şekilde, okların uzunluğu çeşitli bileşenlerin boyutuna karşılık gelir. Alevlerin malzemenin yüzeyine yayılma oranı esas olarak aşağıdakilere bağlıdır:

Malzemenin termal ataleti kpc

Alevlerin yönü

Yüzeyin geometrisi

Ortamı kuşatan çevre

2.2.1. Malzemenin termal ataleti (kpc)

Alev yayılma oranı büyük ölçüde, malzemenin ısıl ataletine (kpc) bağlı olan tutuşma süresine bağlıdır. Bir malzemenin ısıl ataleti ne kadar büyük olursa, alev yayılımı yavaşlar. Katı malzemeler söz konusu olduğunda, ısı iletim katsayısı (k değeri), yoğunluk arttıkça artar. Çoğu durumda, yoğunluk alevlerin yüzeye ne kadar hızlı yayıldığını belirler. Bu, ağır bir malzemenin yüzeyi boyunca alev yayılma oranının genellikle hafif bir malzemenin yüzeyinden daha yavaş olduğu anlamına gelir.

Elsa Pastora, Beatriu Corberoa, Oriol Rios, Maria Pilar Giraldo, Laia Hauriec, Ana Lacasta, Eva Cuerva, Eulalia Planas, yaptıkları bir çalışmada şu anda inşaat sektöründe gelişen bazı yalıtım malzemeleri ve bina konfigürasyonunu test etmek amacıyla Şekil 2.14’de görülen şekilde büyük ölçekli yangın deneylerini gerçekleştirmişlerdir.



Şekil 2.14. Cephe ve yalıtım konfigürasyonları.

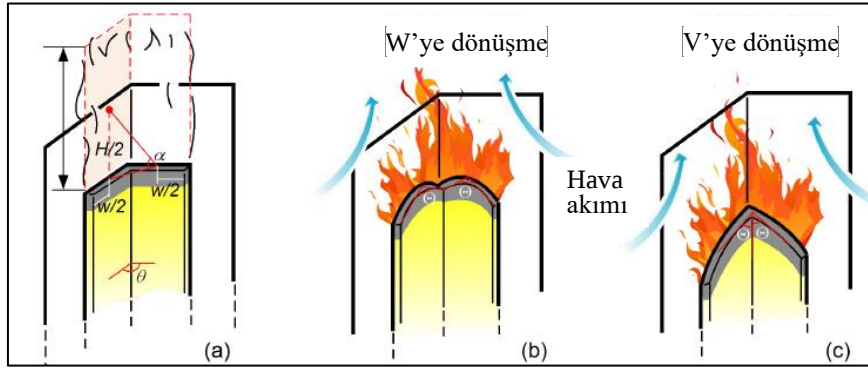
Testlerden, mineral yünlerin, daha yüksek sıcaklıklara ulaşmasına rağmen, gerçek yangın koşullarında özelliklerini korurken, diğer polimerik tip yalıtımların yangın büyümesine katkıda bulunduğunu (görsel ve sensör ölçümleri yoluyla) tespit etmişlerdir. Polimerik malzemelerle yalıtılmış tüm havalandırılmalı cephelerin havalandırma açıklığından daha hızlı alev yayılımı olduğu gözlenmiştir [35]. Dolayısıyla, köpüklü plastikler söz konusu olduğunda alevler çok çabuk yayılabilmektedir.

Xin Ma, Ran Tu, Xudong Cheng, Shuguang Zhu, Jinwei Ma, and Tingyong Fang tarafından PUR (poliüretan) köpüğünün iki boyutlu dikey aşağı (1), paralel (2) ve simetrik alev yayma (3) özellikleri araştırılmıştır. Şekil 2.15 Alev yayılma hızı, kütle kaybı oranı, alev yüksekliği ve bitişik cephe yapısı etkileri arasındaki korelasyonlar, deneysel veriler ve teorik ilişkilere göre belirlenmiştir. Paralel ve simetrik alevin ters boyutlu bir "W" şekli ile tek boyutludan benzersiz bir morfolojiye" dönüşerek "V" şekli sergilediği gözlenmiştir



Şekil 2.15 CCTV Binası

Bu kenar etkisi ve zenginleştirilmiş oksijen difüzyonu ile ek ısı geri beslemesi sağlayan kesme kuvvetinin dar bir genişlikle karşılaşmasıyla meydana geldiği Alev yayılımı ilerledikçe ters çevrilmiş “V” şeklinin açısının azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca bitişik cephe açısı azaldıkça, yanma hızı doğrusal olmayan bir şekilde değişmiştir. Bu durum paralel bitişik cephe konfigürasyonunun olumsuz ve pozitif etkileri arasındaki etkiye bağlanmıştır. PUR üzerinden aşağıya doğru yayılan alev, alevin yayılmasının erken safhasında esasen sabit kalırken, ilerleyen dönemde hızlandırılmış alev yayılımı gözlemlenmiştir.



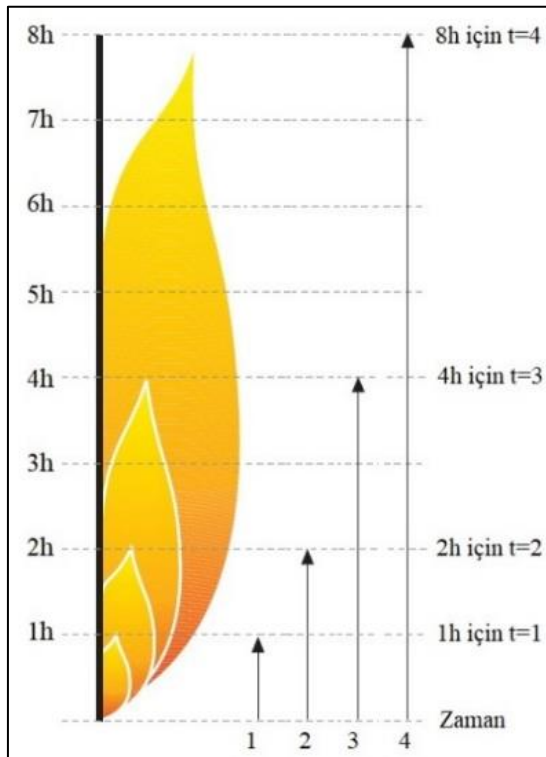
Şekil 2.16. Alevin W'den V'ye dönüşmesi.

Kütle kaybı verilerinin incelenmesi ise yangın söndürmeyi zorlaştırabilecek karmaşık yanma davranışı gösterdiği şeklinde değerlendirilmiştir. Ortalama alev yayılma oranı ve alev yüksekliği, başlangıçta yanma hızı verilerinin gösterdiği eğilime benzer şekilde, bitişik açındaki artışlarla önce artmış sonrasında azalmıştır Şekil 2.16. Kombine baca ve bitişik cephe konfigürasyonundaki değişikliklerin neden olduğu kısıtlama etkileri nedeniyle yaklaşık 90°'lik kritik bir açı tanımlanmıştır. Daha küçük açılarda (60° ila 90°), ısı transferindeki artışlar sonucunda karşı taraf alevi ve zayıf baca etkisinden radyant ısı transferinin arttığı tespit edilmiştir. Daha büyük açılarda ise karşı taraf alev ve kordan yayılan ısı transferinin yavaş yavaş azalarak daha düşük bir alev yayılma oranı elde etmişlerdir [36].

2.2.2. Alev yayılmasının yönü

Alev yayılma oranı temelde yukarı yönlüdür (Şekil 2.17). Alevin yayılma hızı aşağı doğru çok daha yavaştır; bu durum yüzeyin aynı şekilde ısınmaması nedeniyledir. Ancak bu görece oran, yüzeyin gradyanına göre değişir. Dikey alevlenme durumunda, ahşap elyafı ve sunta

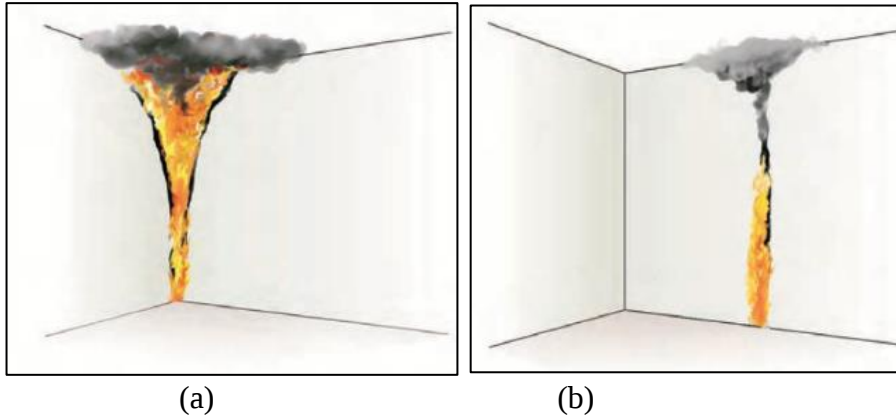
gibi birçok malzemenin alevlerinin yüksekliği aynı zaman zarfında kabaca iki kat daha büyüktür. Bunun anlamı, eğer 25 cm'lik bir alevin 50 cm'ye yükselmesi 30 saniye sürerse, duvar malzemesi aynı ise, 1 m yüksekliğinde bir alevin aynı anda yaklaşık 2 m'ye çıkacağı anlamına gelir. (Bu değer sadece bir yaklaşım olarak kabul edilmelidir.) Aynı durum, dikey alev durumunda olduğu gibi yatay bir yüzeyin altı boyunca yayılan alev için de geçerlidir. Bunun aksine, yatay bir yüzeyin üst kısmına yayılmış veya dikey bir yüzeye aşağı doğru yayılan alev, yukarı doğru yayılmasından daha yavaş olduğu için “sürünen” olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.17. Yangının yukarı doğru yayılımı

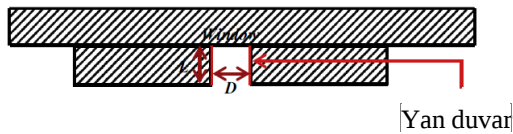
2.2.3. Yüzeyin geometrisi

Bir köşede, her iki yanma yüzeyi arasında da yayılma oranını arttıran bir etkileşim vardır (Şekil 2.18). Açı ne kadar küçük olursa, alev o kadar hızlı yayılır. Bunun nedeni, köşeye sıkışan ısının, daha sonra malzemenin ısınmasından kaynaklanmaktadır. Oluşan duman gazları ısınır, böylece daha küçük miktarda hava alev bulutunun içine emilir [17].



Şekil 2.18. (a) Köşe birleşim (b) düz yüzey alev yayılımı.

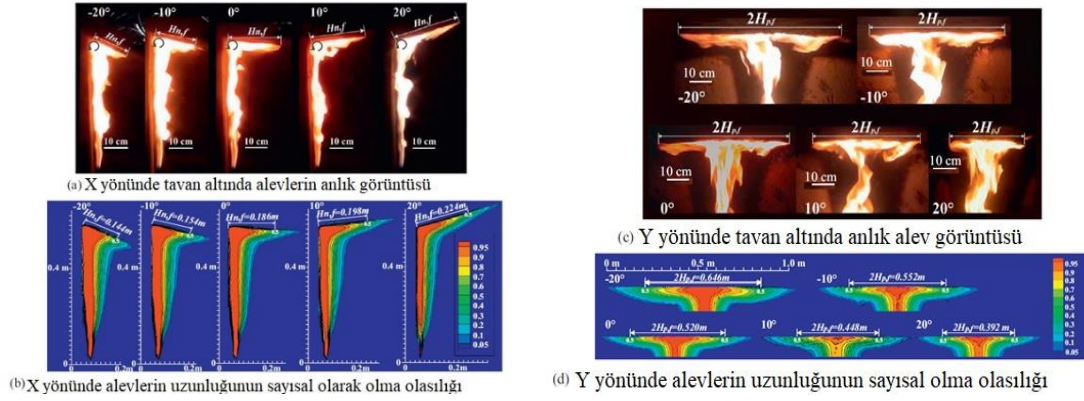
Konu ile ilgili yan duvar uzunluğunun (cephe yönüne göre normal) çıkarılan cephenin alev yüksekliği üzerindeki etkisi K.H. Lu, L.H. Hu, F. Tang, L.H. He, X.C. Zhang, Z.W. Qiu tarafından araştırılmıştır. Yan duvarın uzunluğu arttıkça, alev yüksekliğindeki davranış değişikliğinin ikiye ayrılabilceğini tespit etmişlerdir. Birinci olarak alev sürükleyici kontrollü rejim adı verdikleri ve $L = 3D$ 'de bir dönüm noktasına sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yanma verim kontrollü rejimi de kendi içinde iki kısımda incelemişlerdir (Şekil 2.19). Alev kontrollü rejimde ($L < 3D$) olduğunda oda içindeki sıcaklığın sabit kaldığı ve cephe alevi yüksekliği, sadece temiz havanın yangına girmesine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yanma-verimlilik kontrollü rejimde ($L > 3D$), olduğunda pencereden odaya akan havanın kısıtlı olduğu, oda içindeki sıcaklığı ve cephe alev yüksekliğini azaltarak nispeten baskın olduğu tespit edilmiştir [37].



Şekil 2.19. L ve D değişkenlerinin gösterildiği kısmi cephe çizimi

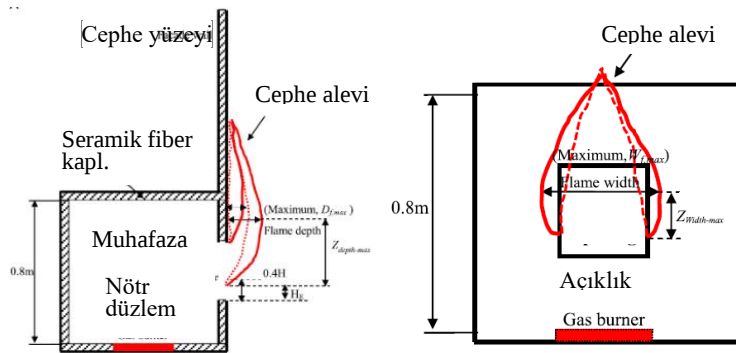
Yine başka bir makalede Xiaolei Zhang, Longhua Hu, Michael A. Delichatsios, Jianping Zhang, daha önce ölçülmemiş, eğimli bir tavana çarparak duvardan yüzeyi boyunca gelecek bir alevin neden olduğu yangının alev uzunluklarını araştırmak için deneyler yapmıştır. Tavanın altındaki alev uzunlukları, Şekil 2.20 'de görüldüğü gibi duvarın ve tavanın kesişme çizgisine paralel hem normal ((x yönü) hem de paralel (y yönü) yönünde ve eğim açıları ($-20^\circ - 20^\circ$ arası) olacak şekilde 576 adet deneysel koşullar için çeşitli ısı tahliye oranları, kaynak-tavan yükseklikleri ve tavanı içerecek şekilde ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin,

önceki verilerden esasen farklı olduğu ve duvarsız yangının çarpışma korelasyonları ve eğim açısına sahip karmaşık bir değişkenliğe sahip olduğu bulunmuştur [38].



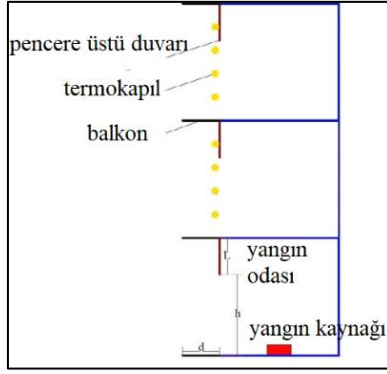
Şekil 2.20. X ve Y yönünde yapılan çalışmanın tavan ile ilişkisi

Longhua Hun, Zengwei Qiu, Kaihua Lu, Fei Tang yaptıkları çalışmada havalandırmalı kapalı hacim yangınlarından cephe boyunca pencere çıkışlı alev genişliği ve derinlik gelişmelerini araştırmıştır (Şekil 2.21). Alev tabanı pozisyonu (açıklığın tabanından dikey yükseklik), alev derinliği (genişlik) maksimum değerleri ve karşılık gelen pozisyonları (alev tabanı pozisyonunun üzerindeki dikey yükseklik) boyutsuz ölçekleme ile ölçüp analiz edilmiş ve alev tabanı pozisyonunun açığa çıkan ısı oranından bağımsız olduğu ve açılma yüksekliğine oranının hemen hemen aynı olduğu bulunmuştur [39].



Şekil 2.21. Cephe alevinin derinlik genişliğinin şematik gösterimi

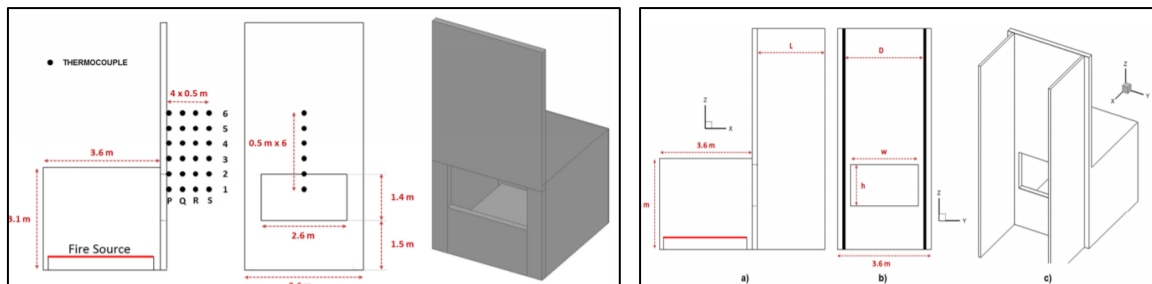
Xing X., Zhang J., Li Y., yaptıkları çalışmada 4x4x4 m. lik bir mahalde çıkan yangının pencere, pencere üstü duvarı ve balkon değişkenlerine göre dış cephe alev yayılımında oluşturdukları bariyer etkisini araştırmışlardır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Test edilen model

Araştırma sonucunda pencere üstü duvarı, pencere ve balkonun yangının bina cephe yüzeyi boyunca yayılımında farklı derecelerde etki gösterdiği, balkonun en baskın faktör olduğunu tespit etmişlerdir. Balkonun dışa doğru uzamasının 1,2 m'den az olmadığı durumda kritik sıcaklık olarak belirlenen 70°C 'nin bina cephesi üzerinden üst katlara yayılmadığı ve pencere genişliğinin 2,4 m'den az olduğu durumda aynı şekilde kritik sıcaklığın yangın odasından bina cephesine yayılmayacağını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bu sayısal sonuçların bina dış cephesinin yangın yayılımına etkisi bağlamında referans değerler olarak katkı sağlayabileceğini öngörmüşlerdir[40].

M Duniy, D Dhima, JP Garo, HY Wang tarafından pencere açıklık boyutları, parapet yüksekliği, açıklığın cephe yüzeyi üzerinde bırakılan yanak duvarlarının açığa çıkan ısı oranı ve açıklıklardan çıkan alevin yanaklar üzerindeki rolü gibi geometrik parametrelerin etkisini belirlemek üzere sayısal araştırmalar yapılmıştır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Pencere ve duvar üzerindeki yanak temsili gösterimi.

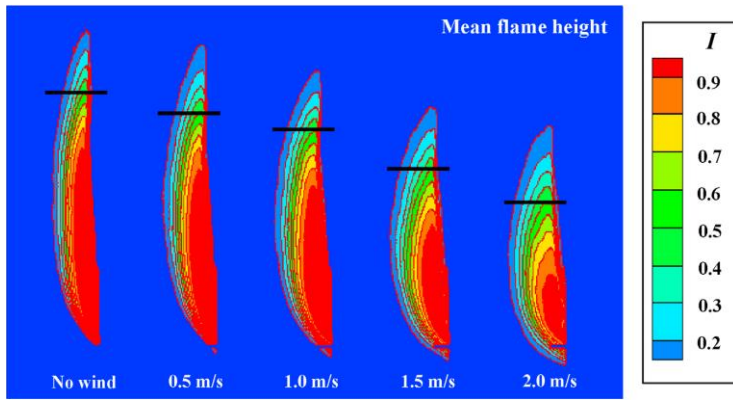
Artan açıklık boyutlarıyla birlikte alev yüksekliğinin arttığı ve açıklığın yüksekliğinin, açıklık genişliğinden daha büyük bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Açıklığın konumunun alev yüksekliği üzerinde etkisi olduğu, lentonun olmasının yangın odası içindeki yanmamış gazı bloke ettiği için alev yüksekliğini azalttığı belirlenmiştir. Alev

yüksekliğinin, pencereden çıkan daha fazla yakıt nedeniyle HRR'ı önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yan duvarların etkisi ile ilgili olarak alev yüksekliğinin yanak aralarındaki mesafenin arttıkça hızla azaldığı bu mesafenin 6.0 m olması durumunda yan duvarların alev yayılımına etkisi olduğu gözlenmiş ancak parametreyi daha hassas bir şekilde incelemek için daha büyük HRR ve farklı açılma boyutlarına sahip ek simülasyonlar yapılması önerilmiştir. Böylece, birkaç durumda yan duvarların etkisinin olmadığı mesafeye karşılık gelen kritik bir mesafenin belirlenebileceği önerilmiştir [41].

2.2.4. Ortamı kuşatan çevre

Ortam sıcaklığı yükseldiğinde, alev yayılma hızı da artar. Yüzey ısı yükselir ve tutuşma sıcaklığına daha hızlı bir şekilde ulaşılır. Başlangıçtan itibaren sıcaklık ne kadar yüksek olursa, alev yayılma oranı da o kadar hızlı olacaktır. Bunun bir başka sonucu da, bir malzemenin başlangıçtan itibaren sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, yüzeyin o kadar hızlı yanıcı gazlar üretmesidir. Başka bir ifadeyle katı malzemelerle yüzey yangının pilot alevde gerçekleşmesi için 300 ila 400°C'ye kadar ısıtılması gerekmektedir. Alev yoksa yüzeye yakın bir yerde 500 ila 600°C arasında bir sıcaklığa ulaşılmalıdır. Katı malzemelerde yanıcılık, tutuşmanın ortaya çıkması için geçen süre kullanılarak tahmin edilir. K_{pc} ile temsil edilen özelliklerin kombinasyonu, malzemenin termal ataletine işaret eder ve malzemenin yüzeyinin ne kadar çabuk ısınacağını belirler. Düşük termal ataletli bir malzemenin yüzeyi hızlı bir şekilde ısınırken, yüksek k_{pc}'li bir malzemenin yüzeyi yavaşça ısınır. Bir malzemenin k_{pc} değeri ne kadar düşük olursa tutuşma süresi o kadar kısa olur. Bu, gözenekli bir ahşap levhasının suntadan daha hızlı tutuşması anlamına gelir. Alev yukarı doğru yayıldığında, yoğunluk ve hava akışındaki farkın alevleri yukarı doğru ittiği yerde, yanan malzemeden gelen alevler, malzemenin henüz pirolize olmaya başlamayan kısmını ısıtır. Bir bölmede tavan boyunca yayılan alev ayrıca yangının hızlı bir şekilde gelişmesine neden olabilir. Bunun iki nedeni vardır: Birincisi, hava akımı alevleri ileri doğru zorlar ve ikinci olarak tavan yüzeyi, tavan bölgesinde biriken sıcak duman gazları tarafından büyük ölçüde ısınır. Bir bölmedeki duvarların alt kısmı boyunca aşağıya doğru yayılan yatay alev çok daha yavaş bir oranda gerçekleşir. Ancak bazı durumlarda, yangın bir flashovera yakın olduğunda, yüzey radyasyon yoluyla ısındığından alevler çok hızlı bir şekilde aşağıya doğru yayılabilir.

Ayrıca ortamın rüzgar etkisi altında yüzey alevlerine olan etkisi de araştırılmıştır. Longhua Hu, Kaizhi Hu, Fei Ren, Xiepeng Sun dış ortam rüzgarı altında yangın bölmesinden çıkan cephe alev yüksekliği üzerinde deneysel bir çalışma ve analiz yapmıştır. Deneyler, dikey bir cephe duvarına sahip kübik bir yangın bölmesinden oluşan küçük ölçekli bir modelde gerçekleştirilmiştir. Cephe tarafında yangın bölmesinin yan duvarının ortasında bir açıklık tasarlanmış ve bir rüzgar tüneli tarafından sağlanan dış rüzgara (normal açıklığa) maruz bırakılmıştır. Cephe alev yükseklikleri, çeşitli yakıt besleme, açığa çıkan ısı oranında ve rüzgar hızlarında beş farklı açıklık için bir CCD kamera ile ölçüm yapılmıştır. Dış rüzgâr hızının artmasıyla Şekil 2.24’de görüldüğü gibi cephe alev yüksekliğinin azaldığı bulunmuştur. Bu davranışı, dış rüzgâr akışının neden olduğu hem cephe hem de paralel cephe yönlerinden alev hava girişinin değişmesine bağlı olarak yorumlamak için bir ölçeklendirme analizi yapılmıştır.



Şekil 2.24. Alev aralıklılığı konturu ve artan rüzgar hızıyla (açıklık: 15 cm (G) 10 cm (Y); HRR: 18,48 kW) azaldığını gösteren ortalama alev yüksekliğinin ($I = 0,5$) belirlenmesi

Dış rüzgâr hızını, açıklığın iki karakteristik uzunluk ölçeğini ve boyutsuz açığa çıkan ısı oranını içeren küresel bir model, çeşitli koşulların cephe alev yüksekliğini tanımlamak için geliştirilmiştir. Önerilen model deneysel verilerle doğrulanmıştır [42].

Bu kısımda katı malzemelerin alev yayılımı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Hem katı malzemelerin hem de duman gazı katmanındaki alev yayılımı bir yangının yayılması açısından çok önemlidir. Bir duman gazı tabakasının altındaki tarafa yayılan alev, yangın odasında bir şeyin değiştiğini gösteren çok yaygın bir işarettir.

2.3. Yangın Güvenliği Tasarım Süreci

Yangın güvenliği tasarımı, genellikle ulusal, bölgesel veya yerel düzenlemelerde öngörülen çözümlere dayanmaktadır. Bununla birlikte, birçok düzenleme yangın güvenliğinin performansa dayalı tasarımı için olanak sağlar. Performansa dayalı bir yaklaşım kullanmak, tasarım için kuralcı çözümden daha fazla esneklik sağlar, çünkü yangından korunma mühendisi, kuralcı çözüme göre “eşdeğer” bir performans elde eden bir tasarım elde etmek için mühendislik yöntemlerini kullanabilir. Örneğin inşaat maliyeti kriteri göz önünde bulundurulduğunda; zorunlu düzenlemelerin her zaman yerine getirilmesi gerekmesine rağmen, yangın güvenliği tasarımının amacı, zorunlu düzenlemelerdekinden farklı olabilir, ancak bu durum farklı bir tasarım çözümü gerektirir. Farklı bir amaç, örneğin bir şirket için çoğu zaman zorunlu düzenlemelerde dikkate alınmayan büyük finansal kayıpları önlemek olabilir. Performansa dayalı bir yaklaşım bu gibi durumlarda özellikle gereklidir. Bu bağlamda, yangından korunma mühendisinin, yangın güvenliğini tasarlarken ve değerlendirirken hiçbir önemli ayrıntıyı gözden kaçırmayan çalışma yöntemleri kullanması önemlidir. Özetle yangın güvenliği tasarımı genel olarak iki farklı yaklaşım ile değerlendirilir. Bunlardan biri kurallara uygun (reçeteli) çözümler diğeri performansa dayalı çözümlerdir. İlki için, fonksiyonel gereksinimler, işlevsel gereksinimleri karşıladığı düşünülen çözümler ile elde edilir, bu nedenle sık sık Tatmin Edilmiş Sayılan (Deemed to Satisfy DTS) çözümler olarak adlandırılır. İkincisi için yangın güvenliği tasarımının performansı mühendislik analizleri ile değerlendirilmektedir. Bu kapsamda ilk olarak mevzuatlara dayalı yangın güvenliği tasarım sürecinin ulusal ve uluslararası alanda hangi kriterlerin göz önünde bulundurulduğu ile ilgili genel bilgiler, akabinde performansa dayalı yangın güvenliği tasarım sürecine yönelik genel bir açıklama sunulmuştur[43].

2.3.1. Mevzuatlara dayalı yangın güvenliği yaklaşımı

Ulusal ve uluslararası yönetmeliklerde yer alan ve bina cephesindeki açıklıklar arasındaki dikey yangın yayılımına karşı korumayı nasıl yönettiğine dair bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Türkiye’de halen yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY)’de binaların tasarımında kullanılan saçak, çıkma, yan duvar boyutları ya da cephe geometrisi ile ilgili herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. 9 Temmuz 2015’de 29411 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan ve halen yürürlükte olan değişikliklerle “Dış cephelerin, bina

yüksekliği 28,50 m’den fazla olan binalarda zor yanıcı malzemeden ve diğer binalarda ise en az zor alevlenici malzemeden olması gerekir. Alevlerin bir kattan diğer bir kata geçmesini engellemek için iki katın pencere gibi korumasız boşlukları arasında, düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elemanıya dolu yüzey oluşturulur veya cephe iç kısmına en çok 2m aralıklarla cepheye en fazla 1,5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilerek cephe otomatik yağmurlama sistemi ile korunur.” hükmü getirilmiştir. 2007 yılında yayımlanan ve 2009 yılında revize edilen yönetmelikte net bir ifade bulamayan dış cephe tanımı ve zor yanıcı dış cepheler için kat yüksekliği sınırlaması bu değişiklikte birlikte “yüksekliği 28,5 metreden fazla olan binalarda Dış Cephelerde kullanılacak malzemelerin (ısı yalıtım malzemeleri dahil) yangına tepki sınıfının en az A2-s1,d0 sınıfı” olması gerektiği açıkça ortaya konulmuştur. Ancak zor yanıcı dış cepheler için bina yüksekliği sınırı 21,50 m iken, 2015 yılında 28,50 m’ye yükseltilmiştir [44]. Ulusal yangın yönetmeliğinde yer alan bu hükümlere göre cephelerde alınacak yangın güvenlik tedbirlerinin malzeme ve sistem bazında olduğu anlaşılmaktadır.

Dış duvar konstrüksiyonlarında tutuşabilir malzemelerin kullanımına dair sınırlar İngiltere’de “Approved Document B”ye göre herhangi bir bina için 18 m.[45], Amerika’da ise Uluslararası Kod Konseyi (ICC) tarafından geliştirilen Uluslararası Yapı Kodu (IBC)’na göre yangın dayanımı açısından 5 tipe ayrılan binalarda yanıcı dış cephe duvar sistemleri için genel performans gereksinimi, 12,192 m’den yüksek Tip I, II, III veya IV yapılarının test edilmesi ve NFPA 285 tam ölçekli dış cephe testine (IBC Bölüm 1403.5) uygun olması gerektiği şeklinde belirlenmiştir. Uluslararası standartlarda da aynı şekilde malzeme performansına yönelik tedbirler alındığı değerlendirilmiştir.

İsveç’te binanın dışında ve farklı yangın bölümlerinde dikey olarak hizalanmış pencerelerin koruma gereksinimlerine göre 1,2 m yükseklikte konumlandırılmış farklı yangın bölmelerine ait dış pencerelerden biri ya E 30 yangın sınıfında ya da her iki pencere de E 15 yangın sınıfında yangına dayanıklı olması gerektiği belirtilmiştir. 1,2 m’den daha uzak olan açıklıklar için herhangi bir şart bulunmamaktadır. Yönetmelikte ayrıca yangına dayanıklılık sınıflandırmasına tabi olan pencerelerin bir alet, anahtar veya benzeri bir şeyle açılmasının mümkün olmayacağı belirtilmiştir. Norveç Yapı Kodlarında ise (2015), yangın kompartımanları arasında dış yangının yayılma olasılığının, en az 1,2 m’lik bir spandrel veya cepheden en az 1,2 m uzanan yatay bir çıkıntı ile azaltılabileceği ya da otomatik bir yağmurlama sistemi kuruluysa, bu gereksinimlerin göz ardı edilebileceği belirtilmiştir.

Danimarka'da, farklı yangın bölmelerindeki açıklıklar arasında yayılan dış dikey yangın için bina yönetmeliklerinde kural koyma şartı bulunmamaktadır. Portekiz'in inşaat yönetmelikleri hakkındaki kanun uyarınca, bina cephesindeki açıklıklar arasında yangının dikey yönde yayılımını kontrol edebilmek için koruma yöntemi açıklıklar arasındaki mesafenin 1,10 m olması yönündedir. Ancak açıklığın her kenarından en az bir metre mesafeye sahip bir balkon olduğunda, bu mesafe balkon açıklığı ile esnetilebilmektedir. Ayrıca balkonların da en az EI60 yangına dayanıklı olması gerektiği ifade edilmiştir. İspanyol bina yönetmeliklerinde, cephe boyunca dikey yangın bölmeleri arasındaki yayılma riskini sınırlamak için, spandrelin en az 1,0 m ve EI 60 yangın sınıfında olması gerektiği belirtilmiştir. Bu yönetmelikte net bir uzunluk belirtilmeden cephede yatay bir çıkıntı da uygulanabileceği ve spandrel mesafesinin cephe dışına çıkıntı yapan projeksiyonun uzunluğu ile azaltılabileceği öngörülmüştür (Morgado ve Rodrigues 2013).

Hong Kong'da Binalarda Yangın Güvenliği Uygulama Kurallarında iki kat arasında 0.9 m'den daha az olmayan yangına dirençli bir spandrel kullanılması gerektiği belirtilmiş alternatif bir koruma yöntemi olarak da 0,5 m'lik yatay bir çıkıntı oluşturulması öngörülmüştür. (Hong Kong Binaları Bölümü, 2012). Yukarıda bahsedilen ülkelerde de herhangi bir bina için dış cephe yangın yayılımını kontrol etmek üzerine belirlenen kıstasların açıklıklar arasında ya da cephe üzerindeki çıkmaların malzemelerin yangın dayanım performansına göre değerlendirildiği anlaşılmaktadır.

Bina bazında güvenlik kriterleri öneren Avustralya Bina Kodlarında (BCA) toplu konut, ticari, endüstriyel ve kamu binaları için bina cephesindeki açıklıklar arası en az 90 cm. olacak şekilde üst kottaki açıklığın alt hizasından alt kota doğru döşemeden itibaren en az 60 cm'lik mesafede 60/60/60 (REI 60) yangına dirençli malzeme kullanılması gerektiğini, yanıcı olmayan yatay bir çıkıntının kullanılması, örneğin binanın dış cephesinden 1.1 m veya daha fazla uzanan ve açıklıkların her iki tarafında duvar boyunca en az 0.45 m uzama bulunan yapı elamanları için 60/60/60 (REI 60) yangına dirençli malzeme kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Tüm bu ülkelerden farklı olarak Fransız bina kodlarında dış yangın yayılımı güvenlik gereklilikleri, bina tipine ve kullanımına ve ayrıca cephedeki yanıcı kaplamaların ısı etkisine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Fransız bina kodları önce kamu binaları ile farklı konut binaları arasında, sonra da yanıcı giydirmenin ısı etkileri arasında bir tasnifleme yapmıştır.

M. yatay projeksiyonun boyutları C & D kuralı ile tanımlanmıştır. C açıklıklar arasındaki dikey mesafe, D balkon döşemesinin derinliği olarak ifade edilmiştir. (Code de la construction ve de l'habitation, 2009; Code de la construction ve de l'habitation, 2015). Bu bağlamda;

Kamu binalarında;

C + D eğer 1.0 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $M \leq 130 \text{ MJ/m}^2$, C + D eğer 1.3 m olacak şekilde tasarlandysa $M \geq 130 \text{ MJ/m}^2$ olması gerektiği, Konutlarda, merdivenli kamyonun girebildiği bina, maksimum 7 katlı konaklama amaçlı ve kapıdan merdivene 7 metreden az tahliye yolu olan binalarda; C + D 0.6 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $M \leq 25 \text{ MJ/m}^2$, C + D 0.8 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $25 \text{ MJ/m}^2 < M \leq 80 \text{ MJ/m}^2$, C + D 1.1 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $M > 80 \text{ MJ/m}^2$ olması gerektiği, En fazla 28 m yüksekliğinde ve konaklama katına sahip konutlar ile 28 m. ile 50 m. arasında yükseklikte konaklama katına sahip konutlarda; C + D 0.8 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $M \leq 25 \text{ MJ/m}^2$, C + D 1.0 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $25 \text{ MJ/m}^2 < M \leq 80 \text{ MJ/m}^2$, C + D 1.3 m olacak şekilde tasarlandysa kaplama malzemesinin dayanımı $M > 80 \text{ MJ/m}^2$ olması gerektiği belirtilmiştir.

Yeni Zelanda Bina kodlarına (2014) göre, dış duvardaki korunmasız açıklıklar, yaşama hacmi içeriyorsa veya çıkış yollarının 10 m veya daha fazla kaçış mesafesine sahip olması ya da korunmasız açıklıklar, başka özellik içeren mahallerin üst üste yerleştirilmesi şeklinde konumlanırsa da dikey yangın yayılmasına karşı korunması gerektiği belirtilmiştir. Bu şartlar ortaya çıkarsa ve korunmayan alanlar birbiri üzerine hizalanırsa, pencerenin üstünde 1,5 m'den daha az olmayan bir spandrelin oluşturulması, bir kat hizasındaki korunmamış alanlar diğer seviyedeki alanlardan yatay olarak ayrılmışsa, bu pencereler arasında en az 0,9 m.'lik bir mesafe bırakılması gerektiği belirtilmiştir. Eğer 0,6 m'den az olmayan yatay bir projeksiyon yapılmışsa korumanın ihmal edilebileceği öngörülmüştür. Belirtilen durumların bir istisnası olarak yangın duvarlarına sprinkler sistemi uygulanması olacağı ayrıca, yatay çıkıntıların, sadece alttan derecelendirilmesi gerekirken, oyukların her iki taraftan da derecelendirilmesi zorunluluğu getirilmiştir [46].

Ülkelerin cephe yangın güvenliği ile ilgili belirlediği yangın güvenliği kriterleri özetinin sunulduğu Çizelge 2.6'dan da görüleceği üzere söz konusu güvenlik önlemlerinin yalnızca açıklıklar arasında ve yatay çıkıntıların yangın dayanım performansı ile bina yüksekliği üzerinden belirlendiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.6. Ülke Yönetmeliklerindeki Yangın Güvenliği Cephe Tasarım Kriterleri Tablosu.

ÜLKE	SPANDREL (m.)	YATAY ÇIKINTI (m.)	AÇIKLAMA
Avustralya	0,9	1,1	-60/60/60 bir FRL ile yanıcı olmayan spandrel. - Duvar boyunca en az 450 mm bir uzantıya sahip, 60/60/60 bir FRL ile yanmaz yatay projeksiyon.
Danimarka	-	-	Dış dikey yangın yayılması ile ilgili olarak bina yönetmeliklerinde belirtilen kurallar yoktur.
Finlandiya	1,0*	-	Dış dikey yangın yayılması ile ilgili olarak bina yönetmeliklerinde herhangi bir kural yoktur.
Fransa	0,6-1,3**	0,6-1,3**	-Yatay projeksiyon ve spandrelin boyutları, C + D kuralına bağlıdır ve sırayla birkaç değişkene bağlıdır.
Hong kong	0,9	0,5	Spandrel ve yatay izdüşüm araya giren kattan az olmayan bir Yangına dayanıklılık derecesinde olacaktır.
Yeni zelanda	1,5	0,6	-Yeni Zelanda bina kodları ayrıca farklı spandrel yüksekliklerinin ve projeksiyon uzunluklarının kombinasyonlarını içeren bir tablo sunar.
Norveç	1,2	1,2	Binada bir otomatik yağmurlama sistemi varsa, bu gereksinimler göz ardı edilebilir.
Portekiz	1,1	1,1-yatay çıkıntının derinliği	- Yatay çıkıntının duvar boyunca en az 1000 mm genişliğe sahip olması ve yangın dayanımı EI60 olması gerekir.
İspanya	1,0	1,0-yatay çıkıntının derinliği	Spandrel yangın sınıfı EI60
İsveç	1,2	-	1200 mm içindeki dikey açıklıkların yangına dayanıklı olması gerekir, ya E 30 yangın sınıfında bir pencere veya E 15 yangın sınıfında her iki pencere.
USA	ICC 0,914	ICC 0,762	Uluslararası Kodlar: Açıklıklar birbirine 1524 mm mesafedeyken ve alt kattaki açıklık, 3/4 saatten az yangın koruma derecesine sahip korumalı bir açıklık olmadığında açıklıklar ayrı ayrı dikey olacaktır. Yayvan ve yatay izdüşümlerin yangına dayanıklılığı en az 1 saattir.
İngiltere	-	-	18 m. bina yüksekliği baz alınarak yangına dirençli malzeme kullanımı belirlenecektir.

* Bu değer, cephedeki açıklıklar arasındaki dikey mesafe için Finlandiya'da yapılan yerel bir yorumdur.

** Birkaç değişkene bağlı değerler, ayrıntılı açıklama için yukarıda verilen metne bakılacaktır.

2.3.2. Performansa dayalı yangın güvenliği

SFPE Performans Tabanlı Yangından Korunma Mühendislik Kılavuzu, performans temelli tasarımı “(1) yangın güvenliği amaç ve hedefleri üzerinde anlaşmaya varılan, (2) yangın

senaryolarının deterministik ve / veya olasılıklı analizine dayanan bir mühendislik yaklaşımı ve (3) kabul edilen mühendislik araçlarını, metodolojilerini ve performans kriterlerini kullanarak yangın güvenliği amaç ve hedeflerine karşı tasarım alternatiflerinin nicel değerlendirmesi olarak tanımlamıştır.

Bu tanım, performansa dayalı tasarımın üç temel özelliğini belirlemektedir. Birincisi, bir yangın durumunda bir binada (veya başka bir yapıda) istenen yangın güvenliği seviyesinin açıklanmasıdır. İkincisi, binanın “tasarım temeli”nin tanımıdır. “Tasarım temeli”, binadaki yangın güvenlik sistemlerinin koruma sağlaması amaçlanan yangın türlerinin, kullanıcı karakteristiklerinin ve bina karakteristiklerinin bir tanımlamasıdır. Performansa dayalı tasarımda bu yangınlara “tasarım yangın senaryoları” denir. Üçüncü olarak da tasarım yangın senaryolarında amaçlanan güvenlik seviyesini sağlayıp sağlamadıklarını belirlemek için önerilen tasarım stratejilerinin mühendislik analizini içermesidir [47].

Performansa dayalı tasarım için Nelson, dört tür “performans” belirlemiştir [47].

1. Bileşen performansı: Bileşen performansı, tek tek bina sistemlerinin veya kapılar, yapısal çerçeveleme veya algılama gibi bireysel koruma sistemlerinin bileşenlerinin yangında amaçlanan performansını tanımlar. Bileşen performans analizinde, bağımsız bileşenler ve sistemler, performanslarının diğer sistemlerin veya bileşenlerin performansını nasıl etkileyebileceğini veya bundan etkilenebileceğini dikkate almadan ayrı bir şekilde tasarlanmıştır. Belirtilen performans karşılayan herhangi bir sistem veya bileşen kabul edilebilir. Bileşen performans temelli yaklaşımın bir örneği, “standart” yangına maruz kaldığında 1 saatlik yangın dayanımı derecesi elde etmek için tasarlanmış yapısal bir unsur olabilir. Bu durumda, amaçlanan performans maksimum kabul edilebilir nokta ve ortalama sıcaklıkları içerecektir ve tasarım yangın senaryosu standart zaman-sıcaklık eğrisi olacaktır. Bina kodları genellikle bu performansın yangın testi ile elde edilmesini gerektirse de, hesaplama yöntemleri de mevcuttur.

2. Çevresel Risk Performansı: Çevresel performans, bir binada veya bir bölümünde izin verilen maksimum yangın koşullarının tanımlanmasıdır. Çevresel koşulların belirtilmesi sıcaklık, ısı akısı veya yanma ürünlerinin ortaya konması olabilir. Çevresel performans yaklaşımları, bir yangının meydana gelmesi durumunda tolere edilebilir koşulları tanımlar. Yangın önleme stratejilerini çevresel performans yaklaşımına dahil etmek mümkün değildir.

Çevresel performans yaklaşımının bir örneği, bir atrium içindeki duman tabakasının, işgal edilen en yüksek seviyenin üzerinde belirli bir yüksekliğin altına inmemesi gereksinimi olabilir. Bu kritere ulaşacak herhangi bir tasarım kabul edilebilir ve performans gereksinimi bunun nasıl başarılabileceğini belirtmez veya sınırlamaz.

3. Potansiyel Tehdit Performansı: Potansiyel tehdit performansı, yaşam, mülkiyet, iş sürekliliği veya doğal çevre için kabul edilebilir maksimum tehdidin tanımlanmasını içerir. Yangından korunmak istenen öğeleri çevreleyen ortamdaki maksimum kabul edilebilir koşulların belirlenmesini içeren çevresel performans gereksinimlerinin aksine, potansiyel tehdit performansı, ürünün veya korunan öğelerin maksimum tolere edilebilir koşullarının belirlenmesidir. Örneğin, bir nesnenin izin verilen maksimum sıcaklığının tanımlanmasıdır. Çevresel performans gerekliliklerinde olduğu gibi, potansiyel tehdit performans gereklilikleri koşulların nasıl elde edileceğini belirlemez veya sınırlamaz.

4. Potansiyel Risk Performansı: Potansiyel risk performansında, yangın olaylarının meydana gelme olasılığı ürünlerinin ve sonuçlarının toplamıdır. Potansiyel risk performans gerekliliğine bir örnek, bir tesisteki yangından kaynaklanan ve yaklaşık olarak izin verilen mal kaybının yılda ortalama 10.000 doları aşmaması gerektiğidir. Bu tür bir yaklaşımı uygularken, bir tasarımcı olası tüm yangın olaylarını ve olası sonuçlarını değerlendirir. Bu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$Risk = \sum Risk_i = \sum (Loss_i \cdot P_i)$$

$Risk_i$ =Senaryo i ile ilişkili risk

$Loss_i$ =Senaryo i ile ilişkili kayıp

P_i = i senaryosunun olma sıklığı

Nelson ayrıca “hükümlere dayalı” olarak tanımladığı tipik “kuralcı” yaklaşımı da tanımlar. “Spesifikasyon” boyutların, yapım yöntemlerinin ve diğer özelliklerin kesin tanımını içerir. “Spesifikasyon”a örnek olarak, NFPA 101 Can Güvenliği Kanununda tanımlanmış olan merdivenler ve korkuluklar için belirli boyutsal gereksinimler gösterilebilir.

Performansa dayalı tasarımın geliştirilmesi, yangının nicel anlayışında da bir evrime neden olmuştur. Büyük yangınlar meydana geldikçe ve bu yangınların nedenleri ve katkıda bulunan faktörler belirlendiğinde, gelecekte benzer büyük yangınların oluşmasını önlemek için kodlar ve standartlar değiştirilmiştir. Hükümlere dayalı kodlar iki dezavantaja sahiptir:

Bunlardan ilki potansiyel olarak sadece geçmişte meydana gelen olaylara karşı koruma sağlarlar. Büyük yangınlar düşük olasılık, yüksek sonuç olaylarıdır. Skolastik doğaları nedeniyle, bazı nadir olaylar henüz gerçekleşmemiştir. İkincisi potansiyel olarak yeniliğe açık değillerdir. Belirli yöntem ve malzemelere işaret ederler, pazara yeni yöntem ve malzemeleri dahil etmekte zorluk meydana getirebilir olmalarıdır. Yangın bilimi daha iyi anlaşıldıkça, performansa dayalı yangın koruma tasarımı mümkün hale gelmiştir. Diğer mühendislik disiplinleri, altta yatan bilimin daha iyi anlaşılmasına, tasarım yaklaşımlarının performansa dayalı hale gelmesine benzer şekilde katkı sağlamışlardır. Performansa dayalı tasarım, spesifikasyon tabanlı hükümlere dayalı tasarıma göre bir dizi avantaj ve dezavantaja sahiptir. Kullanılan tasarım yaklaşımı, spesifikasyondan riske dayalı olarak ilerledikçe, bu avantajlar ve dezavantajlar artar.

Avantajlar

Performansa dayalı tasarımın bir avantajı, tasarımcının bir binanın benzersiz özelliklerini ve kullanımlarını ele almasına izin vermesidir. Örneğin, bir alışveriş merkezindeki mağazalar, kurallı bina ve yangın kodları altında özdeş bir doluluk sınıflandırmasına sahip olabilir ve bu nedenle benzer yangın koruma stratejileri gerektirebilir. Ancak, mağazalar önemli ölçüde farklı yangın tehlikeleri içerebilir. Bazıları yanıcı sıvılar içerebilirken, diğerleri az miktarda yanıcı madde içerebilir veya hiç içermeyebilir. Bu avantajın sonucu performansa dayalı tasarımların maliyet etkinliğinin artmasıdır.

Diğer bir avantaj, performansa dayalı tasarımın, bir binanın yangın durumunda nasıl performans göstereceğini daha iyi anlamayı teşvik etmesidir. Kurallara ve standartlara uygunluk, yangından “güvenli” bir bina ile sonuçlanır. Ancak, “güvenli” olan şey genellikle tanımlanmamıştır. Benzer şekilde, binanın yangın güvenliğini sağlaması amaçlanan yangın türleri de tanımlanmamıştır. En yaygın yangın senaryolarının büyük olasılıkla kabul edilebilir performansa yol açmasına rağmen, düşük frekanslı senaryolar göz önünde bulundurulamayabilir. Bir olay için oluşturulacak iki ayrı yangın senaryosundaki örnekte;

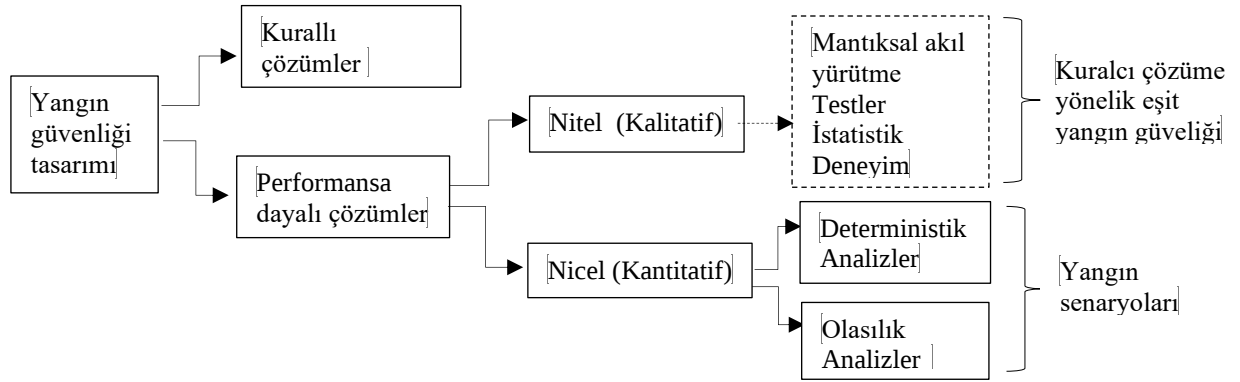
dikkatsizce atılan sigara izmariti, çok katlı bir konut binasına uygulanması amaçlanan bir kod için tasarım temeli içinde olabilir. Ancak, yanlışlıkla binanın lobisine çarpan bir benzin kamyonu büyük olasılıkla dikkate alınmayacaktır. Bu iki uçta çok çeşitli olası olaylar vardır. Bu avantajın bir sonucu olarak, artan düşünce ve mühendislik titizliği yangından korunma sorunlarının çözülmesinde göz önünde tutulabilmektedir.

Dezavantajlar

Performansa dayalı tasarımın bir dezavantajı, uygulamak ve gözden geçirmek için hükümlere dayalı tasarıma göre daha fazla uzmanlık gerektirmesidir. Genel olarak, kuralcı kodların uygulanması yalnızca kodun gerekliliklerine uyan bina özelliklerinin ve sistemlerinin seçilmesini gerektirir. Kuralcı bir tasarımın kabul edilebilirliğinin doğrulanması da aynı derecede basittir. Performansa dayalı tasarımın yürütülmesi ve gözden geçirilmesi, kuralcı tabanlı tasarımdan daha fazla zaman alabilir. Performansa dayalı tasarımın bir başka dezavantajı, değişime kuralcı tasarımdan daha duyarlı olabilmesidir. Bir binanın veya bir kısmının kullanımındaki değişiklikler, tasarımda değişikliğin yangın güvenliği üzerindeki etkisi düşünülmezse, yangın durumunda kabul edilemez performansa neden olabilir. Hükümlere dayalı tasarımlarda, değiştirilen kısım orijinal doluluk veya tehlike sınıflandırması içinde kalırsa kullanımdaki değişiklikler kabul edilebilir. Ancak bu durum hükümlere dayalı tasarımların değişikliklere tamamen toleranslı olduğu anlamına gelmez. Örneğin, bir ofis binasındaki tadilat sonucunda mahal değişikliği yağmurlama sisteminin artık geçerli standartlara uymamasına neden olabilir [47].

Performansa dayalı tasarımda, tasarım çözümünü analiz etmek için temel olarak Şekil 2.25’de gösterildiği gibi nitel ve nicel analizler olmak üzere iki farklı yöntem vardır: Nitel analizlerde, önerilen tasarım çözümü, tasarımı kuralcı tasarım çözümleri ile karşılaştırmak suretiyle değerlendirmektir.

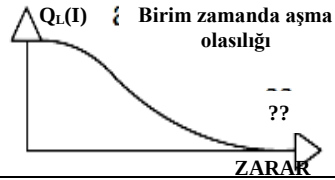
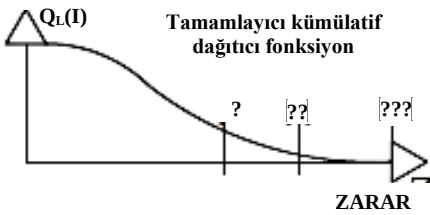
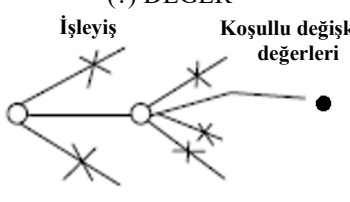
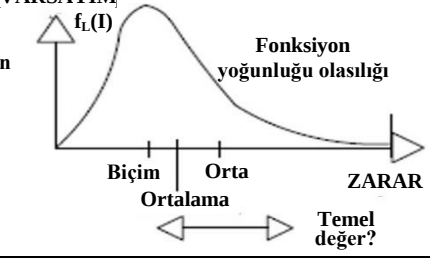
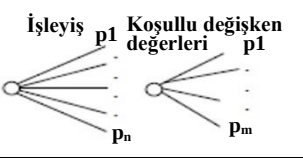
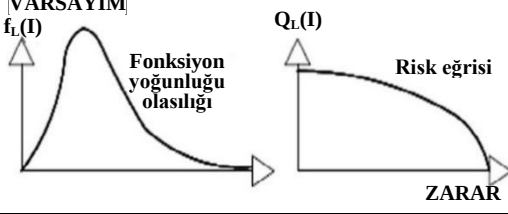
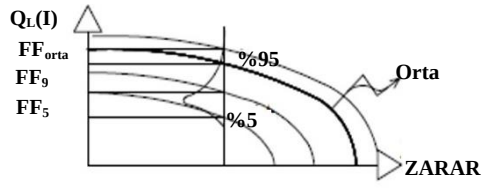
Önerilen tasarım çözümü, nitel analizlerde mantıksal akıl yürütme, istatistik, deneyim ya da testlerden elde edilen sonuçların kullanımıyla kuralcı çözüme yönelik olarak en az eşit yangın güvenliği sağlamalıdır. Bu yaklaşım, Pate-Cornell’in [48] risk analizindeki altı belirsizlik düzeyinin Şekil 2.26 ’de gösterilen 0’ına tekabül etmektedir. Daha karmaşık tasarım çözümleri için veya kuralcı çözümler uygulanabilir olmadığı durumlarda, nicel analizler gerekmektedir. Bu durumda en yaygın nicel yöntemler deterministik analizler ve olasılık analizleridir [43].



Şekil 2.25. Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Hem deterministik hem de olasılıksal analizler, tasarımın performansını analiz etmek için yangın senaryolarını kullanır. Deterministik analizlerde, girdi değerleri güvenilir olan en kötü durumu temsil edecek şekilde seçilir. Dolayısıyla, analizin sonucun da makul bir üst sınırın tahmin edildiği düşünülmektedir. Bu yaklaşım Şekil 2.26 'de verilen Pate-Cornell Risk Seviyelerinden Seviye 2'ye karşılık gelir. Olasılık analizlerinde ise giriş değerleri sadece tek değerlerle tanımlanmamıştır. Bunun yerine, giriş değerleri olasılık dağılımları ile tanımlanır, bu nedenle bu yaklaşım Pate-Cornell'deki [48] Seviye 4'e karşılık gelir. Söz konusu risk seviyelerinin tamamını anlayabilmek için genel olarak aşağıda verilen örnekler üzerinden değerlendirme yapılabilir.

Seviye 0, belirli bir kimyasal kanserojen mi? sorusunun cevabının verilmesi gibi bir tehlikenin basit bir şekilde tanımlanmasını ifade ederken, Seviye 1'de en kötü durum yaklaşımı örneğin, belirli bir olayda maksimum potansiyel mağdur sayısı nedir? gibi bir sorunun cevabı aranır. Seviye 2'de bir bölgedeki “maksimum olası sel” veya “maksimum olabilir deprem” nedir? örneği gibi en kötü durumlar ve makul üst sınırlar belirlenir. “En iyi tahminler” yani, bir kimyasal tesisteki bir kazanın veya bir kazada kayıp olasılığının “en güvenilir” tahmini nedir? yaklaşımı seviye 3'e karşılık gelmektedir. Seviye 4 Ortalama olasılıklara veya olayların gelecekteki olma sıklıklarına dayanan birinci dereceden olasılık risk analizidir. Belirli bir barajın farklı başarısızlık derecelerinde belirtilen kayıp seviyelerini aşma olasılığı nedir? sorusu örnek verilebilir. Epistemik (temel) ve şansa dayalı belirsizliklerin (rastgelelik) tam temsili ve ayrılmasına dayanan ikinci dereceden olasılık risk analizi yapılır. Şu anda nükleer enerji endüstrisinde gerekli olan tam belirsizlik analizinin yapılması seviye 5 için örnek gösterilebilir.

SEVİYE	DURUM / DEĞER / ANALİZ	OLASILIK
Seviye 0	Tehlikenin Seviyesi? Kanserojen: Evet / Hayır	---
Seviye 1	En Kötü Durum (En kötüsü ne kadar kötü? Tüm popülasyon)	[VARSAYIM]  Q _L (I) { Birim zamanda aşma olasılığı
Seviye 2	Yarı En Kötü Durum (Makul üst değer: Kanserojenin EPA değerlendirmesi) . En hassas türler . Doğrusal model (eşik yok) . %95 uyum . Hayvandan insana (vücut yüzeyi)	[VARSAYIM]  Q _L (I) Tamamlayıcı kümülatif dağıtıcı fonksiyon
Seviye 3	"EN İYİ TAHMİN" MERKEZ (?) DEĞER 	[VARSAYIM]  f _L (I) Fonksiyon yoğunluğu olasılığı
Seviye 4	OLASILIK VE RİSK ANALİZİ 	[VARSAYIM]  f _L (I) Fonksiyon yoğunluğu olasılığı Q _L (I) Risk eğrisi
Seviye 5	BELLİ OLMAYAN RİSKİN GÖRÜLMESİ Rastgele değişkenler olarak gelme sıklığı (FF) Risk eğrileri ailesi (zaman birimi başına olasılık)	[VARSAYIM]  Q _L (I) FF _{orta} , FF ₉ , FF ₅ , %95, %5, Orta

Şekil 2.26. Pate-Cornell Risk Seviyeleri [48].

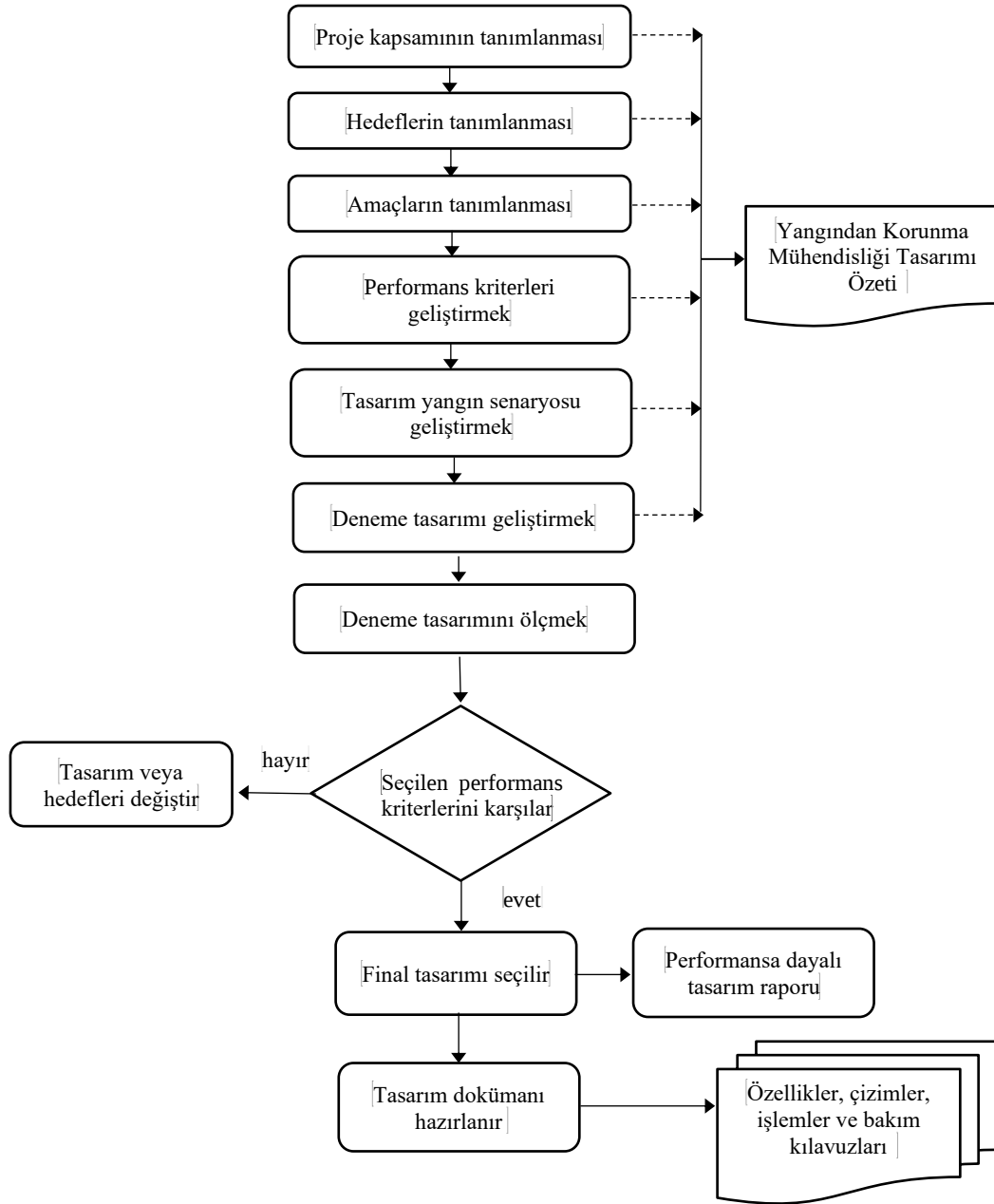
Yangın güvenliği tasarımının amacına bağlı olarak, farklı tasarım yangın senaryoları gerekebilir. Tasarım yangın senaryoları seçildiğinde, her yangın senaryosunda varsayılan yangın özelliklerinin nicel (kantitatif) bir açıklaması yapılır. Bu varsayılan yangın özelliklerine tasarım yangını denir, yani her tasarım yangın senaryosuyla ilişkili bir tasarım yangını vardır.

Tasarım yangını genellikle açığa çıkan ısı oranı (HRR), yangın yükü yoğunluğu, toksik türlerin üretim oranı ve duman üretim hızı ile tanımlanmaktadır. Açığa çıkan ısı oranı, yangın tehlikesinde en önemli değişken olarak tanımlanmıştır, dolayısıyla tasarım yangını tahmin edilmesi gereken çok önemli bir kavramdır. ISO_13387-2’de Tasarım Yangını “Tasarım yangın senaryosu içerisinde varsayılan yangın özelliklerinin nicel tarifidir. Genellikle, ısıнын açığa çıkma oranının, yangının yayılmasının, duman ve zehirli maddelerin açığa çıkmasının ve sıcaklığın zamana bağlı değişiminin ideal şekilde tarifidir.”, tasarım yangın senaryosu ise “Üzerinde analiz yapılacak belirli bir yangın senaryosu” olarak tariflenmiştir [49].

Tasarım yangınının seçilmesinde geleneksel ve en yaygın yöntem, tahmini kullanım ve doluluk durumuna göre tasarım yangınlarının seçilmesidir. Bu genellikle, kullanım ve doluluk durumuna bağlı olarak önerilen değerlere göre yangın büyüme hızının seçildiği bir t^2 yangını varsayılarak yapılır. Bazen, tasarım yangını için en yüksek ısı bırakma oranı, havalandırma limitleri, yakıt yükleri veya yağmurlama aktivasyonu ile hesaplanır. Ancak, tasarım yangını seçerken çoğu zaman çok az mühendislik çalışması vardır. Bu nedenle, daha ayrıntılı olarak seçilen bir tasarım yangını, ortaya çıkan tasarım yangını varsayımına ve ileriki bölümlerde ayrıntıları verilen yangın güvenliği tasarımına daha fazla doğruluk katacaktır.

Yangın Güvenliği Tasarım Süreci

Performansa dayalı çözümler için, yangın güvenliği tasarım süreci metodik bir yaklaşıma göre yapılmalıdır. Böyle bir metodik yaklaşım SFPE Mühendislik Kılavuzunda Performansa Dayalı Yangından Korunma Analizi ve Binaların Tasarımı için önerilmektedir (Şekil .27).



Şekil 2.27. Performansa Dayalı Yangından Korunma Analizi ve Binaların Tasarımı SFPE Mühendislik Kılavuzu'nda açıklanan performansa dayalı yangın güvenliği tasarım süreci.

Süreç, projenin kapsamını tanımlayarak başlar, böylece yangından korunma mühendisi tasarımın sınırlarını bilir. Bu adım, genellikle proje paydaşlarının tanımlanmasını, tasarlanacak nesnenin kullanım amacını, uygulanabilir kodları ve düzenlemeleri, ayrıca proje bütçesi ve programındaki limitleri içerir. Bir sonraki adım, projenin yangın güvenliği hedeflerini belirlemek ve nitel olarak tanımlamaktır. Yangın güvenliği hedefleri can güvenliği, mülklerin korunması, operasyonların sürekliliğinin korunması ve çevre koruma

gibi dört temel kategoriye ayrılabilir. Hedefler zorunlu düzenlemelerden veya bina projesinin komisyoncusundan gelebilir. Projenin hedefleri belirlendiğinde, yangın güvenliği amaçları daha fazla iyileştirilmelidir. Temel olarak yangın güvenliği amaçları, inşaat komisyoncusunun hedefleri ve tasarım hedefleri olmak üzere iki farklı kategoriye ayrılır. İlki, genellikle kabul edilebilir kayıp veya kabul edilebilir risk seviyesi ile tanımlanır. Örneğin, bir inşaat komisyoncusunun amacı yangına bağlı maksimum bir aksama süresi veya parasal şartlarda maksimum hasar olabilir. Yangından korunma mühendisinin görevi, bu amaçları, tasarım güvenliği olarak adlandırılan ve yangın güvenliği mühendisliği terimlerinde ölçülebilen değerlere dönüştürmektir. Tasarım amacına örnek, flashoveri önlemek veya yangının başlangıç odasından dışarı yayılmasını önlemek olabilir. Tasarım amaçları ölçülebilen değerlerden ziyade mühendislik terimlerinde tanımlandığı için performans kriterleri olarak ifade edilmelidir. Performans kriterleri, sıcaklık, duman veya toksik gaz konsantrasyonları, duman katmanına olan mesafe veya diğer ölçülebilen veya hesaplanabilir parametreler için eşik değerleri içerebilir. Performans kriterleri belirlendiğinde, mühendisin bu kriterleri karşılayan tasarım alternatifleri geliştirmesi ve analiz etmesi gerekir. Bu, önce meydana gelebilecek muhtemel yangın senaryolarını tanımlayan bir risk tanımlaması yapıp ardından tasarım yangın senaryoları adı verilen analiz edilecek en uygun yangın senaryolarını seçerek yapılır. Proje kapsamına, performans kriterlerine ve tasarım yangın senaryolarına dayanarak bir veya daha fazla potansiyel tasarım çözümü (deneme tasarımları) yaratılır. Bu aşamada, inceleme ve uygunluk için paydaşlara dağıtılan bir Yangın Koruma Mühendisliği Tasarım Özeti geliştirmek faydalıdır. Bu tasarım özeti, proje kapsamını, hedeflerini, amaçlarını, deneme tasarımlarını, performans kriterlerini, tasarım yangın senaryolarını ve analiz yöntemlerini belgelendirmelidir. Bu konuların belgelenmesi ve üzerinde anlaşılması, daha sonraki süreçlerde olası yanlış anlaşılımları önlemek üzere yapılmalıdır.

Deneme tasarımlarının her biri daha sonra performans kriterlerine uyup uymadıkları bağlamında değerlendirilir. Değerlendirme, nitel veya nicel analizlerle yapılabilir [50]. Deneme tasarımları performans kriterlerini karşılamazsa, yangından korunma mühendisinin tasarımı değiştirmesi ve ardından yeni oluşturduğu tasarımı tekrar değerlendirmesi gerekir. Performans kriterlerini yerine getirebilecek bir tasarım bulunmuyorsa, yangın güvenliği hedefleri ve performans kriterleri yeniden değerlendirilebilir. Hedefler veya performans kriterleri, değerlendirme sırasında ortaya çıkan yeni bilgilere dayanarak çok yüksek olarak değerlendirilebilir ve bu nedenle belki de değiştirilebilir. Performans ölçütlerini karşılayan

bir veya daha fazla deneme tasarımı varsa, bunlar arasında son bir tasarım seçilir. Performansa dayalı tasarım raporu olarak adlandırılan tüm analiz ve tasarım süreci boyunca alınan karar ve sonuçların eksiksiz bir belgelendirmesini yapmak gerekir. İşlemdeki son adım, şartnameler, çizimler, bina işlemleri ve bakım kılavuzlarını içeren ayrıntılı tasarım dokümanları yapmaktır. Bu, yangın güvenliği tasarım sürecinin sadece kısa bir incelemesidir

Deneme tasarımlarının performans kriterlerini karşılayıp karşılamadığının belirlenmesine yönelik değerlendirme süreci, tasarımın kapsamının gereklerine bağlı olarak farklı şekillerde yapılabilir. Tasarımı analiz etmek için nitel ve nicel analiz olmak üzere temelde iki farklı yöntem vardır. Nitel analizler, önerilen tasarım çözümü, tasarımın performansını, kurallara uygun tasarım çözümleri ile karşılaştırarak, mantıksal akıl yürütme, istatistikler, deneyimler veya testlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirmektedir. Nicel analizler deterministik veya olasılıklı olabilir. Deterministik analizler ile olasılıklı analiz arasındaki temel fark, ilkinde her tasarım yangın senaryosunun olasılığının niteliksel olarak tanımlanmasıdır, ikincisi için ise nicel olarak tanımlanmasıdır. Hem deterministik hem de olasılıksal analizde her bir tasarım senaryosunun sonucu hesaplanır ve nicel olarak tanımlanır.

Deterministik Analizler

Deterministik analiz veya senaryo bazlı analiz, yangın güvenliği tasarımını değerlendirmek için çok yaygın bir yaklaşımdır. Bir binadaki muhtemel yangın senaryolarının sayısı neredeyse sonsuz olduğundan, yangın senaryoları temsili yangın senaryoları ile sınırlıdır. Dolayısıyla bir yangın senaryosu kümesindeki senaryoların ortalama sonucu makul bir tahminini sağlayacak temsili bir yangın senaryosu varsayılarak oluşturulur. Her yangın senaryosu kümesi, benzer senaryo özelliklerine sahip bir grup yangın senaryosuyla ifade edilir [43]. İlgili yangın senaryolarının seçiminin yapılması sonucunda yangın senaryolarının sayısı analiz için yönetilebilir hale getirilir. Seçim, çoğu zaman, yangın senaryo kümelerinin yangın güvenliği için potansiyel olarak büyük bir tehlikeye neden olduğu durumlara dayanarak yapılabilir. Burada, tehlike genellikle yangın senaryosunun ortaya çıkma olasılığı ve olması halinde ortaya çıkan sonuç olarak tanımlanan yangın güvenliği hedefleri için risk olarak ifade edilir. Ayrıca, tasarım yangın senaryolarının seçimi zorunlu düzenlemeler ve tavsiyeler ile de belirlenebilir. Seçilen tasarım yangın senaryoları

mümkün olan en kötü veya ortalama kötü yangın senaryosu değil, en kötü güvenilir yangın senaryoları olacak şekilde oluşturulmaktadır. Ortalama bir yangın senaryosu veya en muhtemel yangın senaryosu için tasarım yapılması, yangın güvenliği konusunda daha kötü bir olasılık olabileceğinden, yangın güvenliğini azaltacaktır. Olası en kötü yangın senaryosunun seçilmesi ise aşırı korunumlu ve pahalı bir tasarıma yol açacağından tasarım yangın senaryosunun seçiminde dikkatli davranılmalıdır.

Tasarım yangını varsayılan her yangın özelliğinin en kötü güvenilir yangını tanımlayacak şekilde seçilmeye çalışılmalıdır. Bu, birçok farklı malzeme ve nesneye ait verilere bakarak ve verinin üst bölgesinde (veya parametreye bağlı olarak alt bölgede) bir değer seçerek yapılır. Örneğin, farklı kanepeler için en yüksek ısı bırakma oranlarına bakarak, eğer istatistiksel veriler büyükse %95 değeri seçilebilir. Yalnızca birkaç tepe ısı tahliye oranı verilirse, maksimum değer kullanılması veya başka bir değer daha uygun olması durumunda mühendislik kararı verilmelidir. Çok az veri için, daha koruyucu değerlere ihtiyaç vardır. Bununla birlikte tasarım yangını seçiminin tasarım yangın senaryosunun seçiminin bir parçası olarak düşünülmesi gerekir. Bu, tasarım yangını seçiminin, tasarım yangını senaryosunun seçiminden tamamen yalıtılmadığı anlamına gelir, çünkü tasarlanması gereken en kötü tasarım yangını senaryosudur. Hızlı yangın gelişimi olan bir yangın için yoğun doluluklu bir kapalı hacimde hareket öncesi ve seyahat süresinin çıkışa gidişinin engellendiği bir tasarım yangın senaryosu aşırı korunumlu bir tasarıma yol açabilir. Dolayısıyla örneğin, tahliye analizi çok korunumlu ise seçilen tasarım yangını daha az korunumlu olabilir.

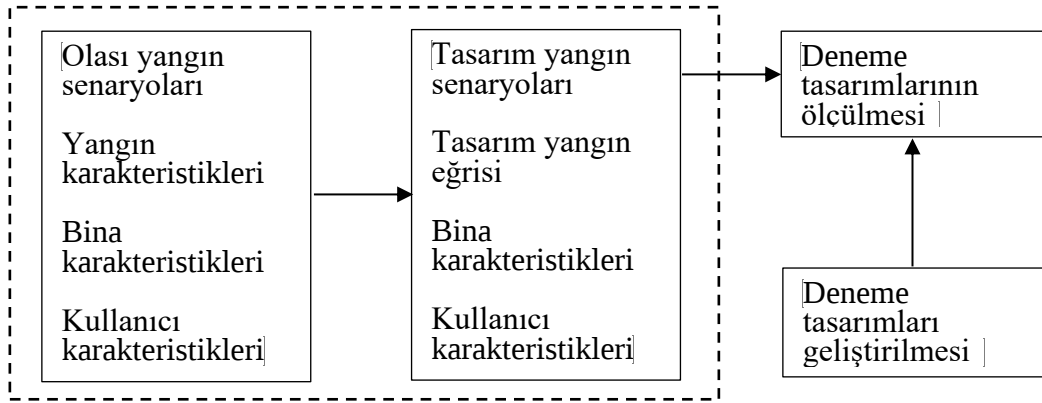
Olasılık Analizleri

Olasılık analizinde, her bir yangın senaryosunun kümelenmesinin hem olasılık hem de sonucu ölçülmüştür. Bir yangın senaryosu kümesinin sonucunun, deterministik analizdeki yaklaşıma benzer temsili yangın senaryoları, tasarım yangın senaryoları analiz edilerek tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, olasılık analizi çoğu zaman güvenilir değerler kullanmak yerine girdi dağılımlarındaki belirsizlikleri olasılık dağılımları ile açıklar. Olasılık analizinin temel avantajı, yangın senaryolarından kaynaklanan toplam riskin, farklı risk önlemleri kullanılarak ölçülebilmesidir. Önerilen tasarımın güvenliği daha sonra gerçek riski tolere edilebilir bir risk seviyesiyle karşılaştırarak sağlanabilir.

Tasarım Yangın Senaryosu

Yapının uygun yangın performansı değerlendirmesi için, tasarım yangın senaryolarının ve tasarım yangınlarının seçimiyle birlikte yangın senaryolarının tanımlanması gerekir. Niteliksel olarak tanımlanan olası yangın senaryoları “filtrelenmeli” ve senaryolar kümesinde sınıflandırılarak her küme için, kümenin meydana gelme olasılığı ve sonuçta ortaya çıkan risk açısından karakterize edilmelidir. Tahmini risk nitel veya nicel olabilir (yapılan risk analizine ve duruma göre gerekliliğe bağlı olarak) [51].

Performans Temelli Yangından Korunma yaklaşımında SFPE Mühendislik Kılavuzu, tasarım yangın senaryolarını tanımlamak için Şekil 2.28'de gösterildiği gibi iki adımlı bir süreç öngörmüştür. ISO/TS 16733'ye göre Yangın senaryolarını seçmek ve tanımlamak için kullanılan adımlar ise Çizelge 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.28. Tasarım yangın senaryosu tanımlama süreci [47].

Yangın senaryoları bina karakteristikleri, kullanıcı karakteristikleri ve yangın karakteristikleri olmak üzere üç unsurdan oluşur. Bina özellikleri ya mevcut bir binanın incelenmesi, ya mimari tasarım planlarının gözden geçirilmesi ya da deneme tasarımı stratejisinin bir parçası olarak belirlenir [47]. Yangın senaryolarının belirlenmesinde farklı bir yaklaşım da muhtemel yangın senaryolarını, meydana gelme ihtimallerine göre temel tasarım yangın senaryoları, yüksek zorluk gerektiren yangın senaryoları ve en kötü durum yangın senaryoları olmak üzere üç farklı gruba ayırmaktır. Temel tasarım yangın senaryoları, makul bir oluşma ihtimaline sahip senaryolardır ve bu kategorideki temsili senaryolar yangın güvenliği tasarımını değerlendirmek için kullanılır. Bununla birlikte, yüksek zorluk gerektiren yangın senaryoları başarısızlık olaylarını ve hala mümkün olduğu

düşünülen diğer olağan dışı olayları temsil ederler. Bu nedenle, tasarım bu kategorideki senaryolar için de yeterli yangın güvenliğine sahip olmalıdır. En kötü yangın senaryoları, şiddeti ve sonuçları yüksek, ancak oluşma ihtimali düşük olan senaryolardır. Tasarım için kullanılmazlar, ancak çok düşük olasılıklara sahip olduklarından emin olmak için bu kategori yine de göz önünde bulundurulmaktadır [46].

Çizelge 2.7. Yangın senaryolarını seçmek ve tanımlamak için kullanılan adımlar [52].

ISO/TS 16733'ye göre adımlar	Açıklama
1. Yangının yeri	Yangının başladığı alan ve alan içindeki belirli bir yer karakterize edilir.
2. Yangının tipi	Potansiyel yangınların tutuşması, başlangıç yoğunluğu ve büyümesi karakterize edilir.
3. Potansiyel yangın tehlikeleri	Mülkün veya tasarımın amaçlanan kullanımı ile ilişkili yangın tehlikelerinden doğabilecek yangın senaryolarını tanımlanır.
4. Yangına etki eden sistemler	Yangın güvenliği sistemlerini ile yangının seyrini veya savunulamaz koşulların gelişimi olması muhtemel özellikler belirlenir. Her bir sistemin veya özelliğin başlangıç durumu karakterize edilir
5. Kullanıcı tepkisi	İnsanların yangın sırasında veya dumanın hareketi üzerinde olumlu ya da başka şekilde önemli etkileri olabilecek eylemler belirlenir.
6. Olay ağacı	Yangın tutuşmasından yangın senaryolarıyla ilişkili sonuca kadar alternatif olay dizilerini temsil eden bir olay ağacı oluşturulur.
7. Olasılığın dikkate alınması	Mevcut veriler ve / veya mühendislik muhakemesi kullanılarak her olayın meydana gelme olasılığı tahmin edilir
8. Sonuçların dikkate alınması	Mevcut kayıp verileri ve / veya mühendislik muhakemesi kullanılarak her senaryonun sonucu tahmin edilir
9. Risk sıralaması	Senaryoları göreceli risk sırasına göre sıralanır. Göreceli risk, sonucun (adım 8) senaryonun meydana gelme olasılığı (adım 7) ile çarpılmasıyla değerlendirilebilir.
10. Son seçim ve dokümantasyon	Her yangın güvenliği hedefine yönelik, nicel analiz için en yüksek dereceli yangın senaryoları seçilir. Seçilen senaryolar kümülatif riskin büyük bölümünü temsil etmelidir (tüm senaryoların riskinin toplamı)

Tasarım hedefine bağlı olarak, farklı tasarım yangın senaryolarına ihtiyaç duyulabilir. Tasarım yangın senaryolarının seçimi seçilmeyen yangın senaryolarını iyi temsil etmeleri bağlamında çok önemlidir. Çünkü başlangıçta seçilen tasarım yangın senaryosunun analiz için seçilmeyen diğer yangın senaryolarının bile tasarıma dahil edilmeleri halinde sonuçları değiştirmeyecek şekilde yangın güvenliği hedefini temsil ediyor olması gerekir.

Tasarım yangın senaryoları seçildiğinde, her yangın senaryosunda varsayılan yangın özelliklerinin nicel bir açıklaması yapılır. Bu varsayılan yangın özelliklerine tasarım yangını denir, yani her tasarım yangın senaryosuyla ilişkili bir tasarım yangını vardır. Tasarım

yangını, genellikle açığa çıkan ısı oranı, yangın yükü yoğunluğu, toksik türlerin üretim hızı ve duman üretim hızı olarak tanımlanmaktadır. Isı tahliye oranı o kadar önemlidir ki, yangın tehlikesinde en önemli değişken olarak tanımlanmıştır, bu nedenle tasarım yangının doğru bir şekilde tahmin edilmesi çok önemlidir (Çizelge 2.7).

Tasarım yangınlarını seçme yöntemi

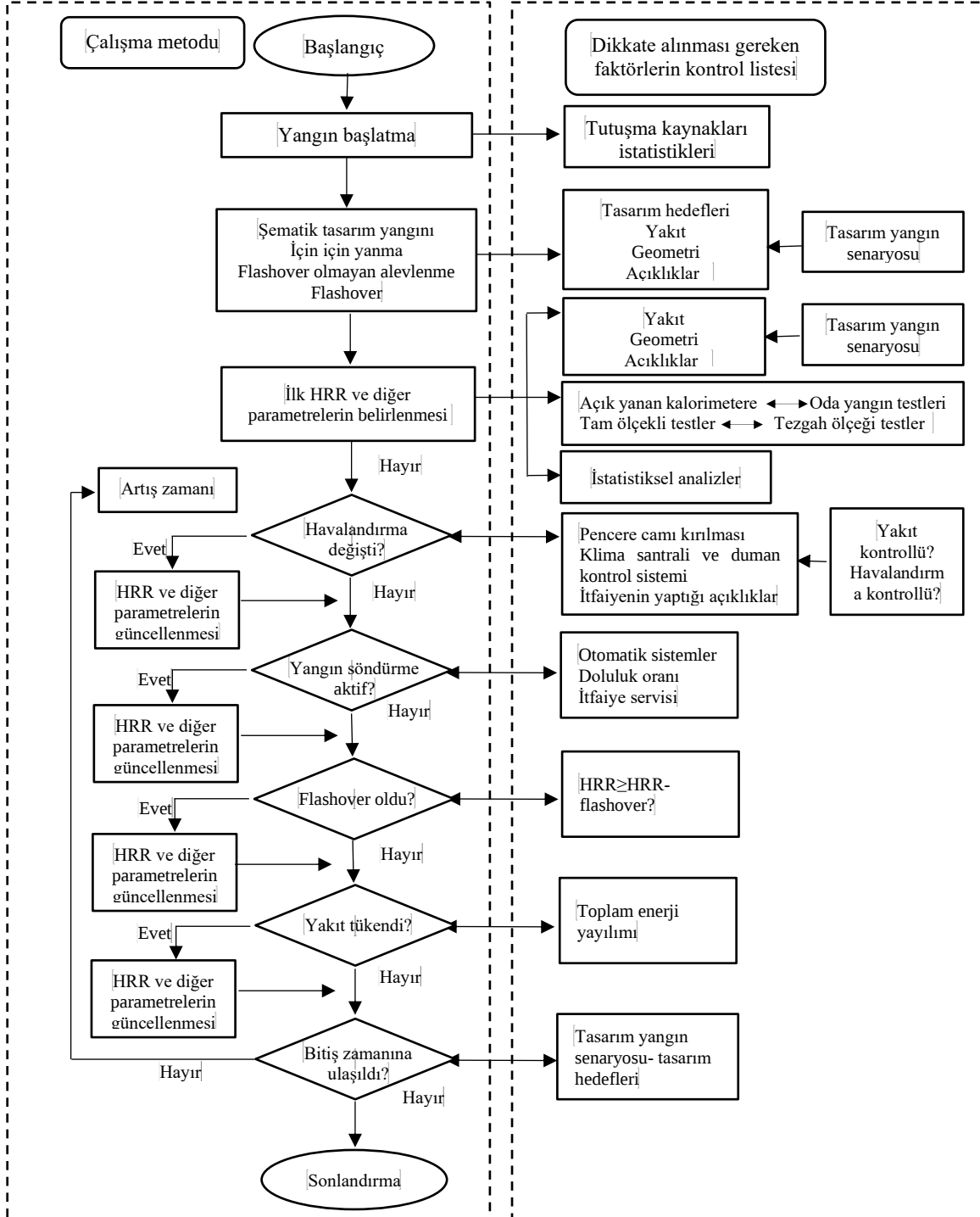
Tasarım yangını, deterministik ya da olasılık analizlerinde belirlenen birçok faktörden etkilenir. Tasarım yangınını seçebilmek için belirlenen analiz işleminin ardından bina özellikleri, kapalı hacim özellikleri, çevre koşulları, yakıt özellikleri, tasarım yangın senaryosu girdileri de çok iyi değerlendirilmek zorundadır. Yangın güvenliği tasarım sürecinin analizinde tespit edilebilecek tasarım yangını seçimini etkileyen faktörlerin kontrol listesi Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Tasarım yangını seçimini etkileyen faktörlerin kontrol listesi.

Tasarım yangınını etkileyen faktörler	
Bina özellikleri	Binanın ölçüleri
	Binanın geometrisi
	Yapının konstrüksiyonunun niteliği (malzemeler ve yöntem)
Kapalı hacim özellikleri	Duvar ve tavan kaplamaları
	Havalandırma koşulları (doğal veya mekanik)
	Muhafaza sınırlarının termal özellikleri
Çevre koşulları	Ortam sıcaklığı koşulları
	Ortam hava hareketi
Yakıt özellikleri	Yakıt tipi
	Yakıt miktarı
	Yakıt yeri
	Yakıt düzenleme
	Duvar ve astarlar
Tasarım yangın senaryosu	Tutuşma kaynakları
	Tutuşma noktası
	Tutuşma kaynağının yakıtı
	Yangın büyüme türü
	Olağandışı yangın tehlikesi
	Yangının büyümesini etkileyen olaylar Ör. Pencere kırılması

Tasarım yangınlarının seçilme süreci, tasarım yangın senaryolarının gelişimine bir şekilde entegredir ve bu nedenle tasarım yangınında kurulan parametrelerin tasarım yangın senaryosunu etkileyebileceği tersi durumların oluşması halinde parametrelerin yenilenmesi

gereken bir süreçtir. Tasarım yangınının seçilme sürecine ilişkin örnek bir çalışma yöntemi Şekil 2.29'da gösterilmiştir.



Şekil 2.29. Tasarım yangını seçme yöntemi örneği [53].

Bölge (Zone) modelleri ve Saha (Field) modelleri gibi bazı bilgisayar modelleri tasarım yangını senaryosundaki etkileri modelleyebilmekte ve tasarım yangını bunlara göre değiştirebilmektedir. Yağmurlama sistemlerinin devreye girmesinin, pencere camı kırılmasının ve duman yönetim sistemlerinin devreye girmesinin etkisi bilgisayar modellerinde modellenebilecek faktörlerdir. Ek olarak, bilgisayar modellerinin sürekli gelişimi, tasarım yangın senaryosunda daha fazla etkinin modellenmesinin sağlanmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Ancak, yangından korunma mühendisi, bu tür faktörlerden gelen tasarım yangını üzerindeki etkinin bir bilgisayar modelinde modellenip modellenmemesi gerektiğini veya bunun yerine tasarım yangını seçerken bunun dikkate alınmasının gerekli olup olmadığını değerlendirmelidir.

Bir tasarım yangının seçimindeki süreç aşağıda adım adım açıklanmıştır.

Adım-1 Yangın başlatma

Sürecin ilk adımı, tasarım yangın senaryosunda belirlenmemişse, yangının başlatılmasını tanımlamaktır. Yangının başlatılması, yangın işlemini ve kendi kendine sürdürülebilir bir yanma reaksiyonunun geliştirilmesini içerir. Yangın güvenliği değerlendirmesinde normal bir varsayım, yangının başlatılmasının çoktan meydana geldiğidir ve bu nedenle yangın başlatma aşaması, tasarım yangın eğrisinde genellikle yer almaz. Ön yangın süresi olarak da adlandırılan yangın başlatma aşaması, tasarım yangınında hariç tutulursa, bu aşamada üretilen dumanı müteakip hesaplamalarda dikkate almak önemlidir. Yani algılama sisteminin etkinleştirilmesi için, halihazırda üretilen dumanı göz ardı etmek elzem bir seçim iken, bir binadaki insanları etkileyen dumanın hesaplanması tolere edilebilir bir seçimdir. Bununla birlikte, tasarım yangınının ilk özelliklerini tanımlamak için yangının başlatılmasının analizi gerekli olabilir. Söz konusu durum ilk önce tutuşması muhtemel olan tutuşma kaynaklarını veya yakıt paketini mühendislik kararına veya ilgili yangın istatistiklerinin analizine dayalı olarak belirlemektir. Potansiyel tutuşma kaynakları aşağıda listelenmiştir:

- . Sigara ile ilgili malzemeler
- . Açık alevler
- . Elektrikli, gaz veya yağ ısıtıcıları
- . Isı ile ilgili çalışma , yemek pişirme

- . Motorlar veya kazanlar
- . Makine veya ofis ile aydınlatma ekipmanları
- . Tahrik kayışlarından sürtünme
- . Reaktif tozlar
- . Statik elektrik
- . Metal etkisi
- . Kundakçılık

Adım 2 - Şematik tasarım yangını

Potansiyel yangın kaynağı ve havalandırma koşulları ile birlikte ilk olarak tutuşması muhtemel yakıtın cinsi ve miktarıyla birlikte, yangının alev alıp almayacağı bu aşamada değerlendirilir. Şematik tasarım yangının, tasarım amaçlarına veya etkilenen düzenlemelere bağlı olarak, zaten tasarım yangını senaryosunda karar verilmiş olması gerekmektedir. Yasal düzenlemelerin uygulanmadığı durumlarda bile, yaşam güvenliğini değerlendirmek için iyi seçilmiş bir tasarım yangın senaryosu grubu, çoğu durumda hem için için yanan hem de alevli yangın senaryoları içermelidir, çünkü iki ayrı tip farklı tehlikelere neden olmaktadır. Yaşam güvenliğini değerlendirmek için bir grup tasarım yangın senaryosu, çoğu durumda hem için için yanan hem de alevli yangın senaryolarını içerebilir.

Adım 3 - İlk yangın özellikleri

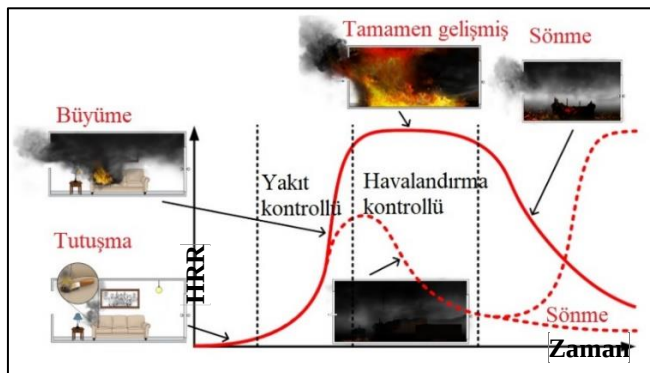
Şematik tasarım yangını tespit edildiğinde, bir sonraki adım, ısı tahliye hızı, yangın büyüme hızı, yanan malzemelerin oranları verimleri ve yangın yükü gibi başlangıç yangın karakteristiklerini belirlemektir. Bu, ilgili ürünlerin yangın özelliklerini, bina geometrisini ve tasarım yangın senaryosunda açıklandığı gibi mevcut açıklıkları analiz ederek yapılabilir. Bu bilgilerle yangının nasıl gelişip yayılacağını tahmin etmek mümkündür. Bir malzemenin yangın karakteristiği yani malzemenin yangın performansı ve olası bir yangının başlamasına olan katkısı açığa ısı ölçerleri, oda yangın testleri, tam ölçekli testler gibi yangına tepki testleri ile tayin edilebilir. Tasarım yangın senaryosundaki ürünlere ve doluluklara dayanarak, gerçek ürün, benzer ürünler veya doluluk bazlı yakıt paketleri için ilgili test verileri bulunabilir. İlk yangın özelliklerini elde etmek için uygun test verilerinin istatistiksel analizi de yapılabilir. Tüm bahsedilen yöntemlerin bir karışımı da yaygındır. Test verileri

kullanılıyorsa, kullanılan test yönteminin sınırlarını bilmek ve dikkate alınması gereken muhafaza veya ölçeklendirme etkileri olup olmadığını bilmek önemlidir.

İlk yangın özellikleri de tasarım yangın senaryosunda önceden tespit edilmiş olabilir. Zorunlu düzenlemeler ve tavsiyeler, belirli bir yangın büyüme oranı ve en yüksek ısı tahliye oranı ile tasarım yangın senaryosunun analizini gerektirebilir. İlk yangın özellikleri, sadece büyüme periyodunun veya büyüme aşamasının, tamamen gelişmiş aşama ve bozulma aşamasının tam bir açıklaması olabilir. İlk yangın özelliklerine bağlı olan birçok faktör vardır; bu nedenle, ilk yangın özellikleri bu faktörlerin etkilerine göre değişebilir. Ayrıca, bilgisayar modellerinin geliştirilmesi, bu faktörlerin çoğunun doğrudan bilgisayar modelinde dikkate alınmasına imkân verebilmektedir. Dolayısıyla ilk yangın özellikleri üzerindeki faktörlerden olan havalandırma, yangın söndürme sistemleri, flashover vb. faktörlerden kaynaklanan etkisinin, en azından kullanılan bilgisayar modelinin sonucuyla karşılaştırılması için manuel olarak tahmin edilmesi önerilir.

Adım 4 – Havalandırma

Açığa çıkan ısı oranı ve yanma ürünlerinin verimini etkileyen en önemli etkenlerden biri de havalandırma koşullarıdır. Süreç içerisinde Şekil 2.30’da görüldüğü gibi yangın, yakıt kontrollü yangın ve havalandırma kontrollü yangın olma arasında değişebilir. Bu yangının doğal aşamalarından veya havalandırmayı etkileyen faktörlerden kaynaklanabilir. Örneğin, bir cam kırılması, bir duman kontrol sisteminin devreye girmesi veya söndürme ekipleri tarafından oluşturulan açıklıklar havalandırma değişikliklerine neden olur. Bu nedenle, bu faktörlerin mevcut havalandırmayı ne zaman değiştireceğini hesaplamak ve bunun yangını nasıl etkileyeceğini belirlemek gerekebilir.



Şekil 2.30. Yakıt kontrollü ve havalandırma kontrollü yangın gelişimi [54].

Adım 5 - Yangın söndürme

İlk yangın özelliklerini etkileyen önemli bir diğer faktör, herhangi bir söndürme sisteminin aktifleştirilmesidir. Bu nedenle ilk yangın özellikleri, bir söndürme sisteminin aktivasyonu varsa değiştirilmelidir. Yangın üzerinde birçok olası etki olabilir; yangının alevlenmeye yol açmasını önleyebilir, yangın büyüme hızını veya pik açığa çıkan ısı oranını azaltabilir veya yangını tamamen söndürebilir. Söndürme sistemi, otomatik bir su fiskiye sistemi, kullanıcılar tarafından yapılan yangın söndürme faaliyetleri ya da söndürme ekiplerinin müdahalesi olabilir. Yangın güvenliği analizinde, kullanıcıların yangını söndürebileceği yangın senaryolarının herhangi bir yangın senaryosu kümesini temsil ettiği düşünülmemektedir (yani yangın senaryosu, yangın senaryosu kümesinin ortalama sonucunu tahmin etmemektedir). Bu nedenle, bina kullanıcılarının her zaman etkili yangın söndürme faaliyetlerinde bulunacaklarına inanmak için çok iyi bir neden olmadıkça (örneğin, eğitilmiş endüstri yangın hizmetleri); kullanıcıların tasarım yangını etkilemeyeceği varsayılmaktadır. Aynı şey söndürme ekiplerinin müdahaleleri için de geçerlidir ve etkinliğinin hesaplanması için uygun bir model kullanılmadıkça, genellikle tasarım yangını etkilemeyeceği varsayılmaktadır.

Adım 6 – Flashover

Bir sonraki adım, bir flashover oluşma ihtimalinin olup olmadığını analiz etmektir. Flashoverın, üst tabaka sıcaklığı 500-600 ° C'ye ulaştığında veya bölmenin tabanına yayılan radyasyonun 15 ila 20 kW / m² arasında bir değere ulaştığında gerçekleştiği varsayılır. Ancak, bu varsayım sadece küçük kapalı hacimler için geçerlidir. Flashoverda bir yangında açığa çıkan ısı oranının en yüksek seviyeye yükseldiği varsayılır. Flashoverın ardından, yangın, mevcut yanıcı yüzeyler veya mevcut havalandırma ile sınırlandırılmış sabit bir açığa çıkan ısı oranına sahip, tam gelişmiş yangın olarak tanımlanır.

Adım 7 - Yakıt tüketimi

Yakıtın çoğu tüketildiğinde ve yangın artık bitişik parçalara yayılmadığında, açığa çıkan ısı oranı azalır ve yangının sönme (bozulma) aşamasında olduğu varsayılır. Bu durum normalde yakıtın yüzde 70-80'i tüketildiği zaman başlar [5,17,23]. Sönme başladığında, açığa çıkan ısı oranının varsayılan sönme oranına göre azaltılması gerekir. Deneysel veriler mevcut

değilse, sönme oranı mühendislik yaklaşımları ile hesaplanmalıdır. Sönme oranının doğrusal bir azalma, üstel bir azalma veya yangın artışının tersi olduğu varsayılabilir. Doğrusal bir sönme için, azalmanın bir zaman periyodu boyunca doğrusal olduğu varsayılır, böylece açığa çıkan ısı oranının integrali kalan yakıtın enerjisine karşılık gelir [5]. Yangın artışının sönme ile ters orantılı yani hızlı büyüyen yangınlar için sönmenin yavaş olduğu, yavaş büyüyen yangınlarda sönmenin hızlı olacağı kabul edilir. Bununla birlikte, birçok tasarım amacıyla (örneğin, can güvenliği tasarımı), sönme aşamasının başlangıcından sonraki analizler genellikle gereksizdir.

Adım 8 - Bitiş zamanı

Süreçteki son adım, bitiş zamanına ulaşıp ulaşılmadığını belirlemektir. Bitiş zamanına ulaşıldı ise aşağıdaki üç durum söz konusudur;

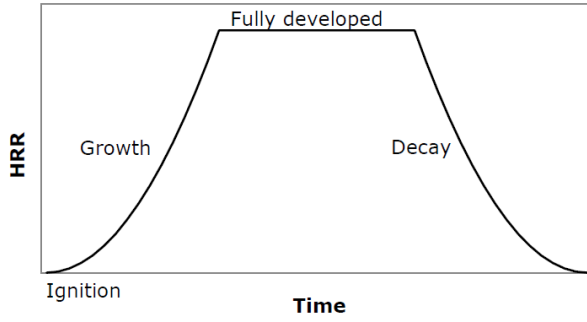
- . Tüm yakıt tüketilmiştir.
- . Tasarım yangın senaryosunda belirlenen bitiş süresine ulaşılmıştır.
- . Yangından korunma mühendisi tasarım yangınının yeterince uzun bir süresinin, tasarım amacını dikkate alarak deneme tasarımını değerlendirmek için gerekli bitiş zamanına ulaşıldığı kanaatine karar vermiştir.

Eğer bitiş zamanına ulaşılmadıysa, ilk tasarım yangını etkileyen faktörlerin analizinin bir sonraki tekrarı, bitiş zamanına ulaşana kadar yapılır.

Tüm bu adımlarda belirlenecek nicel parametreler için yangının nasıl oluştuğu ile ilgili bilgiler ileriki kısımlarda verilmiştir.

Tasarım Yangınlarının Ölçülmesi

Önceki bölümlerde yangın karakteristikleri niteliksel olarak açıklanmıştır. Bir yangının sonuçlarını değerlendirmek için, yangın karakteristikleri nicel olarak tanımlanmalıdır. Tasarım yangınının yangın özellikleri çoğu zaman açığa çıkan ısı oranı ve zaman arasındaki ilişki ile açıklanmaktadır. Bu aynı zamanda yangın gelişimindeki kilit aşamaların tahmini süresini, yani yangının büyüme, alevlenme, tamamen gelişmiş aşama ve bozulma aşamasını içerir. Bir tasarım yangını örneği, Şekil 2.31'de gösterilmektedir.



Şekil 2.31 Bir tasarım yangınının karakteristik özelliklerine örnek. [53]'e göre.

Kilit aşamaların gerçekleşmesi için geçen sürenin tahmini, söz konusu ürünlerin yangın özelliklerine dayanmaktadır. Yanan bir ürünün özellikleri, yangın istatistiklerini, yangın testlerini, yangın modellerini ve diğer veri kaynaklarını analiz ederek belirlenebilir. Bir ürünün yangın özelliklerini belirlemek için aşağıda verilen tipik yaklaşımlar kullanılabilir.

- 1) Söz konusu ürün için gerçek testleri kullanmak;
- 2) Benzer ürünler için gerçek testler kullanmak;
- 3) Benzer ürünler ve boyutsal özelliklere sahip testlerden elde edilen algoritmaları kullanmak;
- 4) Test edilmiş özelliklere ve malzemelere dayalı hesaplamaları kullanmak veya
- 5) Yangının yayılma ve gelişme modellerini kullanmak
- 6) Tasarım yangınının nicel açıklaması yani tasarım yangını, yalnızca tahmini kullanım ve doluluk durumuna göre belirlemek şeklinde sıralanabilir.

Gerçek testlerin kullanılması; Söz konusu ürün için gerçek testlerin mevcut olduğu yerlerde, yanan ürünün yangın özelliklerini ölçmek için kullanılabilirler. Bununla birlikte, binalar yeniden dekore edildiğinden, mobilyalar değiştirildiğinden, bu yaklaşım yalnızca muhafazadaki koşullar sabitlendiğinde uygundur. Bu nedenle başka bir yaklaşım, belirli bir ürün kategorisindeki örneğin döşemeli sandalye veya ahşap masa grubu gibi benzer ürünler için gerçek testin kullanılması olabilir. Yangından korunma mühendisi daha sonra en uç test değeri mi, ortalama değeri mi kullanmanın uygun olup olmadığını değerlendirebilir. Bir dizi testten değerlerin nasıl seçileceği hakkında daha fazla bilgi 2.5 bölümünde verilmiştir. Bu yöntem, mobilyaların sabitlenmesini gerektirmez ve bu nedenle geniş ölçüde yararlı olabileceği değerlendirilir [8]. Ayrıca, gerçek testleri kullanırken, kullanılan test yönteminin analiz edilen senaryoda uygulanabilir olup olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Testlerden türetilmiş algoritmaları kullanmak; Birçok durumda, yanan ürünün yangın özellikleri, benzer ürünler için test verilerinin toplanmasına bakarak ampirik korelasyonlarla ifade edilmiştir. Sıkça kullanılan bir korelasyon, Eş.(2.26)'de gösterilen bir havuz yangınından kütle kayıp oranını hesaplanmasıdır:

$$\dot{m}'' = \dot{m}_{\infty}''(1 - e^{-k_1\beta D}) \quad (2.26)$$

$\dot{m}''$ = birim alandaki serbest yanma kütle kaybı oranı [kg/m²s]

$\dot{m}_{\infty}''$ = büyük çap için yakıt yanma hızı [kg/m²s]

$k_1\beta$ = sıvı yakıtlar için malzeme sabiti [m⁻¹]

D = havuz çapı [m]

Test edilmiş özelliklere ve malzemelere dayalı hesaplamalar; Yangın karakteristikleri ile ilgili genel tahminler, bileşenlerin karakteristik yanma davranışları analiz edilerek de yapılabilir. Örneğin döşemeli mobilyalar için kumaş ve köpüğün yanma davranışına dayalı tahminler yapılabilir. Ürünlerin veya bileşen malzemelerin yangın özellikleri küçük ölçekli testlerle belirlenebilir. Burada, bu verileri büyük ölçekli davranışları tahmin etmek için kullanırken ölçeklendirme etkilerini dikkate almak önemlidir.

Yangının ve gelişimin matematiksel modelleri; Ürünle ilgili test verilerinin bulunmaması durumunda, yangın gelişimini öngörmek için matematiksel modeller ve yangın simülasyonları kullanmak mümkün olabilir. Bununla birlikte, kurucu malzemelerin temel fiziksel ve kimyasal özelliklerine ihtiyaç vardır. Bu yaklaşımda, alev yayılımı, ilgili alev yayma modelleri kullanılarak tahmin edilmektedir. Alev yayılımını hesaplamak için CFD simülasyonları kullanılmaya başlanmıştır.

Kullanım ve doluluk durumuna dayalı tahminler; Tasarım yangını miktarının ölçülmesine yönelik yaygın bir yaklaşım, yangın kullanım özelliklerini yalnızca kullanım ve doluluk durumuna göre tahmin etmektir. Çeşitli literatürlerde önerilen değerler bulunabileceğinden bu oldukça basit bir yöntemdir. Ancak bu yöntemde literatürde yer alan farklı referanslardaki aynı doluluk için farklı büyüme oranları değerleri bulunabilir [13,17,22]. Bu nedenle literatür kullanılması önerilen değerler ölçülü değerlendirmelere yol açmalıdır. Ancak kullanıcının değerlendirmenin ne kadar ölçülü olduğunu bilmesinin hiçbir yolu yoktur. Bu

nedenle, tasarım yangını, gerçek binadaki koşulların mühendislik değerlendirmesine dayalı olarak literatürün kullanılması yerine ölçülerek tasarım yangını ve daha sonraki değerlendirmelere daha fazla doğruluk katacağı değerlendirilmektedir.

Deneysel verilerdeki belirsizlikler

Tasarım yangınlarının seçilmesi için, açığa çıkan ısı oranı, yangın büyüme hızı, yanma ürünlerinin verimleri ve yangın yükü gibi parametreler, önceden açıklandığı gibi, malzemelerin ve ürünlerin yakıcı test verilerine bakılarak belirlenebilir. Test sırasında belirlenen koşulların parametreleri nasıl etkilediğini bilmek önemlidir.

Örneğin J. Anderson, L. Boström¹, R. Jansson McNamee, B. Milovanovi, yaptıkları bir çalışmada SP Fire 105 ve BS 8414-1'in kullanıldığı tam ölçekli cephe yangın testleri arasında tekrarlanabilirlik ve kurulumlardaki değişiklikleri ayırt etmek için modellemenin kullanılması konusunda bir karşılaştırma yapmıştır.

BS 8414-1'e göre iki test serisi, 2 farklı günde aynı cephe sistemleri kullanılarak dış ortam koşullarında tekrarlanırken (Şekil 2.32) , SP Fire 105 testi için İsveç'te bir dizi ortak cephe sistemi kapalı alanda test edilmiştir. Özellikle, sonuçlar, test düzeneğinin etrafındaki rüzgarın testler üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini ve cephe yüzeyine ısıya maruz kalmanın, cephenin önünde artan bir sıcaklığın olduğu test numunesinin kalınlığına bağlı olacağı deneysel olarak gözlemlenmiştir. Test numunesine ısıya maruz kalma, kontrol edilemeyen bir serbest yanan ateş kaynağı kullanıldığında (sırasıyla bu çalışmada heptan ve odun) daha sınırlı ölçüde değiştiği ve rüzgar olduğunda bu varyasyonun artacağı tespit edilmiştir [55].

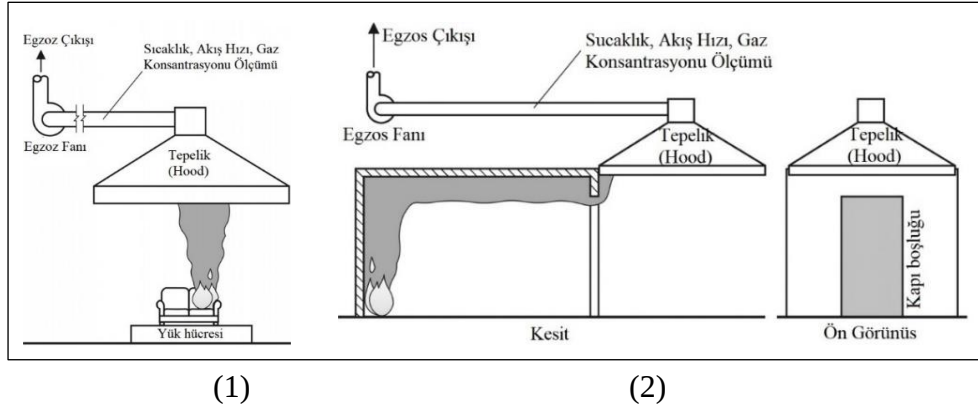


Şekil 2.32 BS-8414-1 test örnekleri

Açığa çıkan ısı oranı, yangın tehlikesi değerlendirmesinde en önemli değişken olarak tanımlandığından, günümüzün test yöntemlerinin çoğu ısı tahliye oranını ölçebilmektedir. Açığa çıkan ısı oranının ve diğer parametrelerin ölçümü, tam ölçekli veya tezgah ölçekli testlerle yapılabilir.

HRR'ın ölçülmesi; Açığa çıkan ısı oranını ölçen cihaza kalorimetre denir. 1980'lerde oksijen tüketimi kalorimetrisi gelişinceye kadar, yanan cisimlerin HRR'sini belirlemek için kütle kaybı yöntemi kullanılmıştır. Yanma sırasındaki ağırlığı ölçmek için malzemeler genellikle bir yük hücresinde yakılarak HRR, kütle kaybı ve malzemenin yanma ısısı hesaplanırdı. Aslında kütle kaybı yöntemi sadece bir yanma ısısı elde etmek için kullanılmıştır. Ayrıca, bir malzemenin yanma ısısı bir yangın sırasında her zaman sabit değildir. Birçok nesne, her biri kendi yanma ısısına sahip farklı malzemelerden yapılmıştır. Bu zorluklara rağmen, kütle kaybı yönteminden bazı yararlı veriler elde edilmiştir.

Oksijen Tüketim Kalorimetresi; Bu teknoloji, tüketilen birim oksijen başına salınan ısıнын çoğu malzeme için neredeyse sabit olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Bu sabit yaklaşık % 6 belirsizlikle tüketilen oksijen için lb başına 5630 Btu veya tüketilen kg başına 13.1 MJ'dir (Huggett 1980). , yüksek sıcaklıktaki egzoz fanına bağlı bir tepelik altında mobilya veya diğer nesnelerin yakıldığı açık hava kalorimetresini göstermektedir. Bu tür yanmalara serbest havada yanma denir ve bazen açık hava kalorimetresi mobilya kalorimetresi olarak da adlandırılır. Tüm duman tepeliğin içine çekilir. Sıcaklık, akış hızı ve O₂ konsantrasyonunun ölçümlerinden, HRR hesaplanabilir. Eksik yanmayı hesaba katmak için CO ve CO₂ ölçümleri de yapılır. O₂, CO ve CO₂ konsantrasyonlarını kullanan HRR denklemleri Parker (1982) tarafından oluşturulmuştur. Ölçülen akış hızında propan veya metan gazı kullanan bir brülör, oksijen tüketim kalorimetresini kalibre etmek için kullanılmıştır. Yanan bir cisimden gelen tüm dumanı toplayan iyi ayarlanmış bir kalorimetre yaklaşık %10'luk bir belirsizliğe sahip olabilir. Açık hava kalorimetresinde yanma, duvarlardan ve tavandan uzakta çok büyük bir alanda olduğu gibi ölçüm yapıldığı varsayılır. Örneğin, duvarlardan ve tavanlardan uzak bir atriyumda bir kanepe yangını, açık havada olduğu gibi yanacaktır.



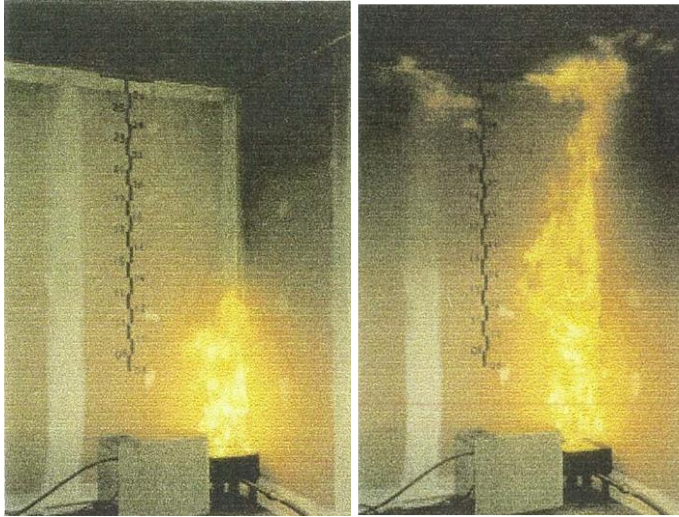
Şekil 2.33 (1) Açık hava kalorimetresi, (2) Kapalı hacim kalorimetresi

Şekil 2.33, aynı zamanda bir oksijen tüketimi kalorimetresi olan bir oda kalorimetresini göstermektedir. Bu şekilde gösterilen açıklık bir kapıdır, fakat açıklık bir pencere de olabilir. Bir oda kalorimetresi, yangının tüm aşamalarından geçen bir yangının HRR'sini ölçebilir. Odalarda yanma, odadaki yakıtın konumuna ve yönüne, odanın büyüklüğüne ve açıklığın boyutuna bağlıdır. Küçük ölçekli laboratuvar kalorimetreleri geliştirilmiştir. Kanada Ulusal Araştırma Konseyi'nde (4.9 x 4.9 ft (1.5 x 1.5 m) pencere açıklığına sahip, 12.5 x 13.8 x 7.9 ft yüksekliğinde (3.8 x 4.2 x 2.4 m yüksekliğinde) bir oda kalorimetresi kullanan deneyler yapılmıştır. Bwalya ve diğerleri (2010). Bu deneylerde, döşemeli mobilyalar, yataklar, giysiler, oyuncaklar, ayakkabılar, kitaplar ve bilgisayar iş istasyonu dahil olmak üzere birçok ev eşyasının HRR'si ölçülmüştür.

Tam ölçekli yöntemler; Malzemelerin ve ürünlerin yanma davranışını test etmenin tam ölçekli yöntemleri açık yanan kalorimetreler ve oda yangın testleri olmak üzere iki farklı kategoride yapılabilir. Birinci kategorinin örnekleri mobilya kalorimetresi ve endüstri kalorimetresi iken, ikinci kategorinin bir örneği ISO 9705 Oda Köşesi (room corner test) testidir. Açık yanan kalorimetrelerde, sıcak gazlar test edilen ürünün üzerindeki bir başlıktan geçirilerek ve yakıtı hava beslemesinde herhangi bir sınırlama olmadan sıcak gazlar tüketilerek oda etkileri en aza indirilir. Oda yangını testleri için, test edilen ürün bir muhafaza içinde yanmakta olup, sıcak bir gaz tabakası oluşmasına ve odanın açıklıkları boyunca sınırlı hava beslemesine neden olmaktadır. Sıcak gazları toplayan tepelik odanın açıklığının hemen dışına yerleştirilir.

Tam ölçekli test yöntemlerini kullanırken ilk açık endişe, test edilen ürünün belirli yakıt kaynağını tarif edip etmemesidir[43]. Bir sonraki ana kaygı, kullanılan test yönteminin tasarım yangın senaryosunun koşullarını gösterip göstermediğidir. Örneğin, sınırlı

havalandırma ile küçük muhafazalarda yangın senaryoları için açık yanan kalorimetre verilerinin kullanılması, verilerde herhangi bir ayar yapılması gerektiğinde, dikkatli bir şekilde analiz edilmeden kullanılması uygun değildir. Oda yangın testleri kullanılıyorsa, başka bir endişe, test kabininin yangın senaryosundaki kabini temsil edip etmemesidir. Örneğin ISO Room Fire Testi küçük bir yatak odasındaki gerçek bir yangını göstermek için kurulduğunda genel olarak mahalde yangın büyümesi için 1000 kW'lık (Sundström 1991) bir açığa çıkan ısı oranı kabul edilmektedir. Ancak burada ilk tutuşturma kaynağı olarak çöp sepetindeki bir kağıdın yanması için 100 kW'lık (Wickström 1988) bir açığa çıkan ısı oranı girdi değeri olarak alınması gerekirken kanepede oluşan yangın için 300 kW (Sundström 1992) lık tutuşturma kaynağı ile gerçek yangın ilişkilendirilir (Şekil 2.34). Bu bağlamda tasarım yangını seçilirken test verilerinden alınacak değerler net olarak belirlenmelidir [56].



Şekil 2.34 (sol taraf) 100 kW tutuşturma kaynağı (sağ taraf) 300 kW tutuşturma kaynağı

Tezgah ölçekli yöntemler; Tezgah ölçekli yöntemler küçük örneklerin kullanılması avantajına sahiptir, bu nedenle büyük boyutlu örneklerin mevcudiyetini gerektirmez ve daha düşük maliyetlerle sonuçlanır. Bununla birlikte, tezgah ölçekli verilerin doğrudan kullanılamaması dezavantajına sahiptir; sadece tam ölçekli davranışların tahmini için kullanılabilir. En yaygın standart tezgah testi koni kalorimetresidir [21].

Parametreleri belirlemek için test yöntemlerini kullanmak; Tercihen, tasarım yangın senaryosunda tanımlanan her ürünün başlangıç yangın özelliklerini belirlemek için tam ölçekli test verileri kullanılmalıdır. Tam ölçekli test edilmiş ürünün, tasarım yangın senaryosunda tanımlanan ürünün yangın özelliklerini tanımladığına inanılıyorsa, bir sonraki

şey, tasarım yangın senaryosunun koşullarının, dikkate alınması gereken etkilere sahip olup olmadığını değerlendirmektir. Sıcak bir gaz tabakasının varlığı ve hava beslemesinin sınırlamaları, muhtemelen önemli oda etkileriyle sonuçlanmaktadır.

Açık yanan kalorimetreler ve oda-yangın testlerinden elde edilen sonuçlar çok düşük açığa çıkan ısı oranlarında aynıdır, yani bu noktada önemli oda etkileri yoktur. Yangın çok büyükse, açık yanma ile oda yangınları arasındaki fark önemli olacaktır. Döşemeli mobilyalar için, çalışmalar [32], yaklaşık 600 kW'a kadar olan ısı yayma oranları için oda etkilerinin ölçülemediğini göstermiştir. Aynı çalışma, 600 kW ile 1 MW arasında oda yangını testi için yaklaşık yüzde 20 daha yüksek açığa çıkan ısı oranlarının ölçüldüğünü göstermiştir. Yataklar için, oda etkisi çok daha düşük ısı yayma oranlarında tanımlanmıştır. Babrauskas, odanın açığa çıkan ısı oranını etkileme derecesinin yakıt paketi faktörü tarafından belirlendiğine işaret etmektedir. Bir şilte ya da bir sıvı havuzu gibi yakıt paketleri, odaya tamamen maruz bırakıldığında ve odanın varlığından daha büyük bir etki gösterdiği anlamına gelen, 0 ve oda için 1.0 değerine sahiptir. Benzer şekilde, döşemeli bir sandalye kendi yüzeylerini “gördüğü” için kendine göre daha büyük bir görünüme sahiptir ve bu nedenle bir odanın varlığından daha az etkilenme eğilimindedir.

Tasarım yangın senaryosunun önemli oda etkilerine sahip olduğu tespit edilirse, tercihen oda yangını testleri kullanılmalıdır. Eğer oda yangını testleri mevcutsa, test odasının yangın senaryosundaki odaya geometri, boyut ve havalandırma koşullarından ötürü binaya karşılık gelip gelmediği değerlendirilmelidir. Ek olarak, ürünün yanma davranışını etkileyen diğer faktörler, yangın senaryosu ve oda yangın testi (örneğin ortam sıcaklığı, yakıt sıcaklığı, yangın kaynağı, ısıma yüzeyleri ve oksijen konsantrasyonları) arasında benzer olmalıdır. Tam ölçekli testler mevcut değilse, tezgah ölçekli test verileri kullanılmalıdır. Tezgah ölçeği verileri, malzemenin temel kimyasal ve fiziksel özelliklerini elde etmek ya da tam ölçekli yakıt paketleri için açığa çıkan ısı oranını tahmin etmek için kullanılabilir. Birincisi için, bazı piroliz modelinde malzeme özellikleri, daha büyük ölçeklerde yakıt paketlerinin açığa çıkan oranını hesaplamak için kullanılır. Sonuncusu için, tam ölçekli testlerde malzemenin yangın davranışını tahmin etmek için öngörüye dayalı modeller kullanılır. Tahmine dayalı modellerin kullanımı yani, her bir model yalnızca belirli bir malzeme tipi için geçerli olacağından karmaşık ve sınırlı olabilmektedir.

Birkaç test verisinden değer seçme; Bir ürünün yangın özelliklerini belirlemek için yaygın olarak faydalı bir yaklaşım, döşemeli sandalyeler veya ahşap masalar grubu gibi belirli bir ürün kategorisindeki benzer ürünler için test verilerinin kullanılmasıdır [57]; Bu yaklaşımı kullanırken asıl endişe, veri setinde hangi değer kullanılması gerektiğidir. Bir yaklaşım, yangın büyümesi, en yüksek açığa çıkan ısı oranı ve yanma ürünleri vb. verisi için tüm veri setinde en aşırı değeri kullanmaktır. Bununla birlikte, özellikle diğerlerine kıyasla çok test edilmiş bir ürün varsa, aşırı ölçülü değerlerin sıklıkla kullanılmasına neden olabilir. Daha sonra, daha ılımlı değerlere sahip testlerden elde edilen bilgiler hiç göz önünde bulundurulmayabilir. Bu nedenle, bir başka yaklaşım kullanılacak değeri elde etmek için test verilerinin istatistiksel analizini kullanmaktır. Örneğin, böyle bir istatistiksel analiz, eğer test verisi büyükse, yüzde 95'i kullanmaktır. Natori ve diğ. ark. [33] bunun yerine ortalama değere bir standart sapma eklemeyi önerir: $x = \bar{x} + std.dev$ ki burada $\bar{x}$ ortalama değerdir.

Şematik tasarım yangını

Şematik tasarım yangınına tasarım yangın senaryosunda karar verilmemişse, yangından korunma mühendisinin yanmanın için için veya alevli olup olmayacağını değerlendirmesi gerekir. Bu aşamada, flashover'a neden olmak için hangi ısı tahliye oranının gerekli olduğunun değerlendirilmesi de yapılmalıdır.

2.3.3. Flashover'ın tahmin edilmesi

Alevli yanma Flashover a neden olabilir. Bu aşamada, flashover için gerekli olan açığa çıkan ısı oranının Q_{fo} tahmin edilmesi yapılacak analizi basitleştirebilir. Örneğin, bitişik maddelere yayılan diğer açığa çıkan ısı oranı alev hesaplamaları, zaten yanmaya başlayacakları için gereksizdir. Q_{fo} hesaplaması için denklemler, flashoverın daha ayrıntılı analiz edildiği 2.1.4 kısmında verilmiştir.

Kütle kaybı oranının artması

Kütle kaybı oranındaki artış dolaylı olarak, ısı yayma oranında bir flashover oluşmasına izin veren süreç olarak tanımlanabilmektedir. , bir yakıt yüzeyindeki termal dengeyi göstermektedir. Açık hava ile odanın içinde yanan bir mobilya parçası arasında, alevler ve duvarlardan yayılan radyasyondan ve ayrıca duman gazlarından kaynaklanan bir etkinin

olduğu arasında büyük bir fark vardır. Radyasyon artar ve ardından yakıt daha fazla piroliz gazı yayar ve yangın tarafından açığa çıkan ısı artar. Bu nedenle, belirli bir açığa çıkan ısı oranı için kütle kaybı oranı olması gerekmektedir. Kütle kaybı oranı:

1. Alev yayılması ve tutuşması (ilk yangının alanı artar)
2. Belirli bir yakıt yüzeyinde daha yüksek yanma yoğunluğu olduğunda artacaktır. Bu iki mekanizma her biri, özellikle birbiriyle yakından bağlantılı üç sürece bağlıdır.

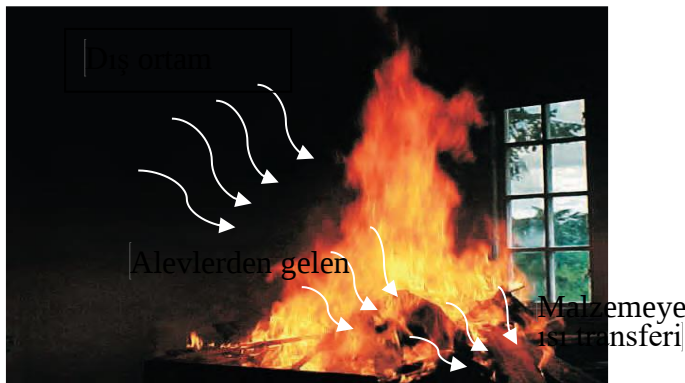
$\dot{q}''_{loss} = (\text{yakıt tarafından üretilen ancak buharlaşma için kullanılmayan enerji})$

$\dot{q}''_f = (\text{alevden gelen ısı})$

$\dot{q}''_{ext} = (\text{çevredeki radyasyon})$

Yakıt tarafından üretilen ancak buharlaşma için kullanılmayan enerji $\dot{q}''_{loss}$

Bir yangın oluşumu başlangıcında yüzeyden duman üretmek yerine yakıtın sıcaklığını yükseltmek için yakıtı aktarılan enerjinin büyük bir kısmı kullanılır. Yanan termoplastik bunun bir örneğidir (Şekil 2.35). Büyük miktarda malzeme bir havuz yangını oluşturmak için eriyene kadar maksimum kütle kaybı oranına ulaşmaz. Bu işlem çok fazla enerji tüketir. Bununla birlikte, bir süre sonra, yakıt ve altındaki yüzeyler aşırı ısıya sahip olacak ve $\dot{q}''_{loss}$ düşecektir. Eş. 2.2'ye göre, kütle kaybı oranı artacaktır.



Şekil 2.35. Yakıt yüzeyindeki termal denge

Bir yakıt yüzeyindeki termal denge, Eş. 2.27 kullanılarak tanımlanabilir.

$$\dot{m} = \frac{\dot{q}_f'' + \dot{q}_{ext}'' - \dot{q}_{loss}''}{L_v} A \quad (2.27)$$

$\dot{m}$ = Kütle kaybı oranı (kg/s)

$\dot{q}_f''$ = Alevden yanma yüzeyine ısı transferi (kW/m²)

A = m² cinsinden yakıt alanı

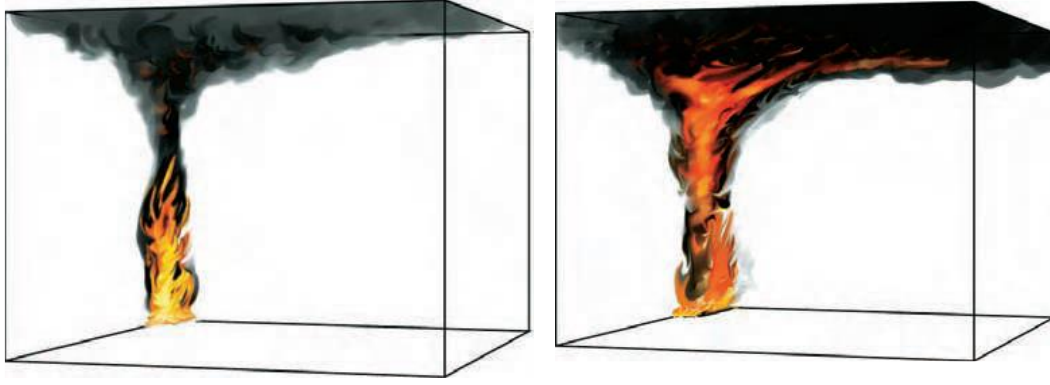
$\dot{q}_{ext}''$ = yakıt yüzeyinden (kW / m²) gelen sıcak muhafaza yüzeylerinden gelen radyasyon; duvarlar, tavan ve duman gazı tabakası.

$\dot{q}_{loss}''$ = yakıtı buharlaştırmak için doğrudan kullanılmadan malzemeye aktarılan enerjiye karşılık gelir. (Malzeme doygun hale geldiğinde, değer düşer.)

L_v = buharlaşma ısısıdır, yani yakıt yüzeyinden 1 g gaz vermek için gereken ısı miktarıdır. Buharlaşma ısısının genellikle bir malzeme sabiti olduğu varsayılır, ancak birçok malzeme olması durumunda, malzemenin sıcaklığına bağlıdır. (kJ/g)

Alevden gelen ısı $\dot{q}_f''$

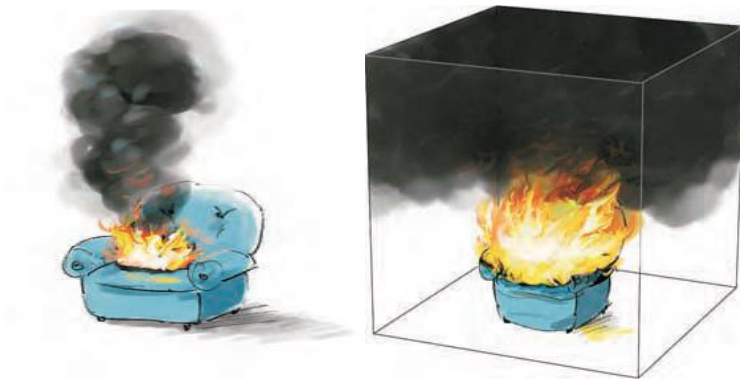
Alevden gelen ısı (ilk yangın) kısmen ilk yangın sırasında malzemenin buharlaşmasına neden olur ve kısmen bunun dışındaki malzemeyi ısıtır. Bu, alev yayılmasına ve artan bir yakıt yüzeyine neden olur. Alev yayılma oranı, büyük ölçüde malzemelerin birbirine karıştığı, ancak belki de daha ilk baştaki yakıt düzenine bağlı olarak değişir. Örneğin, alevler yatay olana göre dikey bir yüzey boyunca çok daha hızlı bir şekilde yayılacaktır. Malzeme yandığında, yanıcı bir duvar kaplaması alevlerin çok hızlı bir şekilde yayılmasını ve tavanın altında genişletilmiş alevler üretmesini sağlar. Odadaki radyasyon seviyeleri daha sonra ciddi şekilde artacaktır. Bu genellikle odada bir flashover meydana gelmeden hemen önce olmaktadır. Bir malzemenin zemin seviyesinde yayılmış alevinin tartışıldığı durum için geçerli olmasına rağmen kütle kaybı oranındaki artışı belirleyen ilke, malzemenin bulunduğu her yerde açıkça aynıdır. Alev yayılması, ısı tahliye hızı arttıkça Şekil 2.36 da gösterildiği gibi bir alevlenmenin ortaya çıkmasına neden olabilir. Son birkaç yıl içinde yaşanan birçok olayda, yangınlar çok hızlı bir şekilde gelişmiştir. Bu gibi durumlarda alev yayılma süreci, olayların trajik seyri için kesinlikle çok önemlidir.



Şekil 2.36. Tavan altında alev yayılımı

Çevredeki radyasyon $\dot{q}_{ext}''$

Bir odada zaten yanmakta olan bir malzemenin kütle kaybı oranı, odanın üst kısımlarından ısı yayılımı seviyesi yükseldiğinde artar. Ölçülen değerlere dayanarak, malzemeler dış radyasyondan etkilendiğinde kütle kaybı oranı defalarca artabilir. Bu artışın büyüklüğü, söz konusu spesifik malzemeye bağlıdır. Şekil 2.37’de görüldüğü gibi kapalı bir hacimde yangında duman gazları tavanın altında birikmiştir.

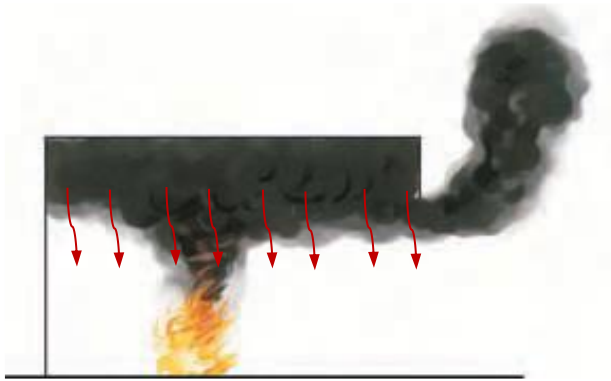


Şekil 2.37. Radyasyondan etkilenen bir koltuk daha fazla ısı yayar.

Bu nedenle, odanın üst kısmı, gazların mevcut açıklıklardan çıkmaması koşuluyla duman gazları ile dolmuştur. Kapalı duman gazları ve sıcak üst yüzeyler hem yakıtı hem de diğer yanıcı yüzeyleri etkileyen ısı radyasyonu üretmektedir. Bu durum zaten yanmakta olan yüzeylerde kütle kaybı oranını arttırmaya ve diğer olası yakıtları ısıtmaya yardımcı olmuştur. Dolayısıyla artan alev sıcaklığıyla yeniden ısıma miktarı artmıştır. Odada yeterli yakıt varsa dış radyasyon ayrıca alev yayılma sürecini de hızlandırmaya yardımcı olacaktır.

Duman gazı tabakasında gerçekleşen olaylar

Duman gazı katmanının yanması, flashover işleminde tipik bir aşamadır. Duman gazı tabakası genellikle bir flashover gerçekleşmeden önce hemen alevlenmektedir. Daha önceden belirtildiği gibi duman gazlarındaki alevler difüzyon alevleridir. Bunun nedeni, duman gazlarının tutuşmadan önce bir arada karışacak zamanları olmamasıdır, çünkü gazlar devam eden yangın tarafından tüketilmektedir. Bu nedenle, herhangi bir miktarda önceden karıştırılmış gazın birikmesi mümkün değildir. Eğer duman gazı tabakası yanmamış duman gazları içeriyorsa, bu yanmaya neden olabilir ve bu da dış radyasyon seviyesinde önemli bir artışa yol açabilir. Yanmamış duman gazları, oksijen kaynağı yeterli olmadığında birikir. Ancak, yeterli oksijen olsa bile, belirli miktarda yanmamış duman gazı her zaman birikir. Ne kadar az oksijen varsa o kadar yanmaz gaz vardır. Bu durumlarda, çoğunlukla yanıcı tavan malzemesinden birçok piroliz ürünü de vardır. Alevler büyüyünce, alevlerin tepesinin duman gazı katmanına girip tavana temas ettiği bir aşamaya ulaşılır. Bu durum çok önemlidir. Alevler tavan boyunca yayıldığında, odanın alt kısmındaki yüzeylere büyük miktarda radyasyon yayılır. Tavanın altındaki duman gazı sıcaklığı yaklaşık 600 ° C'ye ulaştığında, Şekil 2.38'de görüldüğü gibi flashover işlemi başlayabilir [17].



Şekil 2.38. Flashover başlaması.

Duman gazı tabakası aşağıya inmeye başladığında, bu alevlerin üst kısmına oksijen beslemesini azaltır ve yanma işlemi daha az verimli hale gelir. Duman gazı tabakasının sıcaklığı, sıcak hava plume (bulut) nüfuz ettikçe artar. Yanma işlemi arttığında, daha yüksek bir yeniden ışıının sonucu olarak, alevlerin büyük bir kısmı büyük miktarda yanmamış gaz içerecek olan duman gazı katmanına nüfuz edecektir. Aynı zamanda, bu tabaka tamamen harcanana kadar oksijen miktarı da düşecektir. Yangın yüzeyde geliştikçe, duman gazı

katmanının alt tarafı yanan bir gaz kütlesi ile (800-1000°C sıcaklıklarda) kararsız hale gelecektir. Bu, Şekil 2.39'da görüldüğü gibi sıcak gazların ve havanın duman gazı katmanında karışmasına neden olacaktır.



Şekil 2.39. yangının duman gazı katmanının alt kısmı boyunca gelişimi.

Bu radyasyon seviyesini önemli ölçüde arttırarak tüm kapalı hacimdeki malzemelerin yangına karışmadan hemen önceki aşaması olması nedeniyle kütle kaybı oranının artmasına neden olacaktır. Bu durum da kütle kaybı oranının artması ve havaya serbest erişim için yeterli yakıtın bulunmasına dayanmaktadır.

Duman gazı katmanında ne kadar fazla yakıt varsa, alevlerin katmanın altında yanması olasılığı da o kadar fazladır. Ancak alevlerin daima duman gazı tabakasının alt tarafı boyunca yandığını söylemek gibi bir genelleme yapılmamaktadır. Diğer önemli bir faktör de yakıtı kurtarma ekibinin nasıl bir müdahale yaptığı ile ilgili olmaktadır. Bu, odadaki hava akışını kontrol edecektir. Tavanın dış katmanı yanıcı ise tavanın hemen yanında yakıt açısından zengin bir karışım oluşacak ve bu da katmanın altındaki yanmanın alevlenme olasılığını arttıracaktır.

Yaklaşan flashover göstergeleri

Oda sıcaklığı, flashover'a ilerlemede çok önemli bir faktördür (Şekil 2.40). Bir flashover tahmin etmek için kullanılabilecek bazı işaretler aşağıda verilmiştir. Bazı durumlarda duman gazlarının renklerindeki herhangi bir değişiklik de flashover'ı tahmin etmek için uyarıcı bir işaret olabilmektedir.

Oda sıcaklığı önemli ölçüde artar. Yangın hızlanıyor gibi görünür. Sıcaklık yükseldiğinde, oda ile çevresi arasındaki basınç farkı da artar. Nötr düzlemin açıklıktaki konumu, yani basınç farkının sıfır olduğu pozisyon hızlı bir şekilde aşağıya düşecektir. Duman gazı tabakasının üstünde alevler görülmeye başlar. Sıcaklık arttıkça, duman gazlarının deliklerinden akış hızı da artacaktır. Tüm yanıcı yüzeyler, odadaki radyasyon seviyesindeki önemli artışın bir sonucu olarak piroliz gazları yaymaya başlar akabinde odadaki nesneler duman çıkarmaya alevler de tavan boyunca yayılmaya başlar. Bunun iki olası nedeni vardır: Tavan malzemesi yanıcıdır, bu da alevlerin tavan boyunca yayılmasına neden olur veya yangından çıkan alevler tavan yüksekliğinden daha uzundur. Daha sonra alevler yanma için oksijen bulmak üzere “bükülmeye” zorlanır. Her iki durumda da alevlerin tavan boyunca yayılmasıyla birlikte, odanın tüm bölümlerinde belirgin bir yeniden canlandırma seviyesi ortaya çıkar, bu da daha fazla yakıtın pirolize edilebileceği anlamına gelir.



Şekil 2.40. Yaklaşan bir flashover'ı gösteren farklı işaretler.

Tek noktalı bir yangından odanın tüm kapasitesini içeren bir yangına geçiş, belirli koşullarda çok hızlı bir şekilde gerçekleşecektir. Tam ölçekli deneyler sırasındaki gözlemlere göre, durumun sakinleşmeye başladığı, odadaki bir flashover oluşmasına kadar geçen süre, Şekil 2.41'de görüldüğü gibi yaklaşık 15-20 saniye gibi çok kısa bir zaman dilimi olabilir. Bu, bir flashoverın yakın olup olmadığına dair kesin bir değerlendirme yapmanın zor olduğu anlamına gelir. Bir yangının gelişme hızı açık bir şekilde büyük ölçüde ilgili yakıtın türüne ve yakıt düzenlemesine bağlıdır. Duvarların ısınması genellikle zaman alır ve yangın bu

noktaya kadar oldukça yavaş bir şekilde gelişir. İtfaiye personelinin çok dikkatli olması gerekir.



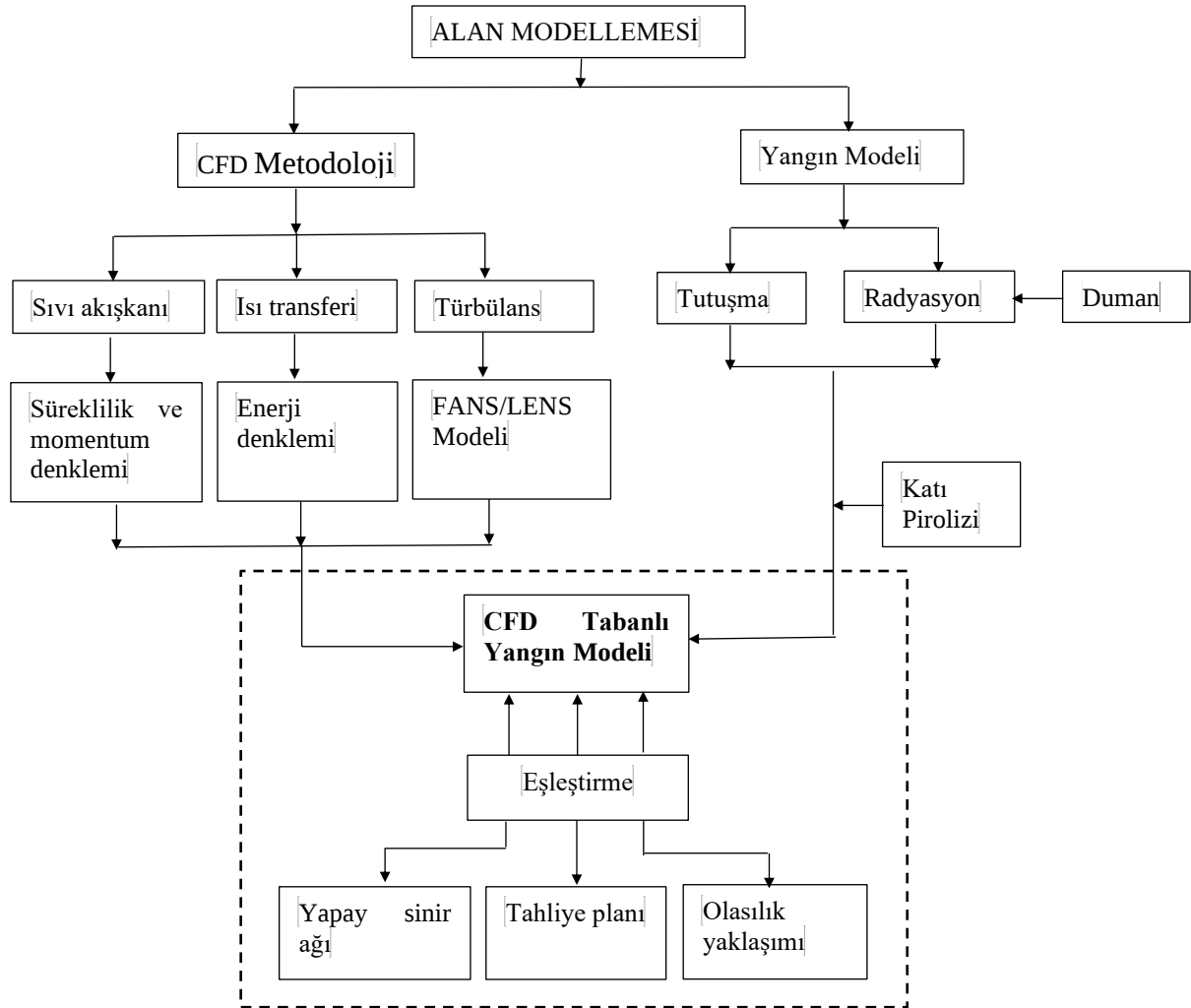
Şekil 2.41. a. Yangın köşede lokalizedir. b. Yirmi saniye sonra. Yangın tamamen gelişmiştir ve tüm odadaki sıcaklık 500°C'nin üzerindedir.

2.4. Sayısal Modelleme Programı

Çalışmada bulguların ve sayısal veri setinin elde edilmesi aşaması ile akabinde değerlendirme ve sonuçlara ulaşma aşamalarında Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından geliştirilen ve ilk halka açık versiyon 2000 yılında yayımlanan FDS programı kullanılmıştır [58]. Bu tür programların gelişimi ve güvenilirliği hususunda süreç içerisinde birçok yazar konuya ilişkin görüş ve önerileri ile programı geliştirme ve doğrulamaya yönelik çalışmalar yapmıştır. Bu kapsamda 25 yıllık Fire Technology dergisine davetli olarak yazdığı makalesinde Emmons (1990), ve bu konu ile ilgilenenlerin hemen hemen hepsi, yangın fenomeninin nitel anlayışının daha fazla yangın güvenli ortam sağlayacağını kabul etmiştir. Ancak şu konularda sorular sormuşlardır. Öncelikler nelerdir? Yeni bilgi en iyi nasıl kullanılır? Hangi doğruluk ve ayrıntılar gereklidir? Yeni yöntemler hangi teknolojilerle değerlendirilir ve onaylanır? Bütün bu sorularla birlikte bilgisayar yangın programının önemi tartışılmıştır. Performans kodu ve yangın kodlarına “eşdeğerlik” yaklaşımlarının, böyle bir modelin geliştirilmesi ile kolayca tanıtılıp uygulanabileceği vurgulanmıştır [59].

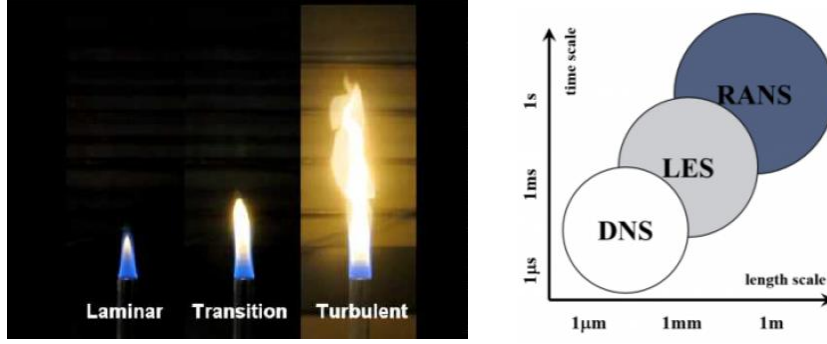
Araştırmada geliştirilen tasarım yangın senaryosunu çözümlemek için bilgisayar programı olarak alan bazlı model (field model) olan FDS (Fire Dynamics Simulator (FDS)) simülasyon programı kullanılmıştır. Simülasyon programının görsel sonuçlarını göstermek için de FDS'nin arayüz programı olan SMOKEVIEW kullanılmıştır. Birçok mühendis,

yangın modellenmesi yapan araştırmacılar için, dijital bilgisayarların gelişimi, yangın fenomenini daha iyi anlamak ve tahmin etmek için hesaplama modellerine olan güveni daha da artırmıştır. Yangınların modellenmesi zordur ve çok çeşitli mühendislik disiplinlerini ve çok sayıda farklı hesaplama yaklaşımını kapsar. Yangın dinamiği konusundaki birçok kapsamlı değişiklik arasında, Şekil 2.42’de etkileşim şeması verilen alan modellenmesi, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) kavramını, tekniklerini ve modellerini yangın modelleri ile birlikte kullanan fiziksel bir model, yangın konusunda çalışanlara önemli bir ivme ve tanıma kazandırmıştır. Bu hesaplamalı yangın modellerinin uygulanabilir olması, yangın güvenliği biliminin köklü gelişimini ve bu modellemenin yangın mühendisliğinde ortaya çıkmasını sağlamıştır [60].



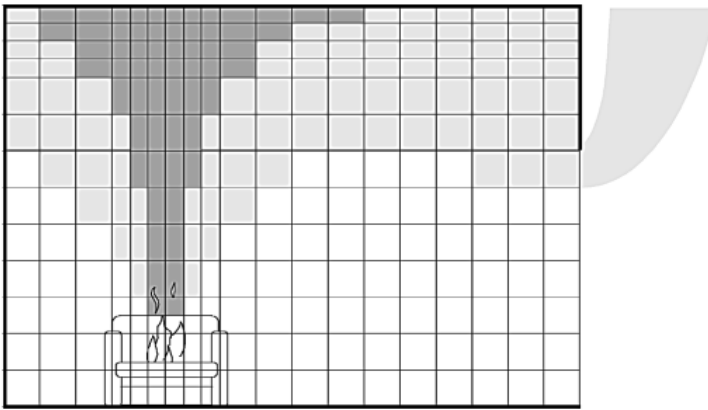
Şekil 2.42. Yangın güvenliği ölçümü ve pre-flashover değerlendirmesi için alan modeli etkileşim şeması [60].

FDS (Fire Dynamic Simulation), Yangın Dinamik Simülatörü'nün kısaltmasıdır. FDS, yangına dayalı akışın hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modelidir. FDS programı LES (Large Eddy Simulation) geniş türbülans simülasyonunu kullanmaktadır (Şekil 2.43.).



Şekil 2.43. Çeşitli simülasyon modellerinin çözünürlüğü [61].

CFD-modelleme karmaşık bir modelleme yöntemidir. Hesaplamalı alanın her bir hücresinde, CFD programı Navier-Stokes denklemlerini sayısal olarak çözer. Navier-Stokes denklemleri momentum, kütle, basınç, tür ve türbülansın korunumu için çözümleme yapar (Rubini, 2015). FDS, bu kısmi denklemleri sonlu farklar olarak yaklaşık bir formda yazar ve bunları doğrulamak için sayısal hücre büyüklüğü ile belirleyerek sonuçlandırmaya çalışır. Hüreler Şekil 2.44'de görüldüğü gibi üç boyutlu ve doğrusal bir ızgara üzerinde zaman içerisinde güncellenmektedir (McGrattan ve ark., 2015) [62].



Şekil 2.44. FDS hücre bölünmesi [62].

2.4.1. Pyrosim

Pyrosim bir ön işlemcidir. Geometri inşa etmeyi, sınır şartları koymayı ve tüm FDS fonksiyonlarının sınırlarına ve özelliklerine göre kullanmaya izin veren bir modelleme programıdır. Isı değişimi için ilgili parametreler yoğunluk, iletim katsayısı, özgül ısı ve emisivitedir. Bu parametreler doğru bir şekilde belirlenmelidir, çünkü düşük sıcaklıkta konveksiyon hâkimdir, ancak yüksek bir sıcaklık radyasyonun uygun hale gelmesine neden olur. Geometri ile birlikte spesifik ısı ve yoğunluk ısı ataletten (thermal inertia) sorumludur. Bu tür bir bilgi, incelenen materyallerin özellikleri bilindiği zaman, veri sayfasından veya tablodan elde edilecektir. İstenilen sonuçlar programda yer alan ve aşağıdaki belirtilen öğeler aracılığıyla elde edilebilir:

Dilimler (slices) ölçüm alanlarının (sıcaklık, basınç vb.) veya vektörel alanların (hız) çizildiği düzlemlerdir. Bu nedenle fiziksel miktarların ölçüleceği düzlemlerin nereye konulacağı dikkatli şekilde seçilmelidir.

Isı çiftler (thermocouple) istenilen herhangi bir fiziksel büyüklüğü geniş bir hassasiyetle ölçebilen cihazlardır[63]. Dilimlerden farkı sadece cihazın yerleştirildiği noktada ölçüm yapmasıdır.

Kullanıcı engelleri ve alanın sınırlarını sınır şartları üzerine koyar. Burada sınır şartları geniş anlamda kastedilmiştir, aslında kastedilen engellerin ne tür bir yüzeyle sınırlandırıldığının belirlenmesidir. FDS tarafından izin verilen başlıca yüzey şartları dört başlık altında toplanmıştır.

Supply (Kaynak) kimyasal akısının enjeksiyonuna izin verir. Türler aşağıda belirtilen gazların kütle oranlarının herhangi bir şekilde karıştırılması olarak tanımlanabilir: hava, . karbondioksit, . karbonmonoksit, . nitrojen, . oksijen ürünleri, . duman, . su buharı akı (heat flux), hız bileşenleri veya spesifik akı cinsinden belirtilebilir. Ek olarak, kullanıcı ortam koşullarından farklı ise akının kendi termal durumunu da belirleyebilir.

Layered (Katmanlar): bu tür yüzeyler, engeller üzerine döşenen tabakanın sayısını ve kalınlığını tanımlar. Her katman tek bir malzemedir veya bir malzeme karışımından yapılır.

Her malzeme kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerine sahiptir. FDS'de bir materyal kütüphanesi vardır ve kullanıcı da materyal ekleyebilir. Fiziksel özellikler yoğunluk, spesifik ısı ve termal iletkenliktir. Kimyasal özellikler, piroliz reaksiyonuna ilişkin tüm parametreleri kapsar örneğin reaksiyon ısısı, reaksiyon sıcaklığı, kinetik katsayısı, aktivasyon enerjisi, yanma ısısı vb. Kullanıcı, eğer ortam sıcaklığından farklı olarak varsa nesnelerin sıcaklığını belirleyebilir.

Burner (Yakıcı): bu tür yüzeyler ısıyı sağlar. HRRPUA (Heat Release Rate Per Unit Area) tarafından belirlenir (birim alandaki ısı reaksiyon hızı);

Exhaust (Atık gaz): akışın enjekte edilmek yerine boşaltılması haricinde, (supply) ile aynı yüzey şekli olarak tanımlanabilir.

FDS her simülasyonda yalnızca bir reaksiyon yönetebilir. Kullanıcı programa gömülü olarak gelen kütüphaneden ya da yakıtın ve malzemenin kimyasal bileşenleriyle kendisi bir reaksiyon tanımlayabilir. Yakıtın kimyasal bileşimi, onu oluşturan karbon, hidrojen, oksijen ve azot atomlarının sayılarıyla ifade edilir. Ürünlerin kimyasal bileşimi ise belirtilmesi gereken karbon monoksit, duman ve hidrojenin kütle kesirleri haricinde, FDS tarafından hesaplanır. Benzer bir şekilde FDS, yakıtın kimyasal bileşimi ile yanma ısını hesaplar. Belirlenen yakıcı yüzeylerin HRRPUA'sının bilinmesiyle FDS, ısıyı serbest bırakmak için gereken yakıt miktarını otomatik olarak hesaplar. Serbest kalan yakıt daha önce belirtilen reaksiyonun ardından reaksiyona girebilir. Etki alanı ve ızgarasının (mesh) boyutu, simülasyon zamanı ile birlikte belirtilmelidir. Etki alanında olmayan engeller göz ardı edilir. Kullanıcı FDS de varsayılan ayarlardan farklı bir ortam oluşturmak isterse kendi ortam koşulunu da oluşturabilir [64].

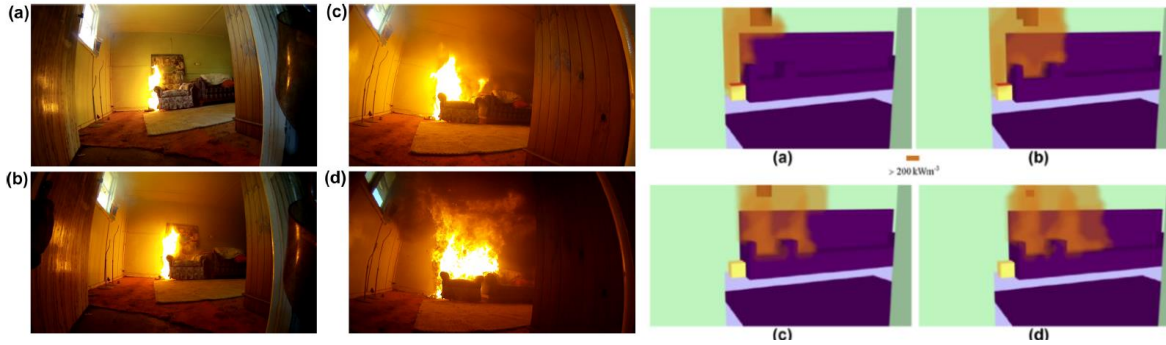
2.4.2. Smokeview

Fire Dynamics Simulator (FDS) gibi modeller tarafından üretilen hesaplamalar ve sayısal bilgiler; Smokeview gibi yardımcı yazılım aracıyla görselleştirilir. Smokeview, yangının izini ve partikül akışını görüntülemek, yangının akış yönü ve büyüklüğünü gösteren sıcaklık ve akış vektörleri gibi verileri 2D veya 3D olacak şekilde geleneksel bilimsel yöntemleri kullanarak görüntüler. Yangının; dumanını ve diğer özelliklerini gösterir. Smokeview ayrıca

yangın öz niteliklerini gerçekçi şekilde görselleştirir. Smokeview, elde edilen verileri mantıklı şekilde yorumlayabilmek ve FDS'nin çıktısını görselleştirmek için kullanılabilen tek yazılımdır. Renderin kalitesi daha karmaşık geometrilere de oldukça iyidir [61].

2.4.3. Simülasyon programının doğrulaması

Birçok çalışmada yangın simülasyon programının geçerliliğinin doğrulaması için gerçek yangın test sonuçları ile simülasyon programından alınan sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır. A.C.Y. Yuen, G.H. Yeoh, R. Alexander, M. Cook ın bir çalışmasında Parkes'te döşenmiş mobilyalı bir odada başlatılan bir yangının davranışı, deneysel ve FDS aracılığıyla oluşturulan görselleştirme ile karşılaştırılmıştır. (Şekil 2.45). Gaz sıcaklığının karşılaştırılması, yakıtın pirolizi ve yanma oranının uygun bir şekilde modellenmesi durumunda FDS'nin makul sıcaklık ve akış tahminleri sağladığı gösterilmiştir.



Şekil 2.45. Deneysel çalışmada (a) 102, (b) 136, (c) 170 and (d) 202 s de kameradan kaydedilen görüntü solda, Smokeview'de kanepeye yayılan yangının görüntülenmesi, (a) 101.7, (b) 135.9, (c) 170.1 ve (d) 201.6 s simülasyon zamanında birim hacim başına ısı yayma oranı ile belirtilmiştir.

Yangının ve dumanın yayılması olgusu, kanepenin yüzeyine ateşin yayılması ve sıcak gaz tabakasının radyasyonunun neden olduğu halının yakılması da dahil olmak üzere başarılı bir şekilde yakalanmıştır. FDS simülasyonları, gözlemlenen yangın senaryolarına kıyasla daha hızlı ve daha büyük bir yangın büyümesi gösterdiğini ve bu nedenle daha önce flashover oluşumunu öngörmüştür. Bu çalışma, FDS'nin yangın sahnesi rekonstrüksiyonu için güvenilir bir sayısal araç olarak kabul edilebileceğini göstermiştir. Bu, belirli miktarda yakıt yükü olan bir bölmedeki yangın gelişimini daha iyi anlamak için itfaiyecilerin eğitildiği yenilikçi bir araç olarak kabul edilmiştir [65].

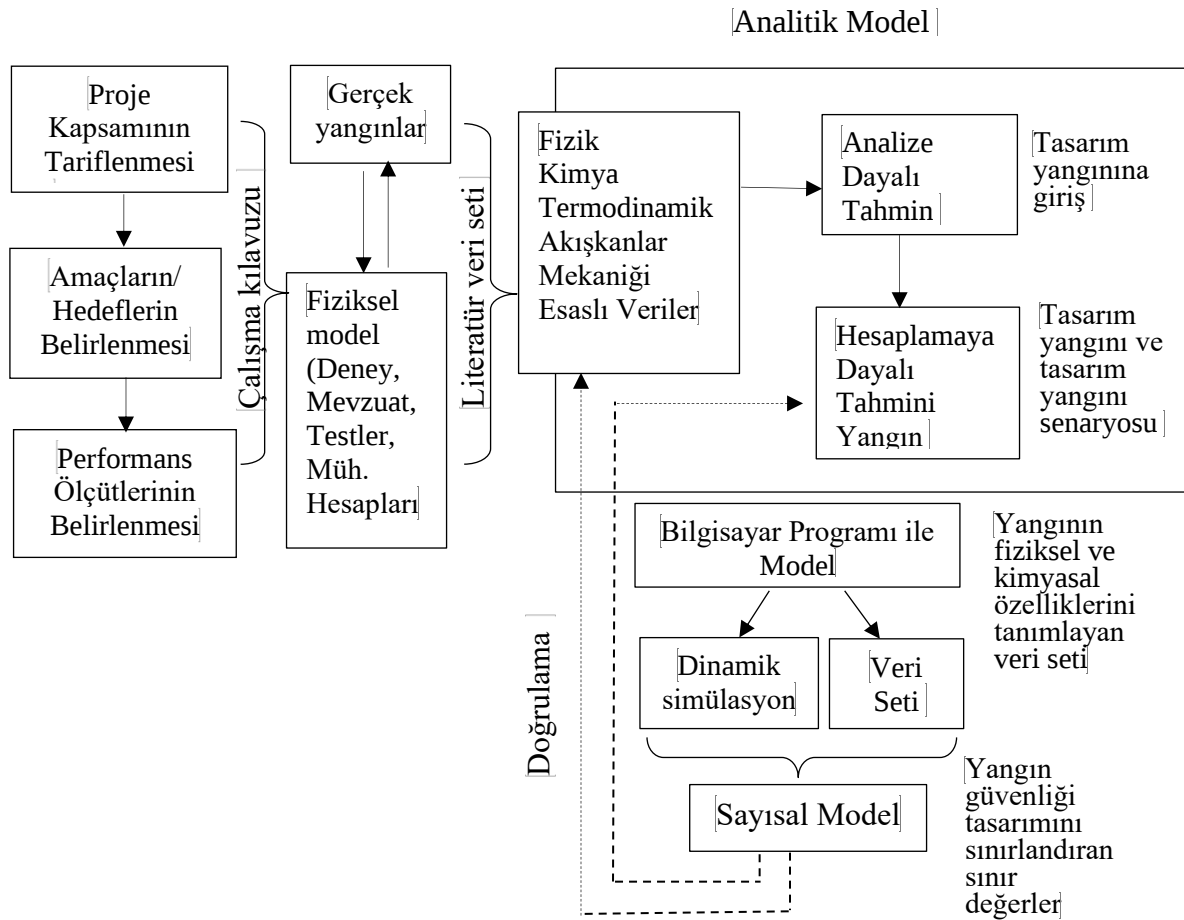
Bir başka çalışma da uluslararası alanda kabul görmüş SP Fire 105, BS 8414-1 ve ISO 13785-2 yöntemleri olmak üzere 3 büyük ölçekli cephe test yöntemi üzerinde karşılaştırmalı bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Genel olarak, cephe malzemesinin termal özellikleri ve açığa çıkan ısı oranları (HRR) bilinmesi koşuluyla, simülasyonlar ve deneysel veriler arasında uyum olduğu bulunmuştur. Ayrıca, girdi verilerindeki belirsizlikten kaynaklanan etkilerin değerlendirilmesi için istatistiksel bir yöntem kullanılmıştır ve verilerdeki değişkenliğin ISO 13785-2'nin BS 8414-1 yöntemine göre daha küçük olduğu bulunmuştur [66].

FDS'nin doğruluğu konusunda birçok tartışma olmasına rağmen birçok çalışmada sonuçlar deneysel verilerle doğrulanmıştır. (Qin ve ark. 2009). Ayrıca, atriyumlarda duman kontrolü ile ilgili olarak Hao-wei ve ark. tarafından saha deneyi ile FDS arasında yapılan karşılaştırmalı bir çalışma yapılmış ve FDS'nin geniş alanlar için de olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak yapılacak modellemede basitleştirmeler ve varsayımların gerekli olduğunu belirtilmiştir. Ancak FDS'nin yine de saha deneyi ile aynı boyutta olan gerçek deneylere karşı valide edilmesi gerekebileceği belirtilmiştir [67].

Bir diğer çalışmada Tuomo Rinne, Jukka Hietaniemi & Simo Hostikka tarafından bir yangının duman üretimi ve yayılması ile ilgili tehlikelere odaklanan Fire Dynamics Simulator (FDS) 4.05 versiyonunun doğrulama çalışması üzerine yapılmıştır. Deneyler, bir bölmede farklı yakıtların yakılması ve duman tabakasının aşağıya doğru inmesi sırasında oda içinde daha az görünürlük, duman partikülleri, toksik gazlar ile sıcaklığın ölçülmesi üzerinden iki yöne odaklanarak analiz yapılmıştır. Simülasyonlar, bölmenin kesin geometrisi ve deneylerden elde edilen açığa çıkan ısı oranı eğrileri kullanılarak yapılmıştır [68].

3. MATERİYAL VE METOD

Bu tez çalışmasında gelişen teknoloji ve teknikler, değişen malzeme ve yapım sistemlerinin sağladığı olanaklar ve farklılaşan mimari arayışlar ile mimari ürünlerden beklenen performanslar gibi pek çok etki nedeniyle geleneksel tip ve özelliklerinden başkalaşan cephe sistemlerinin yangın karşısındaki davranışları eğimli yüzeylere sahip saydam cepheler özelinde problem alanı olarak belirlenmiş ve bir yöntem geliştirerek incelemek hedeflenmiştir. SPFE'nin Performansa Dayalı Yangından Korunma Klavuzu'nda belirtilen 9 aşamalı performansa dayalı tasarım süreci esas alınarak geliştirilen yöntem için öncelikle literatür çalışmasından elde edilen veriler değerlendirilerek cephe geometrisi ve yangın yayılımı arasındaki ilişkiyi belirleyen parametreler saptanmış ve yöntemin ilk adımı olarak gösterilen performansa dayalı yangın güvenliği kavramını oluşturan akış ve ilişki ortaya konmuştur. (Şekil 3.1)

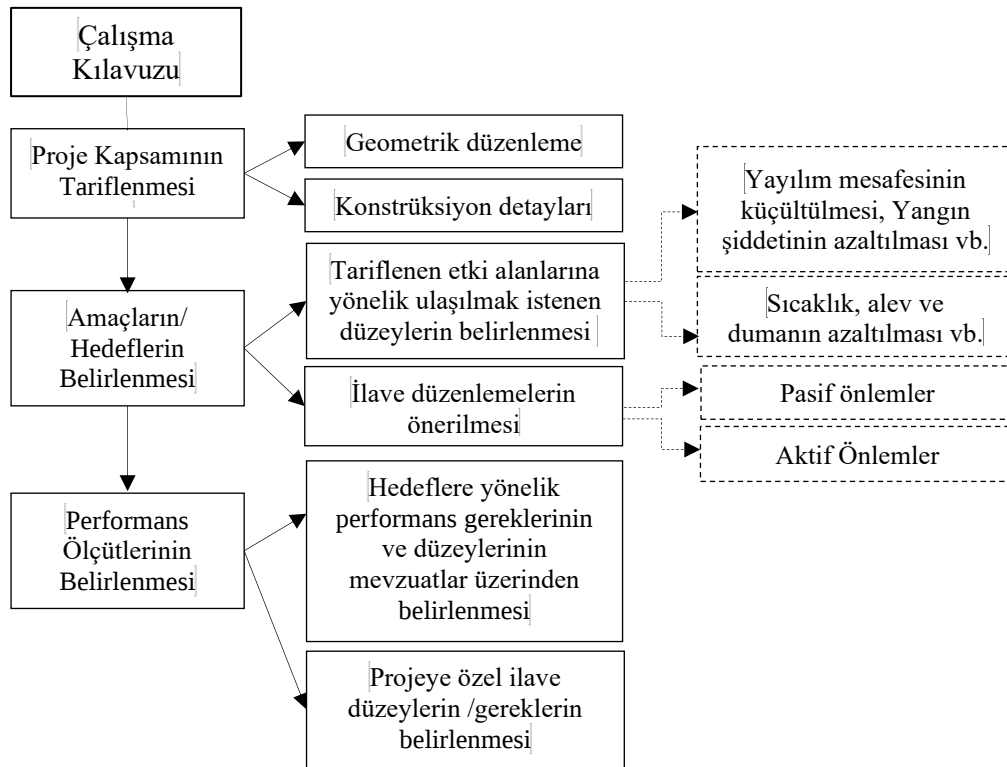


Şekil 3.1. Performansa dayalı yangın güvenliği akış ve ilişkisi.

Bu kapsamda performansa dayalı yangın güvenliği sağlanması hedeflenen yeni nesil tasarımlar için kullanılabilecek bu yöntem yangın güvenliğinde hükümlere dayalı belli sınırlar çerçevesinde çözüm sağlayan geleneksel yöntemin karşısında önemli çözüm yöntemlerinden biri olmaya başlayacaktır.

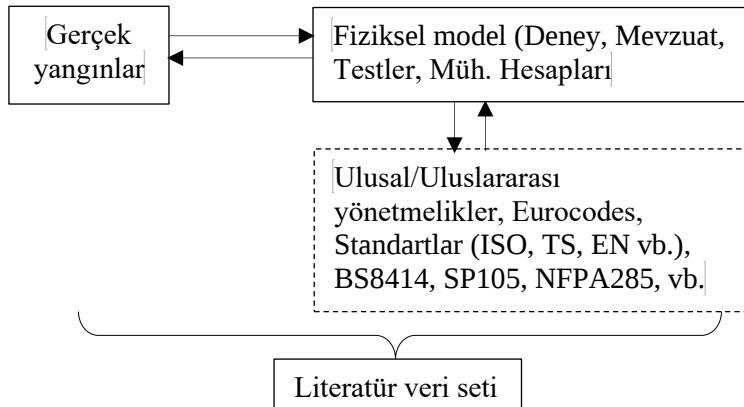
Özünde her bir yangının kendi evrimine sahip olduğu düşüncesinden yola çıkılarak kurgulanan ve Şekil 3.1’de tariflenen sistematik çalışma yöntemini kısaca tariflemek gerekirse; her bir tasarımın yangın güvenliği kapsamı tariflendikten sonra amaç ve hedeflerin belirlenmesi akabinde performans ölçütlerinin ortaya konması ile çalışma kılavuzunun ana girdileri belirlenebilecektir. Süreç içerisinde meydana gelmiş olan yangınlardan elde edilen teorik, sayısal ve deneysel çalışmaların ışığında belirlenen veri setleri çalışma kılavuzunun analitik modelini oluşturabilecektir. Bu aşamadan sonra belirlenen verileri ölçmek üzere kullanılacak bilgisayar programları ile analitik model arasında olacak döngü ile doğrulama yapılabilecektir.

Çalışmada söz konusu yöntem kapsamında bir cephenin yangın güvenliği analizi çalışmasında öncelikli olarak çalışmanın kapsamının, amaçları ile hedeflerinin ve beklenen performans ölçütlerinin tanımlanması yürütülecek çalışmanın yol haritasını oluşturacaktır. Bu çerçevede alevlerin hareket hızı, duman gazlarının yayılımı, yangının şiddeti, yangının sıcaklığı açısından yangının gelişiminde ve bina ölçeğinde katlar arası geçiş ile kentsel ölçekte komşu binalar arası sıçrama yoluyla yangının alanının büyümesine katkı sağlayacak potansiyellerin varlığı analiz edilmiş, etki alanları tanımlanmıştır. Burada en önemli rollerden birinin geometrik düzenleme ve daha sonra da konstrüksiyon detayları olduğu dikkate alındığında proje kapsamının tariflenmesi bu doğrultuda yangının etki alanlarına yönelik sıcaklık, alev, yangın şiddeti vb. parametrelerin düşürülmesi ya da aktif ve pasif önlemler bağlamında hedeflerin belirlenmesi ayrıca bu akışın içerisinde performans ölçütlerinin mevzuatlar ve standartlar ile projeye özel örneğin yapı sahibinin ilave isteklerinin ya da yasal gereklerin tespiti de bu aşamada göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda tariflemeler önem kazanmaktadır (Şekil 3.2).



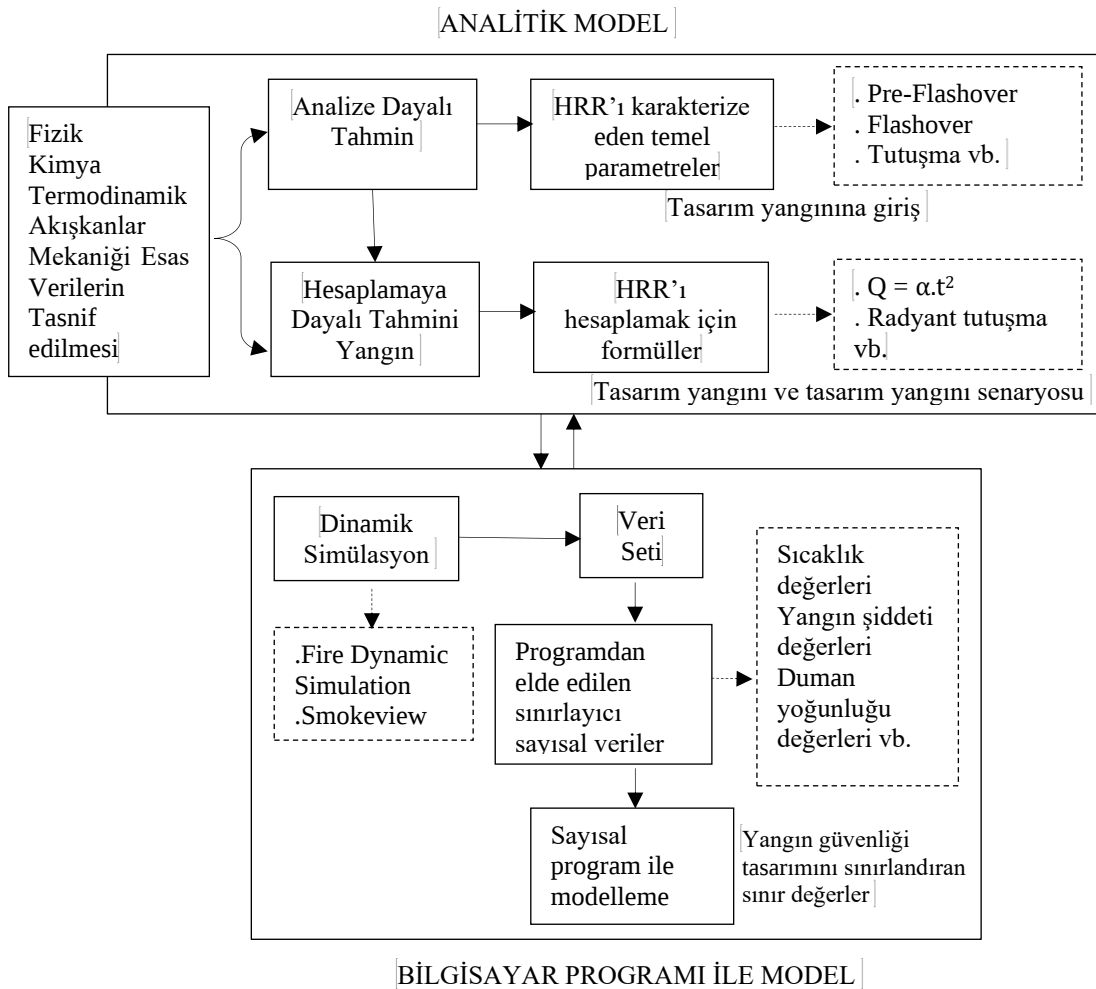
Şekil 3.2. Çalışma kılavuzu akış şeması

Performans ölçütlerinin sayısal değerlerini ve sınırlılıklarını ortaya koyabilmek ve bir yangın olayının tasarım yangını oluşturarak yaratacağı etkiyi analiz edebilmek için yaşanmış yangın olaylarından, mevzuatlardan, daha önce gerçekleştirilmiş yangın test ve deneylerinden, mühendislik hesaplamalarına dayalı yayınlardan çalışma kapsamında ihtiyaç duyulacak sınırlılıklar ve değerler ile ölçütleri belirleyecek parametrelerin saptanması da önemli adımlardan bir tanesidir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Literatür veri seti etkileşim şeması.

Gerçek yangınların öğretileri ile deney, testler ile mühendislik hesapları ile oluşturulan fiziksel modellerin etkileşimi sayesinde fizik, kimya, termodinamik, akışkanlar mekaniği gibi branşlar yangın fenomenine dair literatür ve veri sağlamıştır. Bu kapsamda performansı değerlendirilecek tasarım yangını ve senaryosuna ait tahmini HRR belirlenerek yangının diğer karakteristik özelliklerinin yansıtacak formüller literatürden seçilerek yangının tahmini gücü belirlenebilir. Bu süreci yangın simülasyonu bilgisayar programı ile doğrulayarak programdan elde edilecek sayısal veriler ışığında matematiksel verileri işleyebilecek ayrı bir program ile yangın güvenliği tasarımında kullanılacak sayısal model ile performans ölçütünün hem parabolik grafiği hem de ikinci dereceden denklemin formülüne ulaşılacaktır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yangın güvenliği tasarımının sınır değerlerini oluşturan analitik model

Analitik modelin akışı içerisinde simülasyon programı ile elde edilen verilerin matematiksel programda işlenmesi ile hem üç boyutlu grafik hem de araştırılan performans ölçütünün ikinci derece denklemi elde edilebilecektir. Araştırmada elde edilen parbolik grafik ve denklemin doğruluk payı sıcaklığın eğim ve çıkma olan ilişkisinde %79,76 olarak HRR'ın eğim ve çıkma ile olan ilişkisinde %86,06 olarak elde edilmiştir. Kurulan yöntemin ileriki zamanlarda gerek performans için belirlenecek ölçütlerin çeşitlendirilmesi gerekse süreç içerisinde gelişecek standartlar, kodlar ve öğretilerle geliştirilebileceği öngörülmüştür.

4. YÖNTEMİN SINANMASI - YANGIN DURUMUNDA CEPHE GEOMETRİSİNİN ETKİLERİNİN ANALİZİ

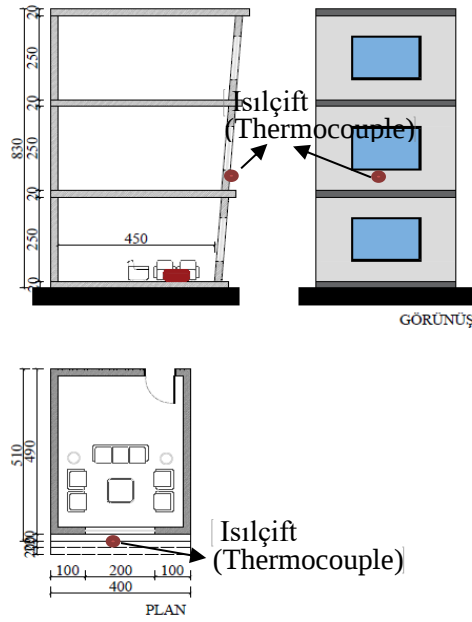
Çalışmanın ilk adımı olan proje kapsamı; bina cephelerinde tasarım kriteri olarak başrolde yer alan geometrik düzenlemenin bir yangın anında alevlerin hareketi ve hızı ile dumanın yayılımında etkili olduğu üzerine kurgulanmıştır. Bu kapsamda bir binada çıkacak yangının cephesinin tasarımından kaynaklı olarak diğer binalara da sıçrayarak çevresel hatta kentsel bağlamda büyük felaketlere neden olmadan önlem alınabileceği cephe tasarımının da yangın yayılımı riskini azaltarak pasif koruma yapılabileceği hedefine odaklanmıştır. Bu bağlamda yangından oluşan alev ve dumanın açık bir pencere ya da boşluktan dışarı çıkarak bina cephe boyunca üst katlara doğru yayılma (leap frog effect) etkisine ait mesafesinin düşürülmesi, sıcaklık ve dumanın azaltılması olarak performans kriterleri olarak belirlenmiştir. Çalışma bir odadaki (bir evin yaşam odası) sehpa üzerinde başlayan tutuşma ile gerçekleşecek tasarım yangının pencere açıklığından dışarı doğru çıkarak cephe yüzeyi boyunca yayılmasına yönelik tasarım yangını senaryosu tariflenmiştir. Bu kapsamda temelde farklı cephe yüzeyi olarak düz, 80^0 eğimli, 100^0 eğimli ve her bir cephede kullanılan 0 ve 30 cm. arasında değişen farklı uzunluklardaki çıkmalar kullanılarak 3 çeşit farklı tipte tasarlanan cephe geometrileri üzerinden ısının, dumanın ve alevin geometrik farklılıkla birlikte cephe yüzeyindeki akışı analiz edilmek üzere deneme tasarımı için 11 farklı tasarım oluşturulmuştur.

Söz konusu geometrinin seçilmesindeki neden; özellikle son 5-10 yıllık süreçte gerek Türkiye’de gerekse uluslararası alanda yapımı hızla artan yüksek katlı binalarda tercih edilen eğimli yüzey geometrik hareketinin fazlalığının göze çarpmasıdır. Yöntemin bilgisayar modeline aktarılmasında gerekli tasarım yangınına yönelik hangi sayısal verilerin alındığı ileriki bölümde sunulmuştur.

4.1. Tasarım Yangınının Nicelendirilmesi

Tasarım yangın senaryosu için istatistiksel olarak en sık yaşanan olaylardan olan bir evin yaşam odasında koltuk şiltesi üzerinde bırakılan bir sigaranın tutuşmaya başlamasından kaynaklanan yangının alevlenme ile birlikte pencere yolu ile dışa doğru yayılması olarak belirlenmiştir. Cephe geometrisi ile ilgili oluşturulan senaryo alternatiflerin sıcaklık ve HRR

değişim verilerinin ölçümünün yapılabilmesi için ölçüm cihazı (thermocouple) ikinci kat penceresinin hemen altına yerleştirilmiştir. Senaryodaki belirli alan içerisinde sıcaklığın etkisini gözlemlemek için x yönünde kromatik düzlem (slice) kullanılmıştır. Şekil 4.1’de temsili olarak cihaz (thermocouple) yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Her bir tasarım için aynı bölgeye yerleştirilen ısı çifti (thermocouple) ölçüm cihazı temsili gösterimi.

Tanımlanan başlangıç nesnesinin hem alevli hem de için için yanma potansiyeli vardır. Flashover, Q_{fo} için gereken ısı yayma oranı, denklem (2.8) veya (2.13) ile hesaplanabilir. Yangın senaryosunda analiz edilen yaşam odası 4,00 x 4,90 x 2,50 m (Genişlik x Uzunluk x Yükseklik) boyutlarında ve duvar, tavan ve döşemesi beton olacak şekilde oluşturulmuştur. Beton malzemenin ısıl ataleti $k\rho c$ yaklaşık 2 kW s /m⁴k² olarak alınmıştır. Flashoverın oluşması için karakteristik süresinin 5 dakika olduğu varsayılarak denklem (2.9)’dan h_k değeri bulunmuştur.

$$h_k = \sqrt{\frac{2}{300}} = 0,082 \text{ kW/m}^2\text{K}$$

Bulunan etkili ısı transfer katsayısı doğrultusunda denklem (2.8)’den Flashover için gerekli olan ısı yayılım oranı hesaplanmıştır. Yangın senaryosuna göre yaşam odasının 90*210 cm.’lik kapısının tahliye için 200*130 cm.’lik pencerenin de havalandırma için açık

bırakıldığı varsayılarak, Denklemdaki A_0 ve H_0 değerleri denklem (2.21) ve (2.22)'den hesaplanmıştır.

$$A_0 = (0,9 * 2,1) + (2 * 1,3) = 4,5 \text{ m}^2$$

$$H_0 = \frac{1,89 * 2,1 + 2,6 * 1,3}{4,5} = 1,6 \text{ m}$$

Flashover için gereken açığa çıkan ısı oranı;

$$\dot{Q}_{f0} = 610 (0,082 * [2((4 * 4,9) + (2,5 * 4,9) + (2,5 * 4)) - 4,5] \sqrt{1,6})^{1/2} = 3,7 \text{ MW}$$

olarak bulunmuştur.

Kurgulanan senaryoya göre ilk yanan malzemenin yani şiltenin açığa çıkan ısı oranının hesaplanması için oda kalorimetresinde ölçülmüş üç adet, tam ölçekli kalorimetrede ölçülmüş üç adet olmak üzere toplam 6 adet açığa çıkan ısı oranı ve yangın büyüme zamanı değeri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgede yer alan yangın büyüme katsayısı Eş. 2.3 kullanılarak hesaplanmış ve tabloya eklenmiştir.

Çizelge 4.1. Şilte için 6 farklı test verisine ait tablo [43]

Yangın testi	Yangın büyüme zamanı t_{grow} (s)	Büyüme aşaması en yüksek HRR Q_{peak} (kW)	Yangın büyüme katsayısı α (kW/s ²) (Q_{peak} / t^2)
CBUF 1:21	144	687	0,033
CBUF 1:22	352	313	0,003
CBUF 1:23	64	336	0,082
Y6/10	270	700	0,010
Y6/11	960	1000	0,001
Y6/12	1680	290	0,0001

Örnek olması için ilk satırda yer alan veriler denkleme yerleştirilerek yangın büyüme katsayısı hesabı gösterilmiştir.

$$\alpha = \frac{687}{144^2} = 0,033$$

Senaryoyu temsil etmek üzere seçilecek katsayı üç çeşit yöntemle göre yapılabilir. Bunlardan ilki ortalama değere Çizelge 4.2'de gösterilen şekilde bir standart sapma eklenmesiyle $0,021+0,032 = 0,054 \text{ kW/s}^2$ olarak elde edilebilir.

Ortalama = 0,021

Standart sapma = 0,032

Çizelge 4.2. Standart sapma hesaplama yöntemi

Veri no	Ortalama değer (a)	Yangın büyüme katsayısı (b) α (kW/s ²)	(a-b)=c	c ²	c ² verileri toplamı/(n-1)'in karekökü
1	0,021	0,033	0,012	0,000144	0,00515/5=0,00103 $\sqrt{0,00103}=0,032$
2	0,021	0,003	0,018	0,000320	
3	0,021	0,082	0,061	0,00372	
4	0,021	0,010	0,011	0,00012	
5	0,021	0,001	0,02	0,0004	
6	0,021	0,0001	0,02	0,00044	

Diğer bir yaklaşım da %95 değerinin seçilmesidir. Bu alternatifte veri setinde bulunan değerler en düşükten en yükseğe doğru sıralayarak veri sayısının 0,95 ile çarpılarak hesap yapılır. Bu kapsamda yangın büyüme katsayısı %95 değeri için 5. ve 6. değer arasındadır ve enterpolasyon ile hesaplanabilir. Ancak bu durumda yalnızca iki değer arasında işlem yapılmasına neden olur.

$$0,95 \times 6 = 5,7 \text{ Enterpolasyon} = 0,033 + (5,7-5)(0,082-0,033) = 0,067 \text{ kW/s}^2$$

%95 dilimi hesaplamanın başka bir yolu da normal dağılım ile hesap yapmaktır. $\bar{x} \pm z \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$

Bu hesaplamada $\bar{x}$ ortalama değer, $z=1,96$ (%95) değeri ve s de standart sapma olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda yangın büyüme katsayısı da;

$$0,021 \pm 1,96 \cdot \frac{0,032}{\sqrt{6}} = 0,047 \text{ kW/s}^2$$

Daha korumacı bir yaklaşım ise en yüksek değer olan 0,082 kW /s² yangın büyüme katsayısının kullanılması olacaktır. Yukarıdaki örnekler, temsili değeri seçmek için farklı yaklaşımların farklı değerler verdiğini göstermektedir. Farklı yaklaşımlar yangın büyüme katsayısı için 0,047-0,082 kW/s² arasında değerler vermektedir. Bu nedenle, yangından korunma mühendisinin test veri setini en iyi tanımlayan değer ne olduğunu düşünmesi önemlidir ve kullanılan değer en kötü güvenilir durumu temsil etmelidir. Sonuç olarak test verilerine dayanarak, burada belirtilmemiş bir şilte için 0,054 kW /s²'lik yangın büyüme katsayısının, senaryoyu en iyi şekilde temsil edeceği düşünülmüştür. Tasarım yangın senaryosuna bağlı tasarım yangının değerlendirilmesinde, en kritik görevlerden biri de açığa

çıkan ısı oranının tahmin edilmesidir. Farklı şilteler için pik ısı salım oranları ve test yöntemlerine ait ölçülen pik açığa çıkan ısı oranları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Şilteler için pik açığa çıkan ısı oranları [43]

Yangın testi	Dolgu malzemesi	En yüksek HRR <i>Q_{peak}</i> (kW)
CBUF 1:21	-	917
CBUF 1:22	-	313
CBUF 1:23	-	348
Y6/10	-	730
Y6/11	-	1000
Y6/12	-	290
-	Latex köpük	2720
-	Poliüretan köpük	2630
-	Poliüretan köpük	1620
-	Poliüretan köpük	1580
-	Poliüretan köpük	760
-	Poliüretan köpük	1716
-	Melamin tipi PUR / pamuk yorgan / polyester elyaf ped	547
-	Poliüretan köpük / pamuk yorgan / polyester elyaf ped	380
-	Poliüretan köpük / polyester elyaf ped	335

Ortalama değere bir standart sapma eklediğinde pik açığa çıkan ısı oranı, 1877 kW olarak belirlenmiştir. %95 lik enterpolasyonun en yüksek iki değere göre hesaplanması 2653 kW’lık bir pik açığa çıkan ısı oranı verirken %95’lik değer normal enterpolasyon dağılımla hesaplanmasıyla, 1473 kW’lık bir pik açığa çıkan ısı oranı elde edilir. Veri setindeki en yüksek tepe noktası ısı yayma oranı 2720 kW’tır. Bu nedenle, bir test veri kümesinden temsili değerler seçmek için farklı yaklaşımlar, 1473 kW ve 2720 kW arasında verim değişmiştir. Burada, 2653 kW değerinin, belirtilmemiş bir şilte için en yüksek açığa çıkan ısı oranını en iyi temsil ettiği düşünülmüştür.

Büyüme aşaması ve gelişmiş yangın HRR hesaplanmasının ardında mahaldeki diğer maddelerin tutuşması ve yangının büyümesine önemli ölçüde katkıda bulunması muhtemel olduğundan, diğer maddelere yayılan alev analiz edilmelidir. Bu analiz için denklem (2.4), (2.5) veya (2.7) kullanılarak, farklı mesafelerdeki nesneleri tutuşturmak için gereken ısı yayma oranı için değerlendirme yapılabilir. Ancak oluşturulan senaryoda sadece bir

malzemenin tutuşması öngörülmüştür. Açığa çıkan ısı oranının zamanla periyodik değişimi tablosu Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Şilte için açığa çıkan ısı oranı, yangın büyüme katsayısı $0,054 \text{ kW} / \text{s}^2$ olan bir t^2 -yangını için zamanla değişimi tablosu.

Zaman	Şilte HRR (kW) $Q = \alpha \times t^2$
0	0
0,5	49
1	194
1,5	437
2	778
2,5	1215
3	1750
3,5	2381
4	2644
4,33	3791

Yukarıdaki tablodan yaşam odasında flashover için belirlenen $Q_{fo} = 3.7 \text{ MW}$, değerine yaklaşık 4 dakika 33 saniye sonra ulaşılabacaktır ve bu andan sonra açığa çıkan ısı oranı, havalandırma kontrollü olarak anlık açığa çıkan ısı oranına anında yükseltilecektir. Havalandırma kontrollü yangın için pik açığa çıkan ısı oranı Denklem (2.19) ile hesaplanabilir.

$$\dot{Q}_v \approx 1500 * 4,5\sqrt{1,6} = 8,5 \text{ MW}$$

Bununla birlikte, mahal içinde yanma için mevcut olan oksijen de tahmin edilmelidir. Yaşam odasının hacmi $4,00 \times 4,90 \times 2,50 = 49 \text{ m}^3$ 'dir. Denklem (2.22), mevcut oksijenin yanması için serbest bırakılabilen enerjiyi verir:

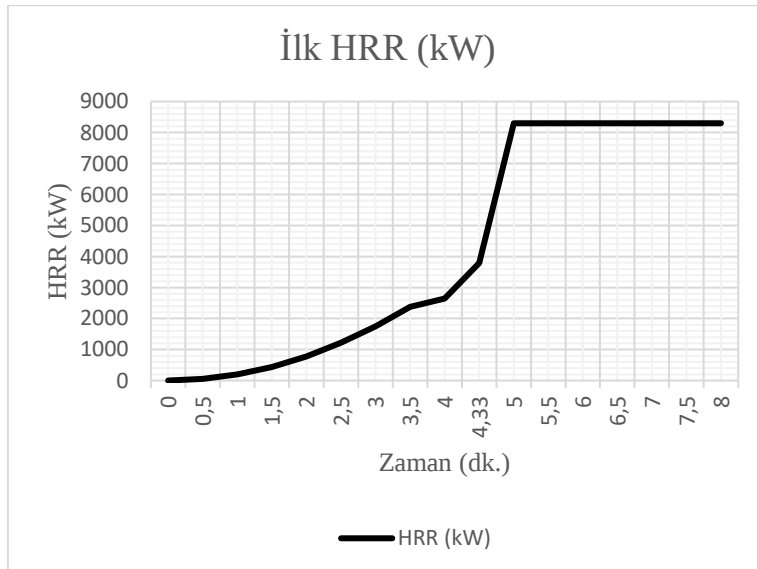
$$E = 13100.49. (0.23 - 0.10). 1,22 = 100.136 \text{ J} = 100 \text{ MJ}$$

Bir sonraki adım, 100 MJ enerjiyi serbest bırakmak için hangi açığa çıkan ısı oranının olması gerekli olduğunu değerlendirmektir. Burada, Denklem (2.19) ile hesaplanan pik açığa çıkan ısı oranını kullanarak, 100 MJ'yi bu sabit açığa çıkan ısı oranıyla serbest bırakmak için gereken süre Denklem (2.23) ile tahmin edilebilir:

$$t = \frac{E}{\dot{Q}} = \frac{100136}{8500} = 11,78 \text{ sn.}$$

Bu, yaşam odasında yanma için mevcut oksijenin 11,78 saniye sonra 8,4 MW açığa çıkan ısı oranı ile tüketildiği anlamına gelir. Yangın muhtemelen 11,78 saniyeden fazla yanacağından, yangının başlangıcında yaşam odasındaki oksijen göz ardı edilebilir.

Şilteden gelen toplam yakıt kontrollü pik açığa çıkan ısı oranı 3920 kW olduktan sonra yangın flashovera geçecek ve havalandırma kontrollü olacaktır (yani $Q_{fuel} - controlled \gg Q_{ventilation} - controlled$). Başka deyişle toplam pik açığa çıkan ısı oranının çok kaba bir tahmini bile bir yaşam odasındaki yanıcı maddeler ve malzemeler, 8,3 MW'lık havalandırma kontrollü pik açığa çıkan ısı oranından daha büyük olacaktır. Özetlemek gerekirse, yaşam odası için ilk açığa çıkan ısı oranı eğrisi, dört buçuk dakikaya kadar Şekil 4.2'de verilen toplam açığa çıkan ısı oranı ile belirlenir, daha sonra açığa çıkan ısı oranı hemen 8.3 MW'a çıkarılması gerekmektedir.



Şekil 4.2. Yaşam odası için ilk açığa çıkan ısı oranı eğrisi.

Yukarıda yapılan tüm hesaplamalara göre belirlenen yangın büyüme oranı ve ilk yangın HRR değeri için test yapılarak validasyonunun yapılması önerilmektedir. Bu bağlamda 2.7.3 bölümünde açıklanan ve genel geçerliği kabul olan 'de veriler doğrultusunda ilk yangın başlatmaya ait açığa çıkan ısı oranı 1055 kW ve bu değere ulaşma zamanı olarak da 100

saniye olarak alınmıştır. Tasarım yangın senaryosuna ait ve simülasyonda kullanılan dış ortam parametreleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yangın senaryosu dış ortam parametreleri

Simülasyon parametreleri				
İlk HRR (kW)	Dış ortam sıcaklığı	Nem	Havalandırma koşulları	Simülasyon süresi
1055	10°C	%40	Sakin rüzgar 7,2 km/h	100 saniye

4.2. Yangın Deneme Tasarımı ve Senaryosu İçin Belirlenen Cephe Özellikleri

Yangın tasarım senaryosu için cephe şekli ve cephede yer alacak çıkmalar dikkate alınarak 11 ayrı tip cephe tasarımı öngörülmüş ve belirlenen cephelere ait tasarım özellikleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

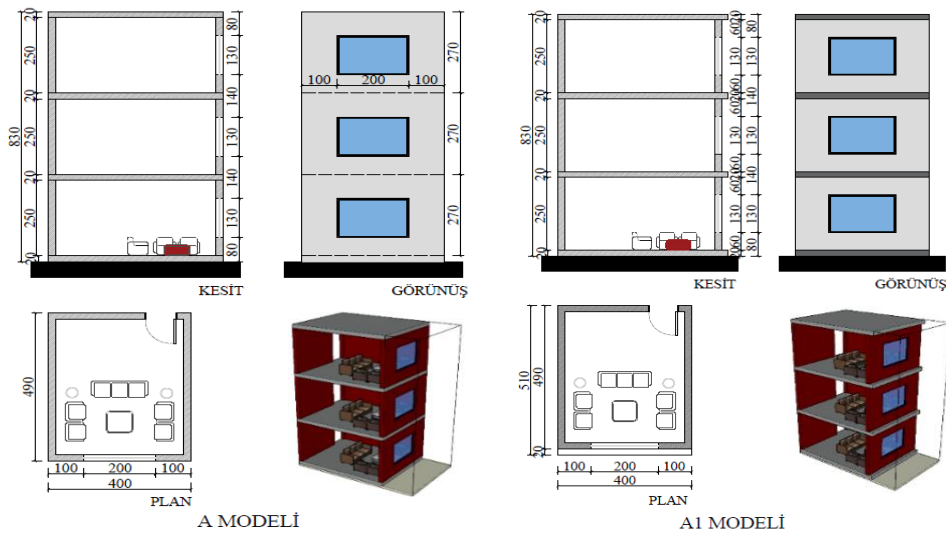
Çizelge 4.6. Çalışma yapılan örneklerin özellikleri

Cephe Özellikleri		
Cephe tipi	Cephe şekli	Çıkma boyutu
(A)	Düz yüzeyli cephe	yok
(A1)	Düz yüzeyli kat döşemesinde çıkıntılı cephe	20 cm.
(A2)	Düz yüzeyli kat döşemesinde çıkıntılı cephe	30 cm.
(B)	85° eğimli cephe	yok
(B1)	85° eğimli kat döşemesinde çıkıntılı cephe	20 cm.
(B2)	80° eğimli cephe	yok
(B3)	80° eğimli kat döşemesinde çıkıntılı cephe	30 cm.
(C)	95° eğimli cephe	yok
(C1)	95° eğimli kat döşemesinde çıkıntılı cephe	20 cm.
(C2)	100° eğimli cephe	yok
(C3)	100° eğimli kat döşemesinde çıkıntılı cephe	30 cm.

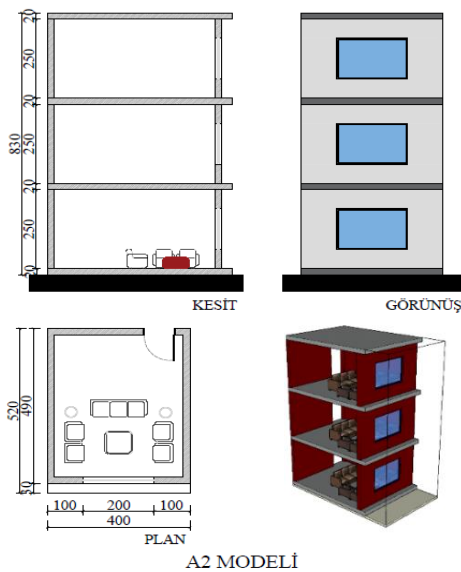
Cephelerin yangın güvenliğinin analizi için örnek olaylar analizi yalınlaştıracak şekilde kurgulanmıştır. Her bir cephe örneği için; 3 kattan oluşan kat yüksekliği 2,70 m. taban alanı genel olarak 4,00x4,90 olacak şekilde (eğimli cephelerde eğimin arttığı ya da azaldığı kat alanları hariç) cephe yüzeyi 4,00 m.x8,10 m. ebatlarında toplam 12,40 m², her bir katta 2,00

m. x 1,30 m. ölçülerinde olmak üzere 2,60 m², yüzey alanına sahip pencere boşluğu bulunan 11 adet cephe özellikli örnek oluşturulmuştur.

A tipi senaryoda, üç adet alt model önerilmiştir ve her üçünün cephe eğimi yerle 90 derecelik açı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışmada bu cephe şekli düz cephe olarak adlandırılmıştır. Çıkma geometrisi ile ilgili A modelinde herhangi bir çıkma önerilmemiştir. A1 modelinde 20 cm.'lik, A2 modelinde 30 cm.'lik çıkma boyutu kullanılmıştır. A senaryosuna ait çizimler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 verilmiştir.

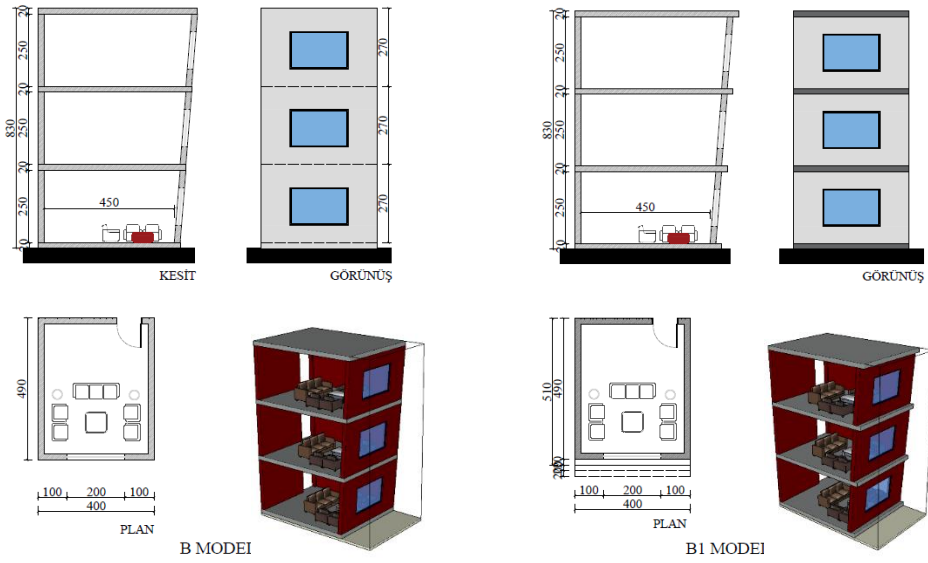


Şekil 4.3. A ve A1 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri

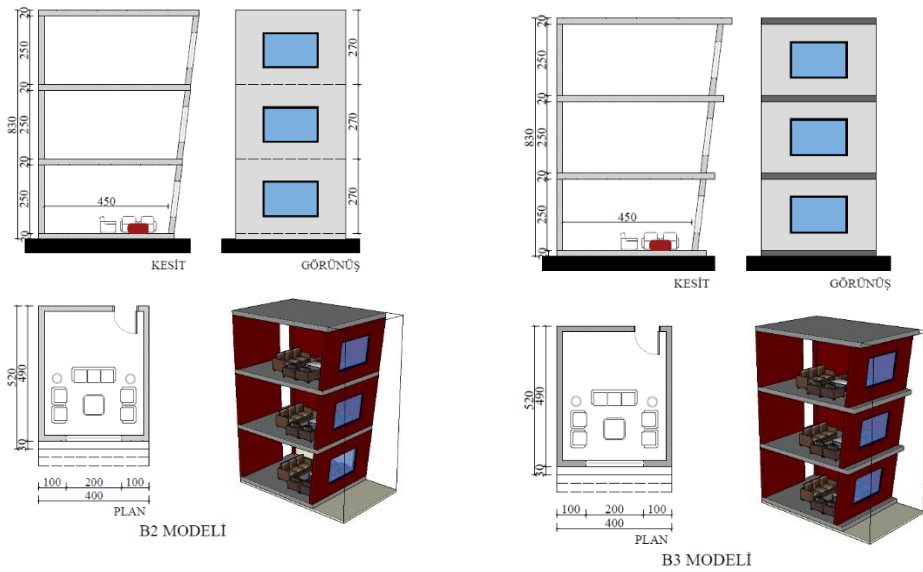


Şekil 4.4. A2 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri

B tipi senaryoda dört adet alt model önerilmiştir. Bunlardan B ve B1 modeli cephe eğimi yerle 85 derecelik açı oluşturacak şekilde seçilmiştir. B2'nin kat döşemesi boyunca çıkma boyutu 20 cm. olarak alınmıştır. B3 ve B4 modelinde ise cephe eğimi yerle 80 derecelik açı yapacak şekilde oluşturulmuştur. B4 modelinin çıkma boyutu 30 cm. olacak şekilde seçilmiştir. Çalışmada B ve B2 modellerinde herhangi bir çıkma önerilmemiştir. B senaryosuna ait çizimler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 verilmiştir.

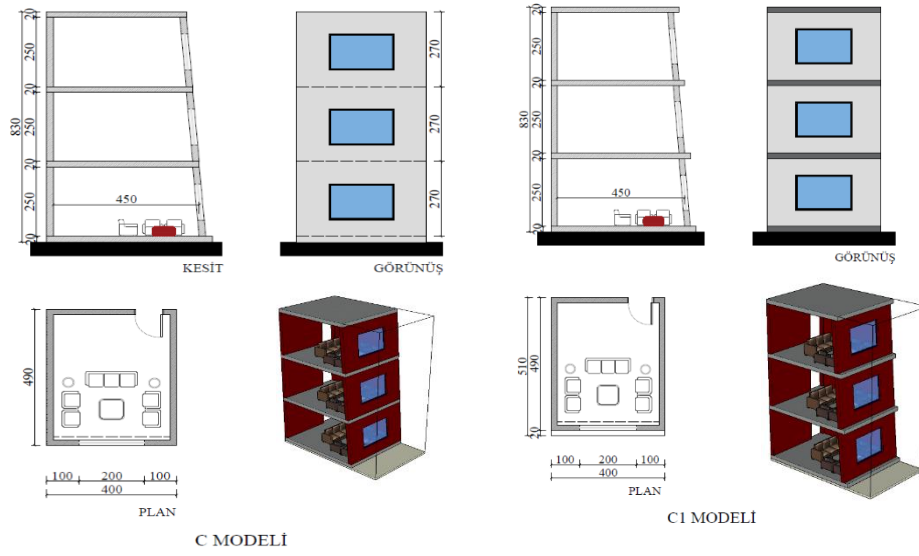


Şekil 4.5. B ve B1 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri

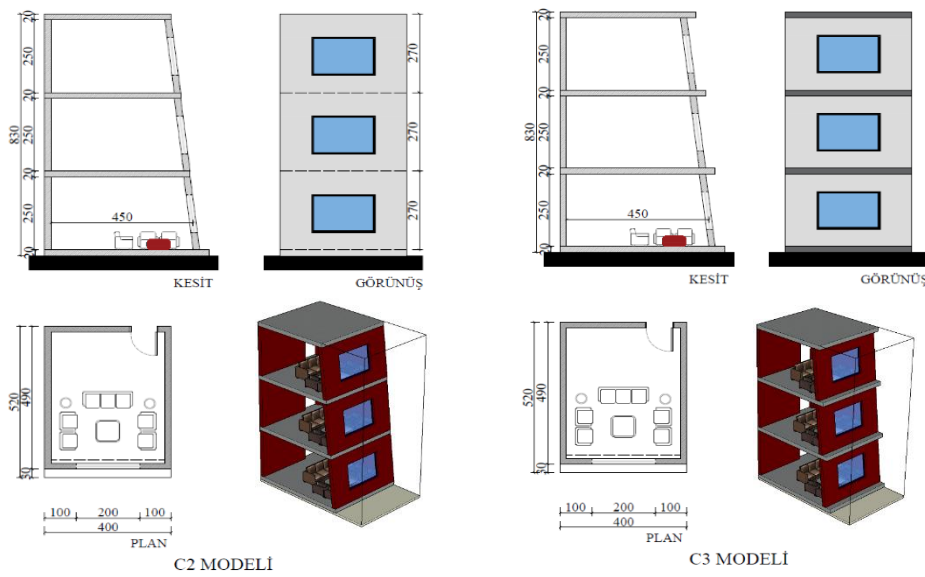


Şekil 4.6. B2 ve B3 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri

C tipi senaryoda da dört adet alt model önerilmiştir. Bunlardan C ve C1 modeli cephe eğimi yerle 95 derecelik açı oluşturacak şekilde seçilmiştir. C2'nin kat döşemesi boyunca çıkma boyutu 20 cm. olarak alınmıştır. C3 ve C4 modelinde ise cephe eğimi yerle 100 derecelik açı yapacak şekilde oluşturulmuştur. C4 modelinin çıkma boyutu 30 cm. olacak şekilde seçilmiştir. Çalışmada C ve C2 modellerinde herhangi bir çıkma önerilmemiştir. C senaryosuna ait çizimler Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.7. C ve C1 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri



Şekil 4.8. C2 ve C3 modeli plan-kesit-görünüş çizimleri

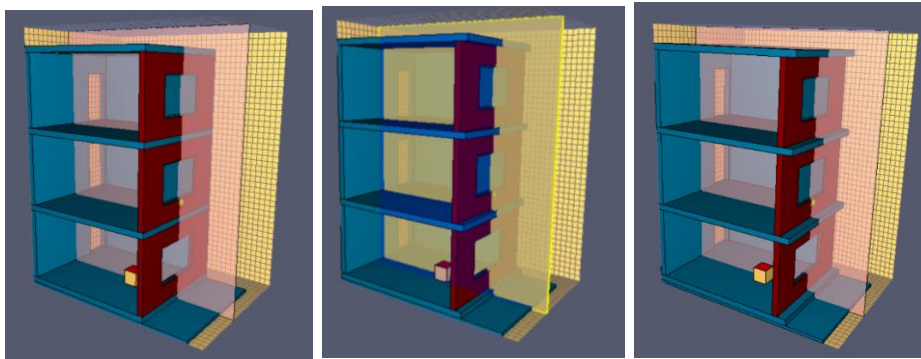
4.3. Bilgisayar Ortamında Oluşturulan Model

Dış alev bulutu ve potansiyel dış alevler, sırasıyla yangın odasındaki yangın koşullarına ve binanın dış kısmındaki açıklık, çıkma ve geometri koşullarına bağlı olarak incelenmiştir.

Bilgisayar ortamındaki alan 6,50 m x 4,90 m x 8,10 m. olarak atanmıştır. Her bir hücre programa 0,20 m. x 0,20 m. x 0,20 m. ebatları olacak şekilde girilmiştir. Yalnızca eğimli cephelerdeki çıkma hareketi olan örneklerde hücre aralığı cephe hareketindeki sonuçların daha detaylı alınabilmesi için 0,10 x 0,10 x 0,10 olacak şekilde küçültülerek girilmiştir. Her bir alandaki hücrelerin toplam sayısı birimlerdir. Simülasyonun genel parametreleri 'de tanımlanmıştır. Yangın senaryosu 4,00 m. x 4,90 m. ebatlarında üç katlı yaşama odasını içermektedir. Her bir kat 2,50 m. yüksekliğinde ve tutuşmaz malzeme olan 20 cm.'lik beton döşeme ile birbirinden ayrılmıştır. Bu senaryo yangın yükü yoğunluğu 600 MJ/m² ile tip yaşama alanında sunulmuştur. İlk tutuşma yaşam alanındaki sehpanın yanmaya başlamasıyla gerçekleşmiştir ve açığa çıkan ısı oranı 1050 kW olarak atanmıştır.

4.3.1. A tipi senaryo bilgisayar modellemesi

A ve A1 senaryosu_100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 4.9' da görülen şekilde 39.375 adet hücre kullanılmıştır. Sıcaklık ve dumanın hareketinin cephe eğimi ve çıkmaya bağlı olarak değişimini ölçmek üzere x:2 yönünde dilim (slice) ve 1. kat döşeme hizasında 1 adet ısı çifti (thermocouple) yerleştirilmiştir.



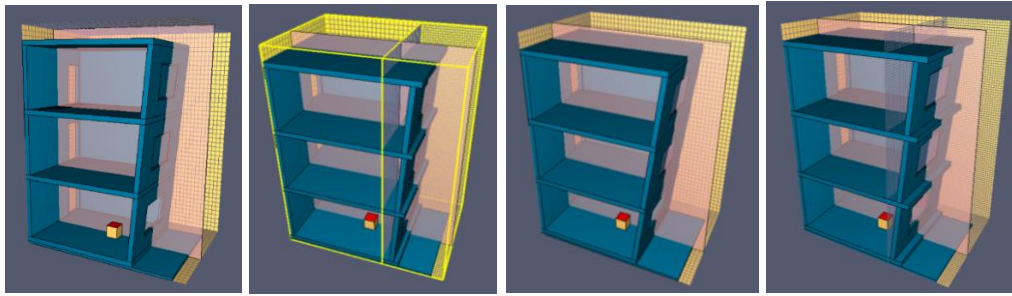
Şekil 4.9. A-A1 gridi (39.375 adet hücre) A2 gridi (45.000 adet hücre)

A2 senaryosu_100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 4.9' da görülen şekilde 45.000 adet hücre kullanılmıştır. Sıcaklık ve dumanın hareketinin cephe eğimi ve çıkmaya bağlı

olarak değişimini ölçmek üzere x:2 yönünde dilim (slice) ve 1. kat döşeme hizasında 1 adet ısılcift (thermocouple) yerleştirilmiştir.

4.3.2. B tipi senaryo bilgisayar modellemesi

B ve B1 senaryosu için 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında 'da görülen şekilde B senaryosu için 45.000 adet hücre kullanılmıştır. Sıcaklık ve dumanın hareketinin cephe eğimi ve çıkmaya bağlı olarak değişimini ölçmek üzere x:2 yönünde dilim (slice) ve 1. kat döşeme hizasında 1 adet ısılcift (thermocouple) yerleştirilmiştir. B1 senaryosunda; 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 4.10'da görüldüğü şekilde çıkma hareketinin daha detaylı hesaplamasının yapılabilmesi için model iki parçaya bölünerek hücreler oluşturulmuştur. Yaşam hacminin olduğu kısımda 24.750 adet çıkma ve eğimin olduğu kısımda 141.750 adet hücre kullanılmıştır.



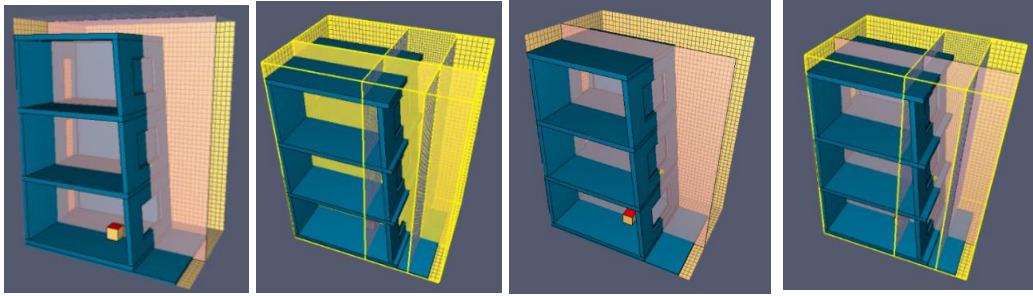
Şekil 4.10. B gridi (45.000 adet hücre) B1-B3 gridi (a. 24.750 b. 117.000 toplam 141.750 adet hücre) B2 gridi (54.000 adet hücre)

B2 ve B3 senaryosu için B2 senaryosunda 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında 'da görülen şekilde 54.000 adet hücre kullanılmıştır. B3 senaryosunda 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 4.10'da görüldüğü şekilde çıkma hareketinin daha detaylı hesaplamasının yapılabilmesi için model iki parçaya bölünerek hücreler oluşturulmuştur. Yaşam hacminin olduğu kısımda 24.750 adet çıkma ve eğimin olduğu kısımda 141.750 adet hücre kullanılmıştır.

4.3.3. C tipi senaryo bilgisayar modellemesi

C ve C1 senaryosu için C senaryosunda 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 4.11'de görülen şekilde 54.000 adet hücre kullanılmıştır. C1 Senaryosunda 100 saniyelik

simülasyon hesaplamasında Şekil 4.11’de görüldüğü şekilde çıkma hareketinin daha detaylı hesaplamasının yapılabilmesi için model üç parçaya bölünerek hücreler oluşturulmuştur. Yaşam hacminin olduğu kısımda 25.875 adet, çıkma ve eğimin olduğu kısımda 123.750 adet, dış ortam koşulunun olduğu kısımda ise 90.000 adet hücre kullanılmıştır.



Şekil 4.11. C gridi (toplam 39.375 adet hücre) C1-C3 gridi (a. 25.875, b. 90.000, c.7.875 toplam 123.750 adet hücre) C gridi (toplam 45.000 adet hücre)

C2 ve C3 senaryosu için C2 senaryosunda 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında 45.000 adet hücre kullanılmıştır. C3 senaryosunda 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 4.11’de görüldüğü şekilde çıkma hareketinin daha detaylı hesaplamasının yapılabilmesi için model üç parçaya bölünerek hücreler oluşturulmuştur. Yaşam hacminin olduğu kısımda 25.875 adet, çıkma ve eğimin olduğu kısımda 123.750 adet, dış ortam koşulunun olduğu kısımda ise 90.000 adet hücre kullanılmıştır.

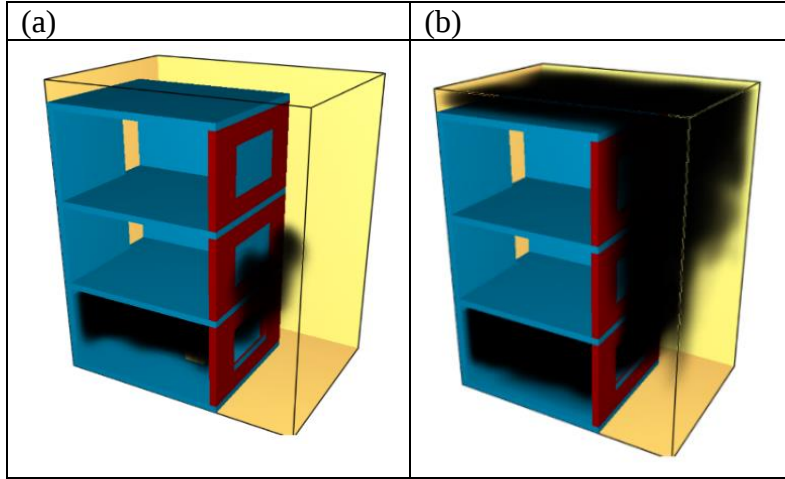
5. BULGULAR VE HİPOTEZİN SINANMASI

Cephe geometrisinin yangın esnasında alev, duman ve sıcaklık üzerindeki olası etkileri hazırlanmış olan 11 senaryo üzerinden sayısal modelleme yöntemi ile araştırılmış ve FDS simülasyon programının performans tabanlı simülasyona olanak veren arayüzü olan pyrosimin 100 saniyelik çalıştırılması sonucunda 11 senaryo için ayrı ayrı veri setleri elde edilmiştir. Her bir senaryo için sıcaklık ve HRR için ayrı ayrı olmak üzere elde edilen 1001 adet veri setlerinin bir örneği (A Senaryosu için olan veri seti) Ek-1’de verilmiştir. (Diğer senaryolara ait veri setleri CD olarak teslim edilmiştir.)

Pyrosimin içinde yer alan smkokeview ara yüzü ile zamana bağlı olarak gelişen duman yayılımı ve sıcaklık değişimi görünüşlerine, pyrosim’in menüsünde yer alan plot time history result kısmından ise senaryoların simülasyonu sonucunda her bir senaryo için ayrı veri setine (sayısal değerlere) ulaşılmıştır. Daha sonra elde edilen veri setleri ile cephelerde düzenlenen çıkma ve eğimin sıcaklık ve HRR üzerindeki etkilerinin daha hassas analizlerine ulaşabilmek için HRR ve sıcaklığa ait tüm veri setlerinin matlab (matrix laboratory) programına girişleri yapılmıştır. Bu kapsamda pyrosimden resim olarak elde edilebilen HRR-Zaman ve Sıcaklık-Zaman grafiklerine sayısal verilerin matlab’a girilmesi ile daha okunaklı ve net olarak ulaşılmıştır. Ayrıca her bir senaryo için elde edilmiş olan veri setlerinin matlab programında ortalama(mean) ortanca(median) değerleri üzerinden çıkma ve eğimin, sıcaklık ve HRR ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda yapılan değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

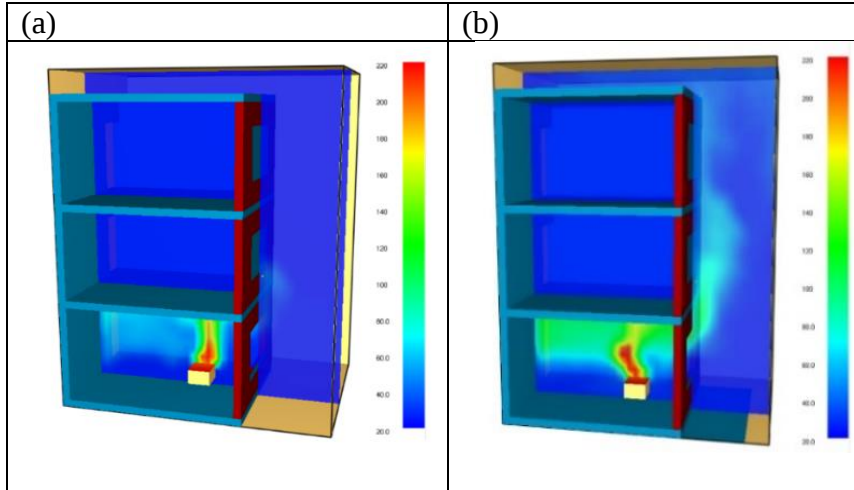
Senaryo A

A senaryosunda Şekil 5.1’de görüldüğü gibi duman 10. Saniyede ikinci kat camının ortasından biraz yukarıya ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



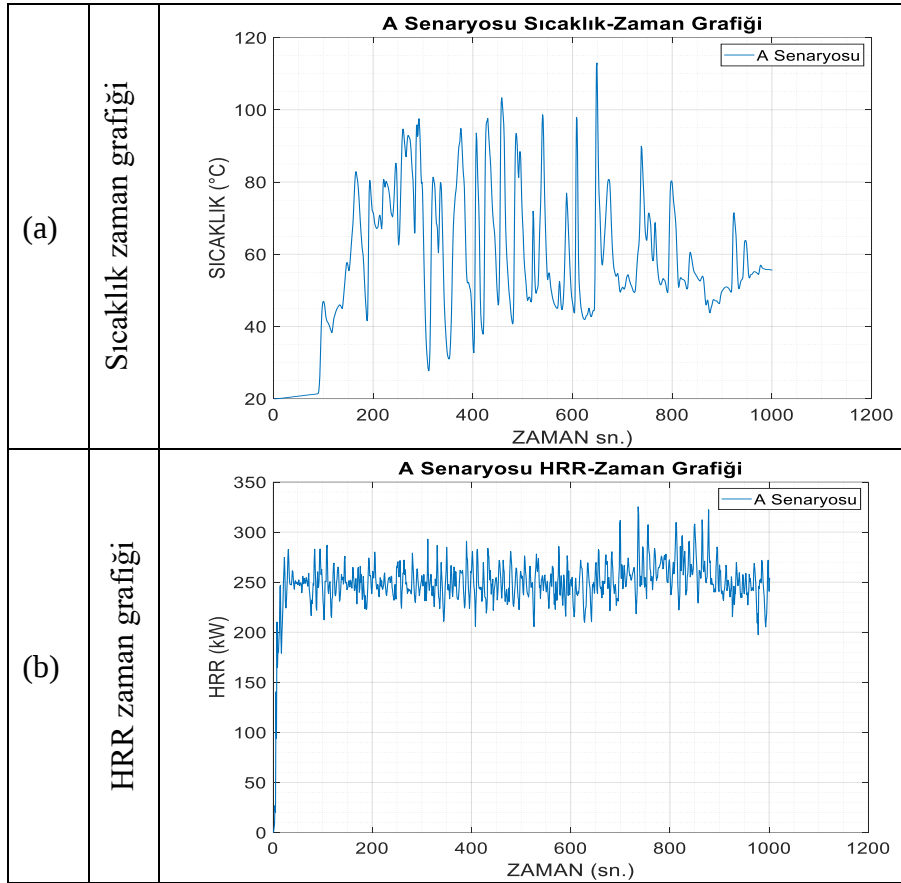
Şekil 5.1. (a) A simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Alev bulutu Şekil 5.2’de görüldüğü gibi 10. saniyede henüz kapalı hacim içindeyken 25. saniyede pencereden dışarı çıkmaya başlamış, ikinci kat penceresinin ortalarına ulaşmıştır.



Şekil 5.2. (a) A simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

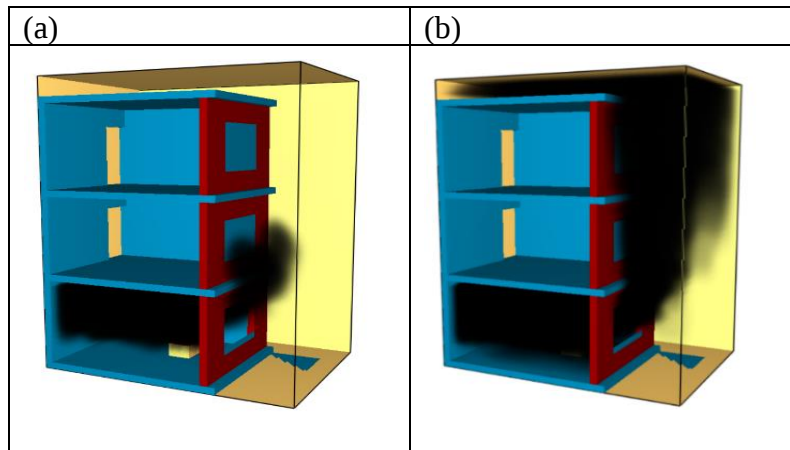
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 115°C 'ye Şekil 5.3’de görüldüğü gibi 65. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A senaryosundaki en yüksek HRR 340 kW’lık değer olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.3. A simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-A simülasyonu HRR-zaman grafiği

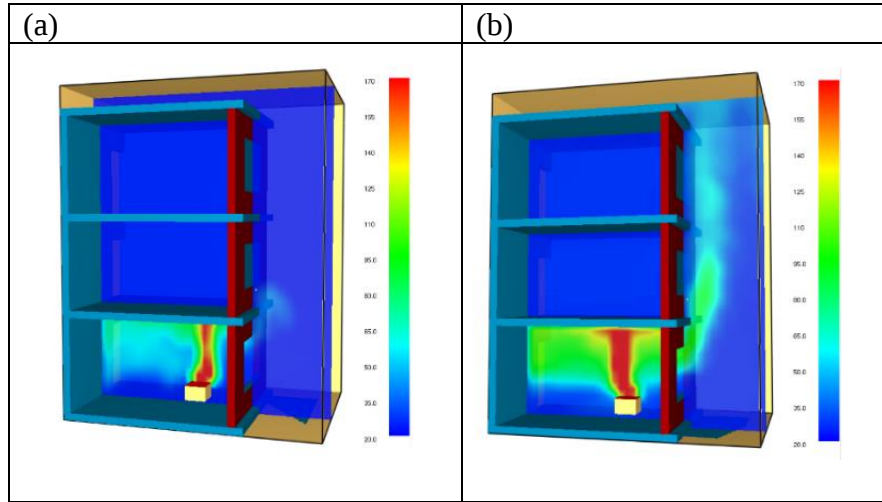
Senaryo A1

A1 senaryosunda Şekil 5.4’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat camının ortalarına ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



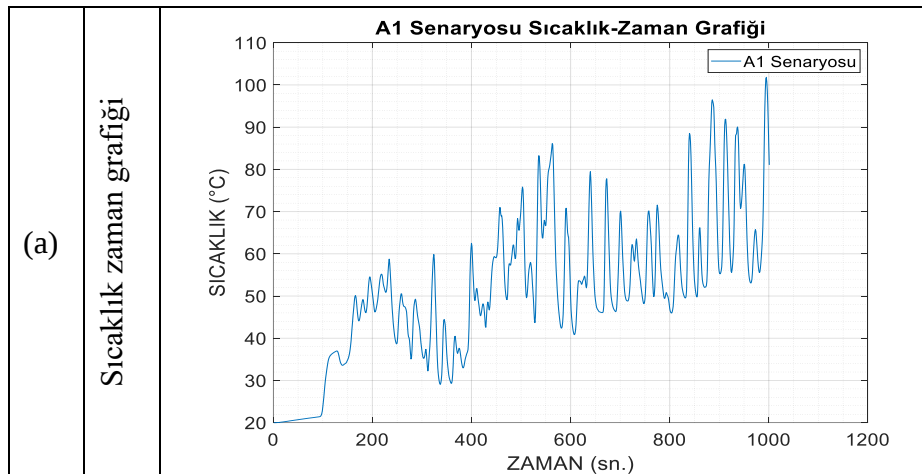
Şekil 5.4. (a) A1 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Alev bulutu Şekil 5.5’de görüldüğü gibi 10. saniyede henüz kapalı hacim içindeyken 25. saniyede pencereden dışarı çıkmaya başlamış, ikinci kat penceresinin ortalarına ulaşmış ve cepheden biraz ayrılmıştır.

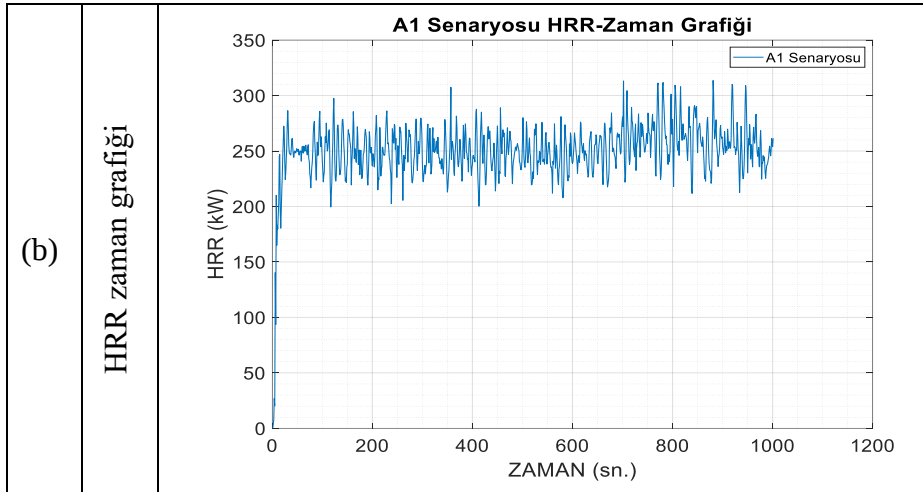


Şekil 5.5. (a) A1 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 105°C 'ye Şekil 5.6'da görüldüğü gibi 100. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A1 modelindeki en yüksek HRR 300 kW'lık değer olarak ölçülmüştür.



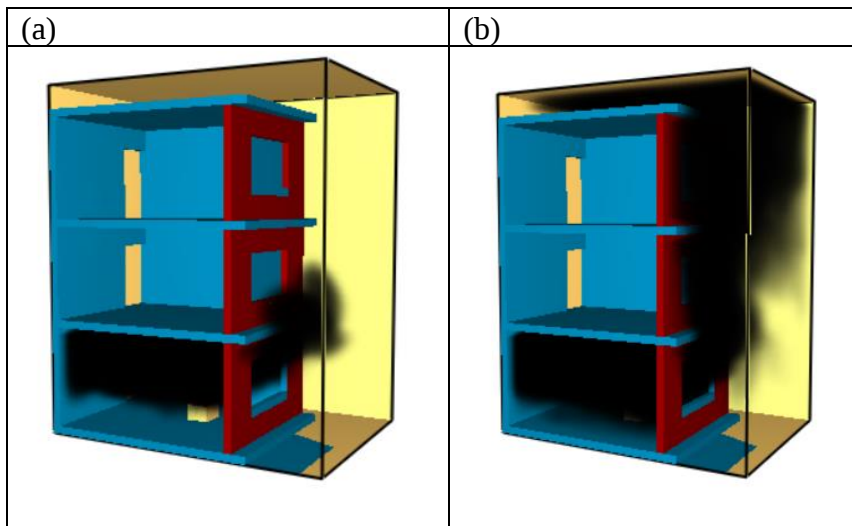
Şekil 5.6. A1 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-A1 simülasyonu HRR-zaman grafiği



Şekil 5.6. (devamı) A1 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-A1 simülasyonu HRR-zaman grafiği

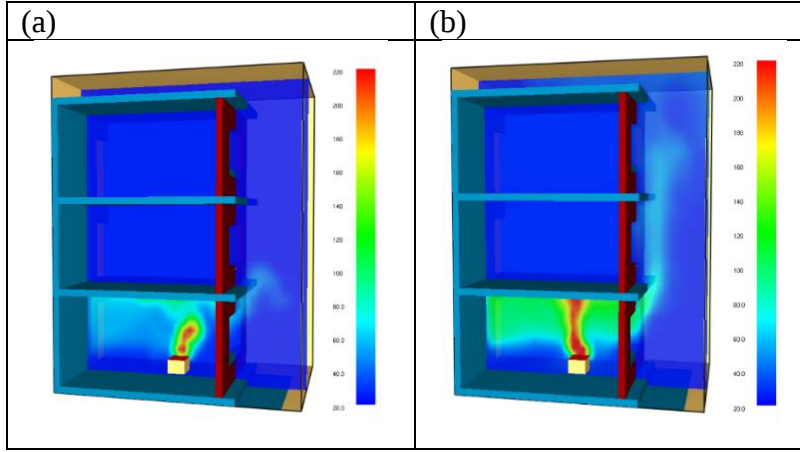
Senaryo A2

A2 senaryosunda Şekil 5.7’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat camının alt yüzeyine ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



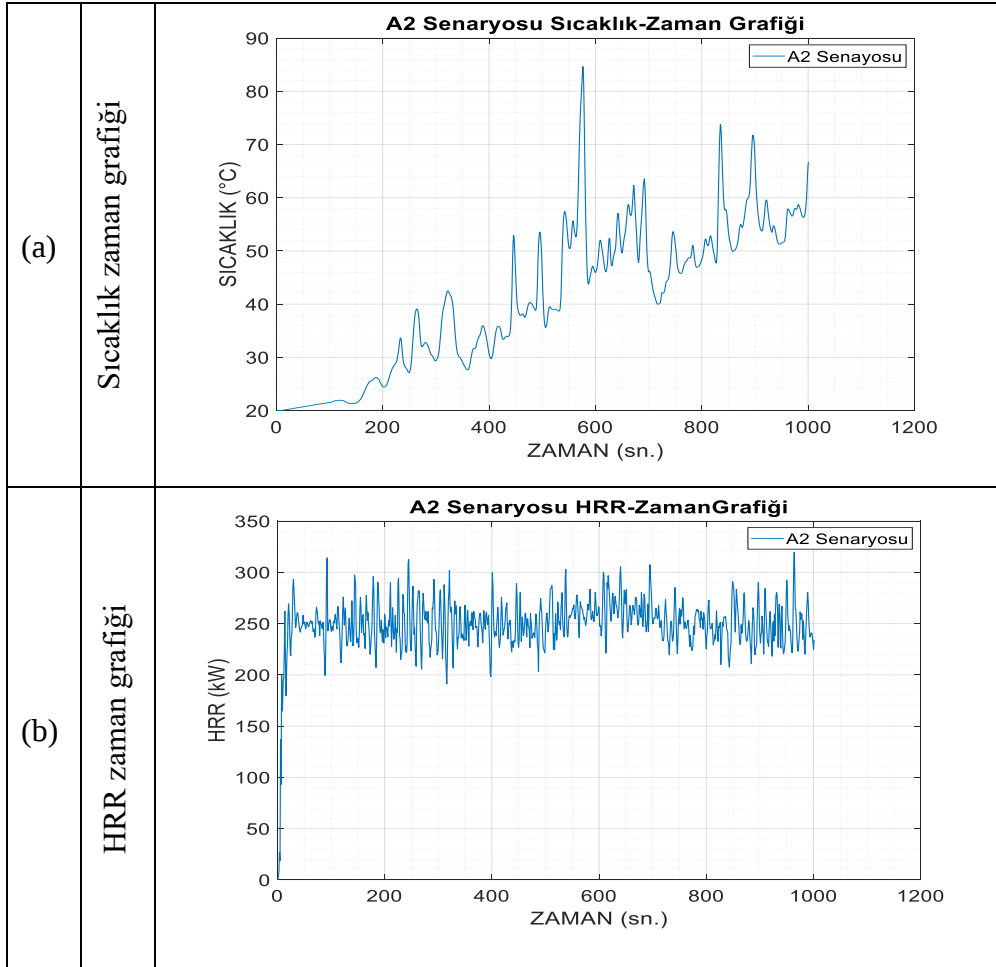
Şekil 5.7. (a) A2 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Alev bulutu Şekil 5.8’de görüldüğü gibi 10. saniyede henüz kapalı hacim içindeyken 25. saniyede pencereden dışarı çıkmaya başlamış, ikinci kat çıkmasının biraz üzerine cepheden uzaklaşarak yükselme eğiliminde gözlenmiştir.



Şekil 5.8. (a) A2 simülasyonu 10. Sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

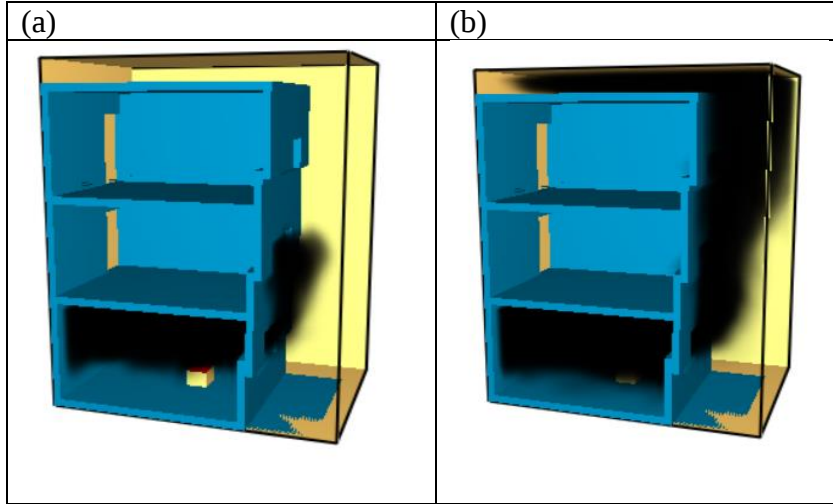
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 85°C 'ye Şekil 5.9'da görüldüğü gibi 60. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince A modelindeki en yüksek HRR değeri 300 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.9. A2 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği- A2 simülasyonu HRR-zaman grafiği

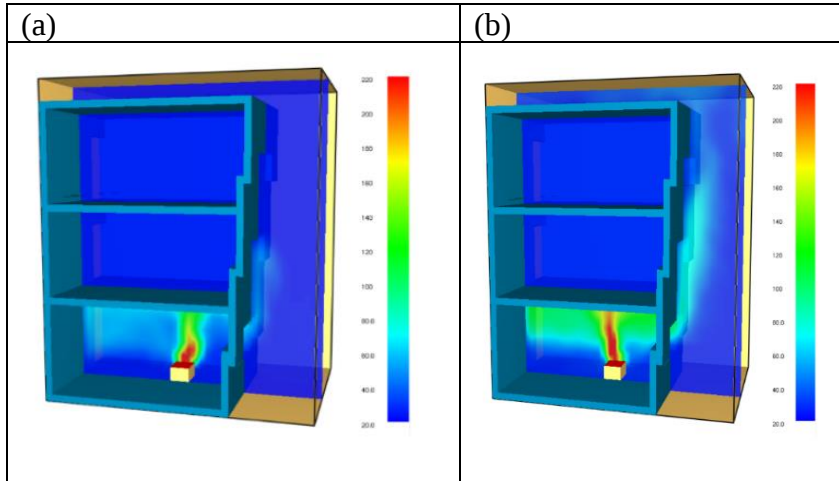
Senaryo B

B senaryosunda Şekil 5.10’da görüldüğü gibi duman 10. Saniyede kapalı hacimden dışarı çıkarak ikinci kat penceresinin üzerine başlamışken 25. Saniyede tüm cepheyi kaplamıştır.



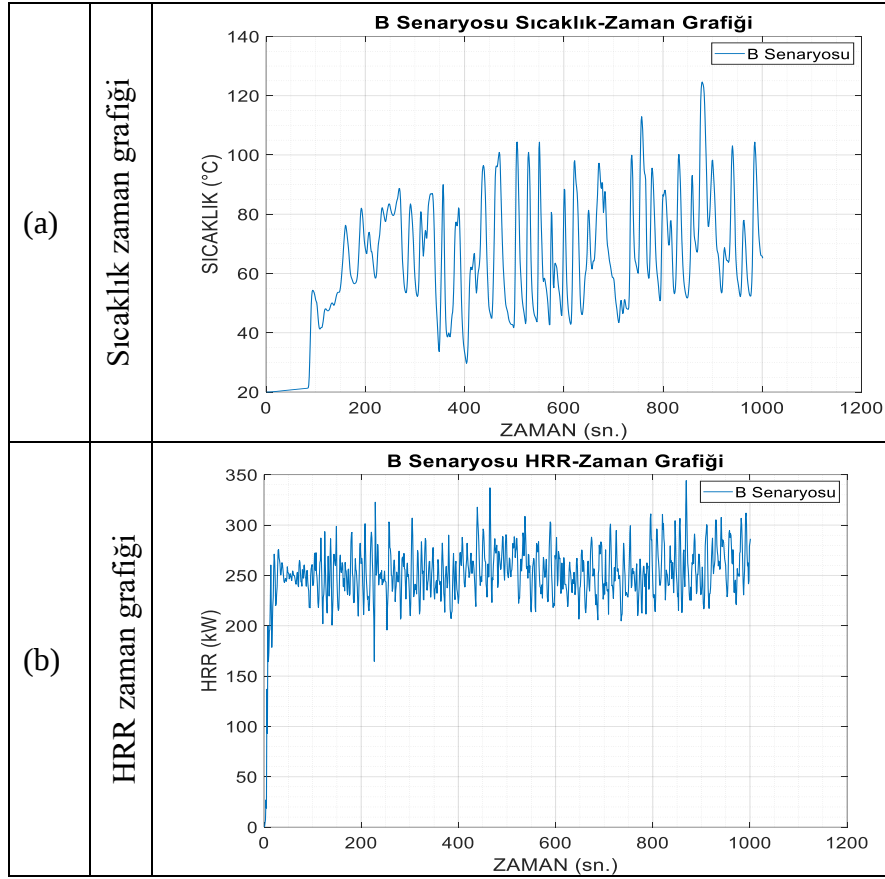
Şekil 5.10. (a) B simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Alev bulutu Şekil 5.11’de görüldüğü gibi 10. Saniyede kapalı hacimden dışarı çıkmaya başlamışken 25. Saniyede ikinci kat penceresinin biraz üzerine ulaşmıştır.



Şekil 5.11. (a) B simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

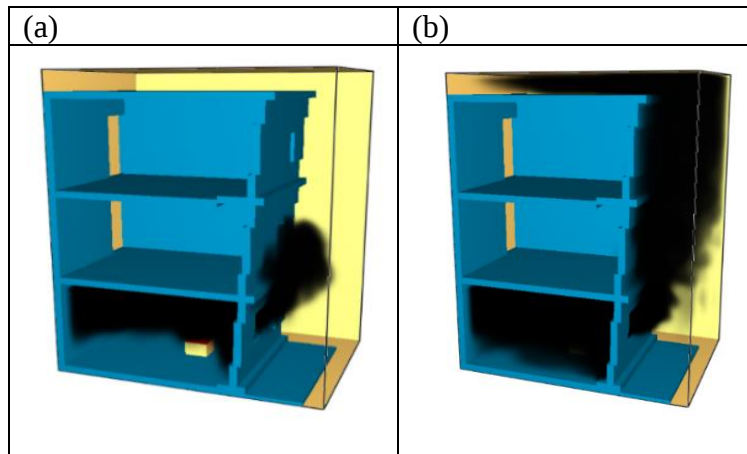
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 120°C 'ye Şekil 5.12’de görüldüğü gibi 90. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince B modelindeki en yüksek HRR değeri 320 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.12. B simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B simülasyonu HRR-zaman grafiği

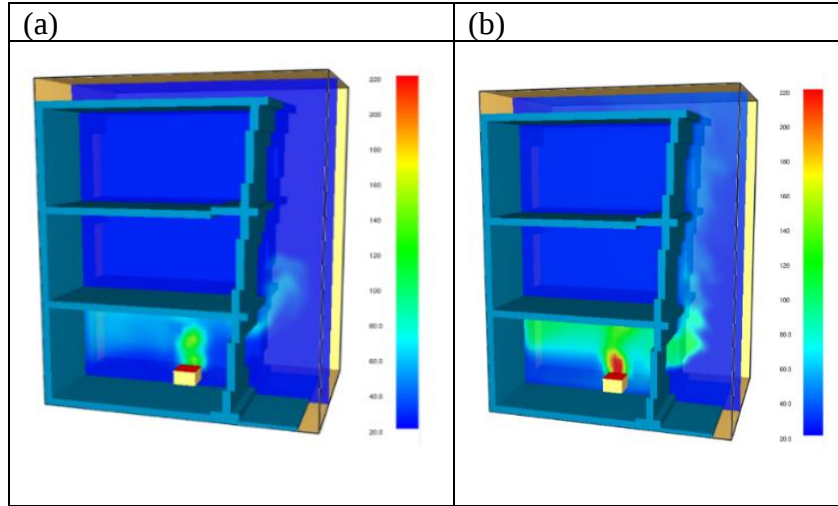
Senaryo B1

B1senaryosunda Şekil 5.13’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat camının üst yüzeyine ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



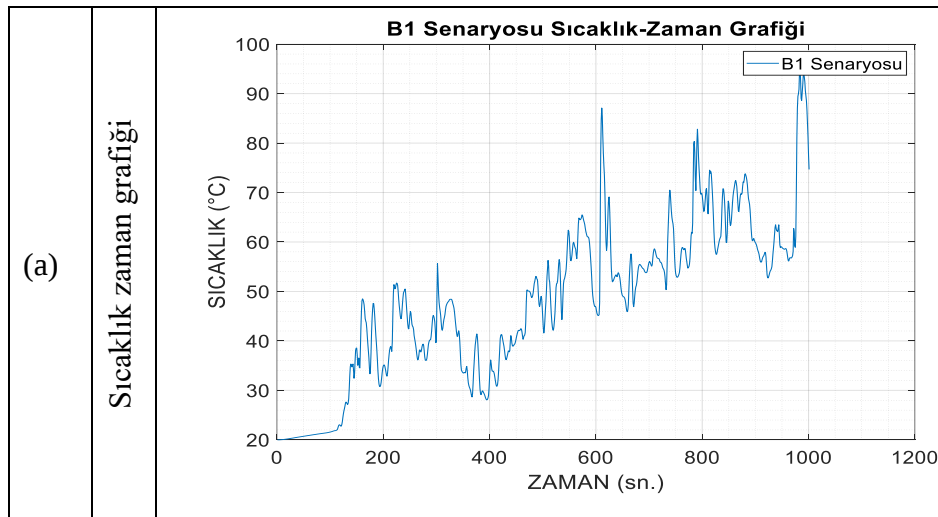
Şekil 5.13. (a) B1 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Alev bulutu Şekil 5.14’de görüldüğü gibi 10. saniyede kapalı hacimden dışarıya çıkmaya başlamış birinci kat çıkma hizasını geçmişken 25. saniyede ikinci kat penceresine ulaşmıştır.

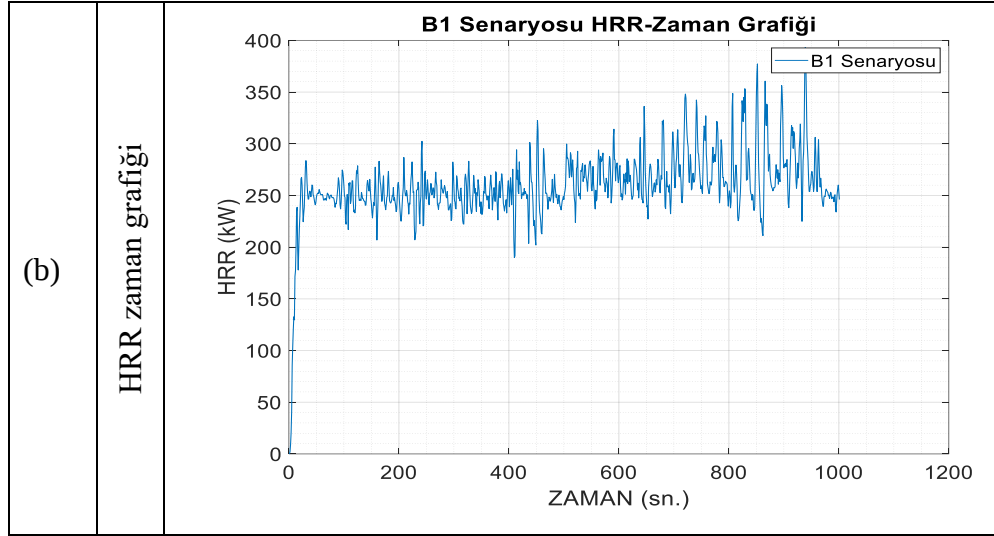


Şekil 5.14. (a) B1 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 95⁰C’ye Şekil 5.15’de görüldüğü gibi 100. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince B1 modelindeki en yüksek HRR değeri 370 kW olarak ölçülmüştür.



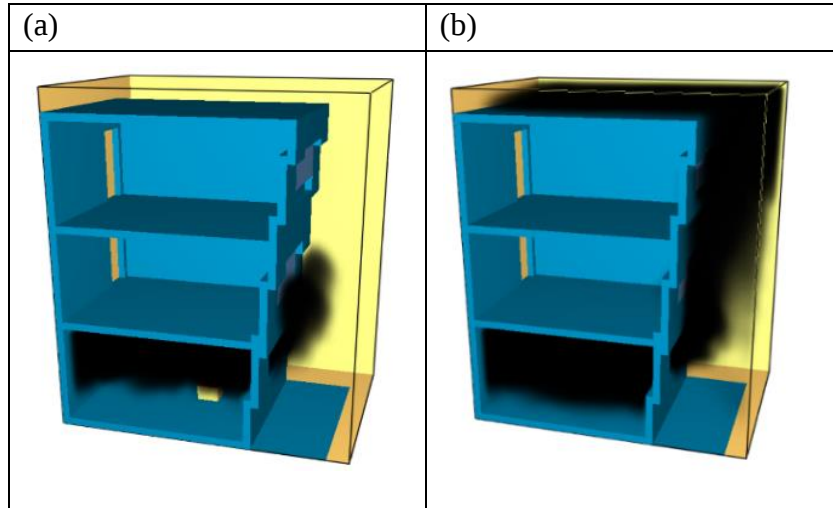
Şekil 5.15. B1 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B1 simülasyonu HRR-zaman grafiği



Şekil 5.15. (devamı) B1 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B1 simülasyonu HRR-zaman grafiği

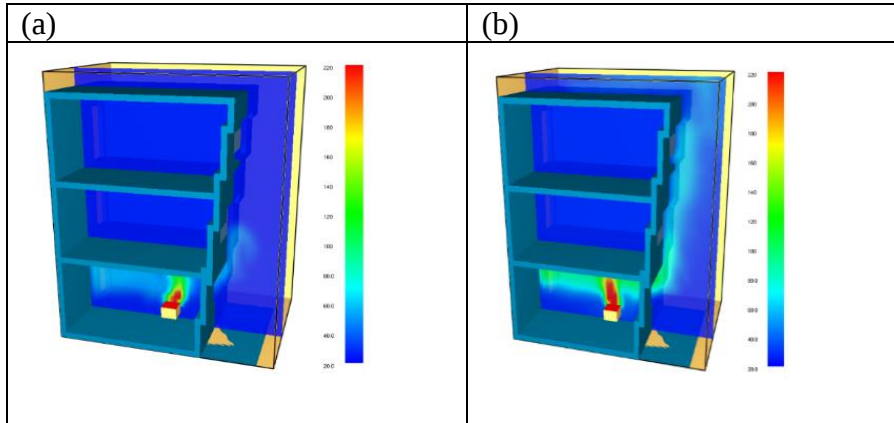
Senaryo B2

B2 senaryosunda Şekil 5.16’da görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat pencere doğraması camının neredeyse üst seviyesine ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerleyerek cepheyi kaplamıştır.



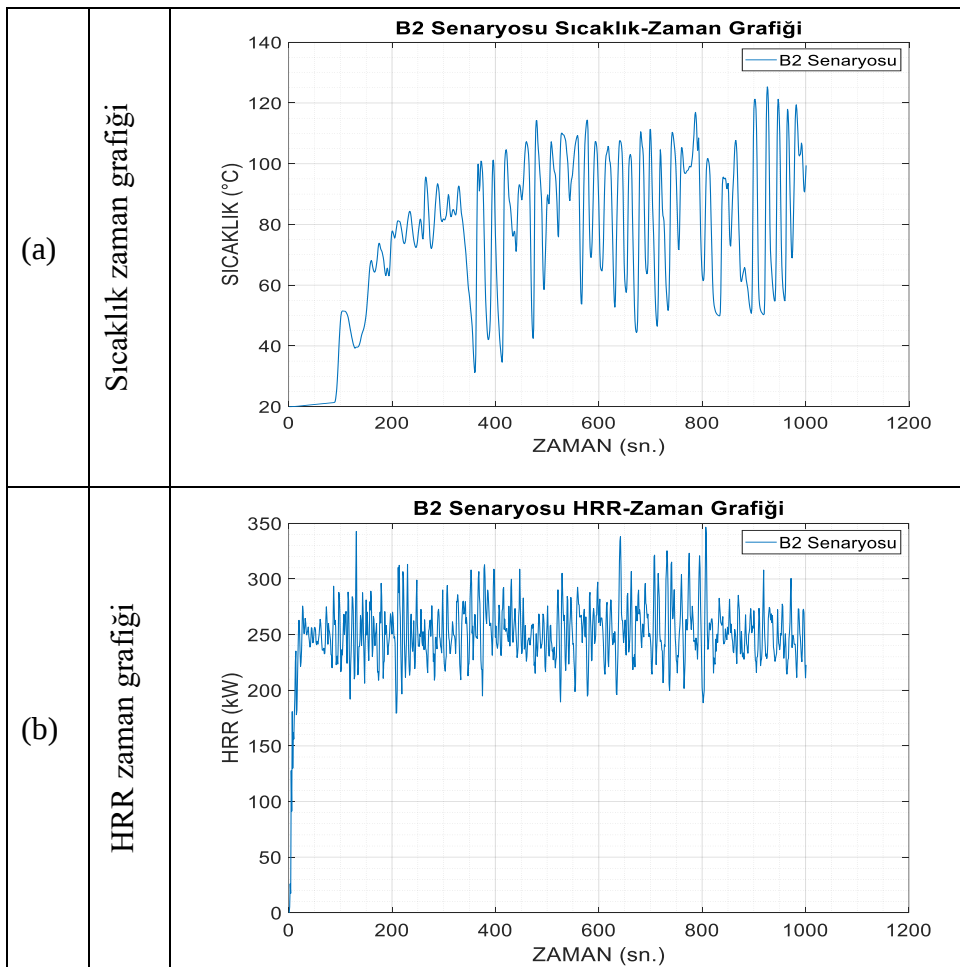
Şekil 5.16. (a) B2 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Alev bulutu Şekil 5.17’de görüldüğü gibi 10. saniyede kapalı hacim içerisindeyken 25. saniyede ikinci kat penceresinin alt kısımlarına ulaşmıştır.



Şekil 5.17. (a) B2 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

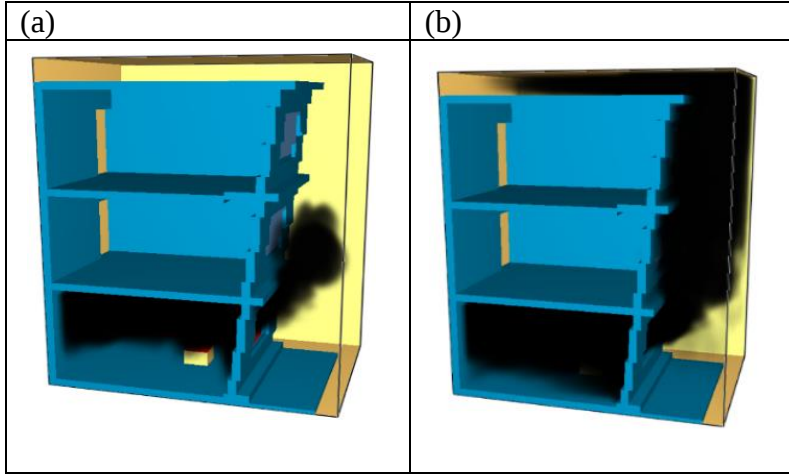
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçıftan ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 125°C 'ye Şekil 5.18'de görüldüğü gibi 90. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince B2 modelindeki en yüksek HRR değeri 350 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.18. B2 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B2 simülasyonu HRR-zaman grafiği

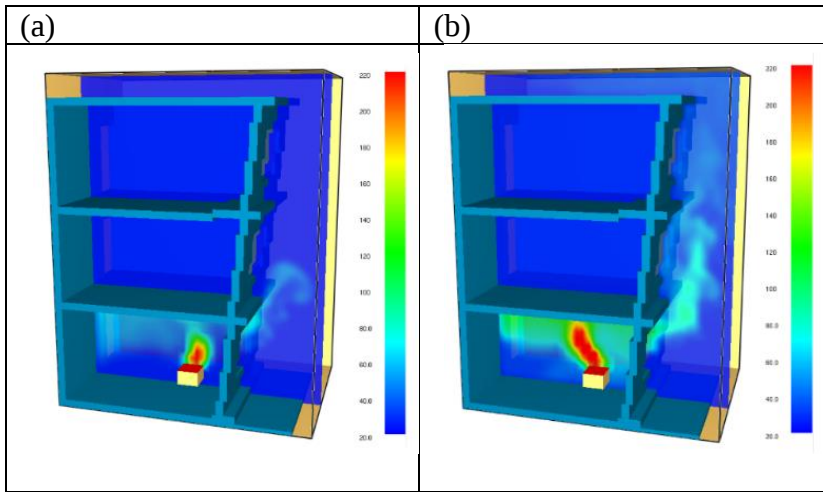
Senaryo B3

B3 senaryosunda Şekil 5.19’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat camının üst yüzeyine ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



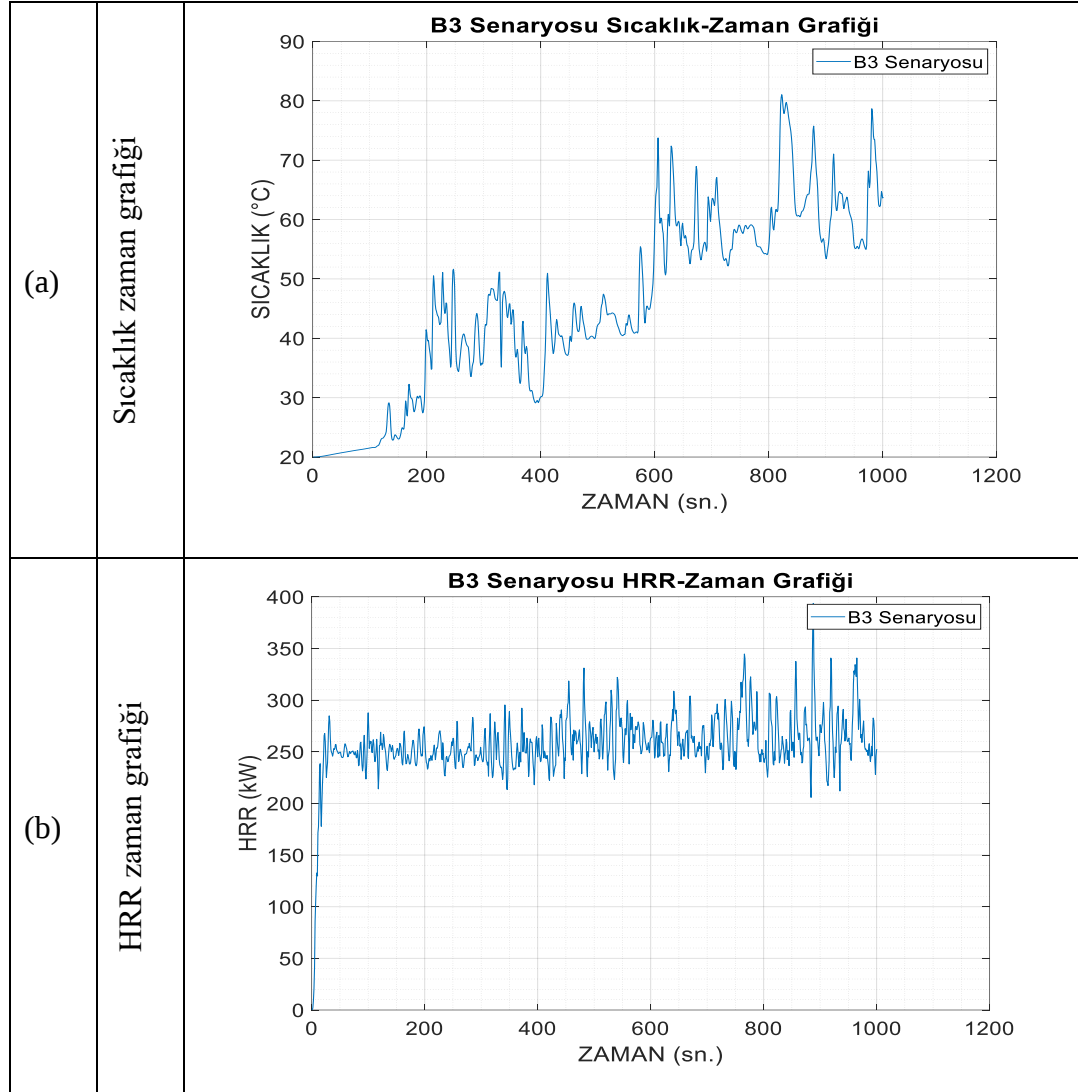
Şekil 5.19. (a) B3 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

B3 senaryosunda Şekil 5.20’de görüldüğü gibi alev bulutu 10. saniyede kapalı hacimden dışarıya çıkarak kat silmesi hızından dış ortama doğru ilerleme eğilimine başlamışken 25. saniyede cephe yüzeyinden ayrılan alev bulutu ikinci kat çıkma hızası seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 5.20. (a) B3 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

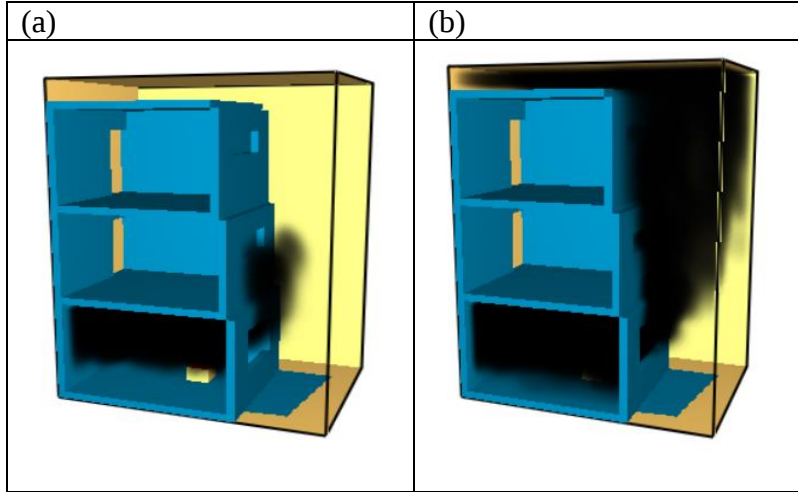
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 85⁰C'ye Şekil 5.21'de görüldüğü gibi 85. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince B3 modelindeki en yüksek HRR değeri 360 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.21. B3 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-B3 simülasyonu HRR-zaman grafiği

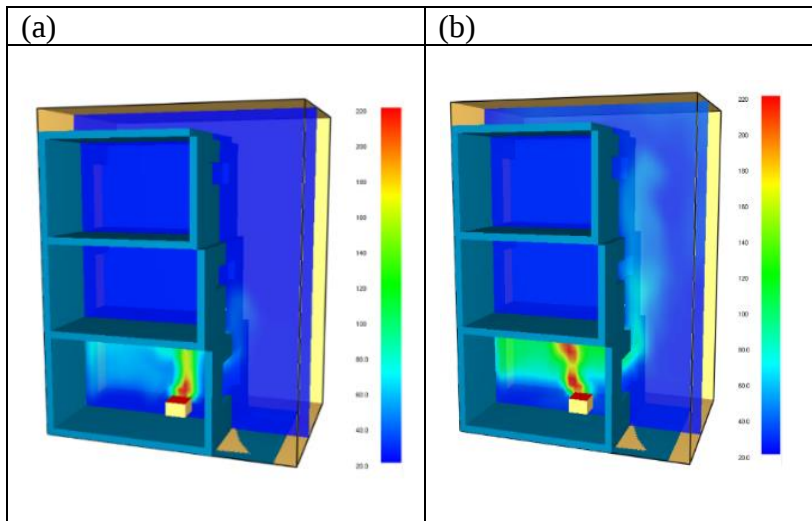
Senaryo C

C senaryosunda Şekil 5.22'de görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat camının orta hizasının biraz üzerindeki yüzeyine ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



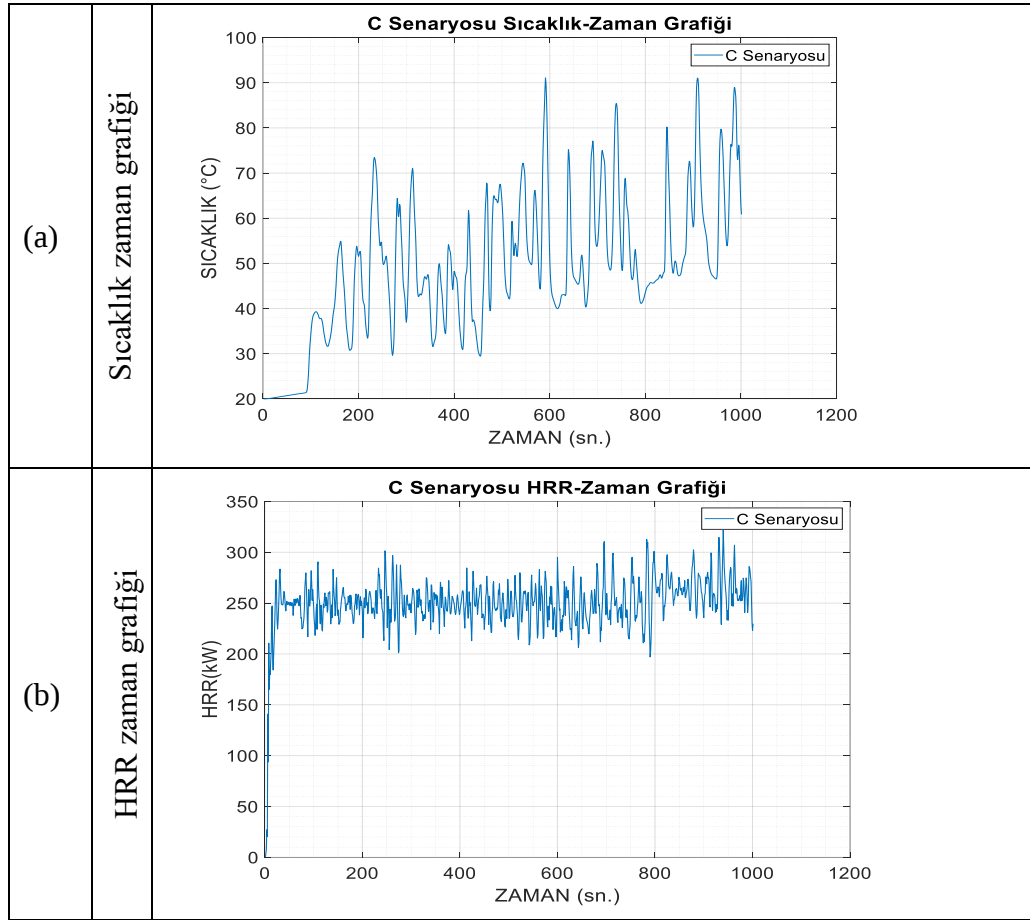
Şekil 5.22. (a) C simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

C senaryosunda Şekil 5.23’de görüldüğü gibi alev bulutu 10. saniyede kapalı hacimden içerisindeyken 25. saniyede kapalı hacimden dışarı çıkarak cephe yüzeyi üzerinden birinci kat döşeme hizasına doğru ilerlemiştir.



Şekil 5.23. (a) C simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

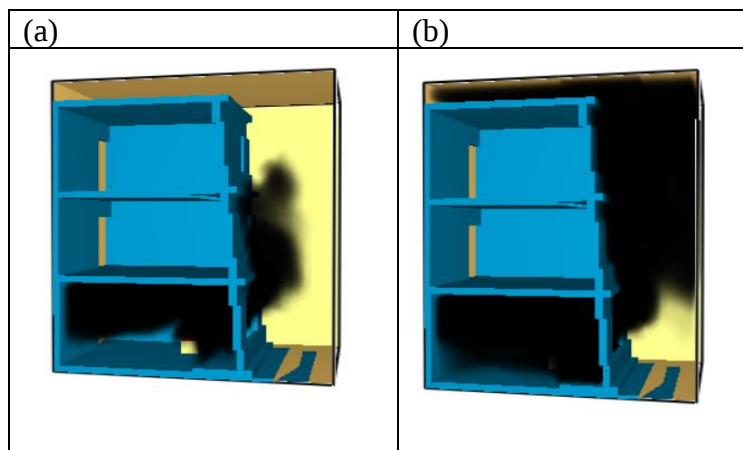
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 95° dereceye Şekil 5.24’de görüldüğü gibi 60. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince C senaryosundaki en yüksek HRR değeri 310 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.24. C simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-C simülasyonu HRR-zaman grafiği

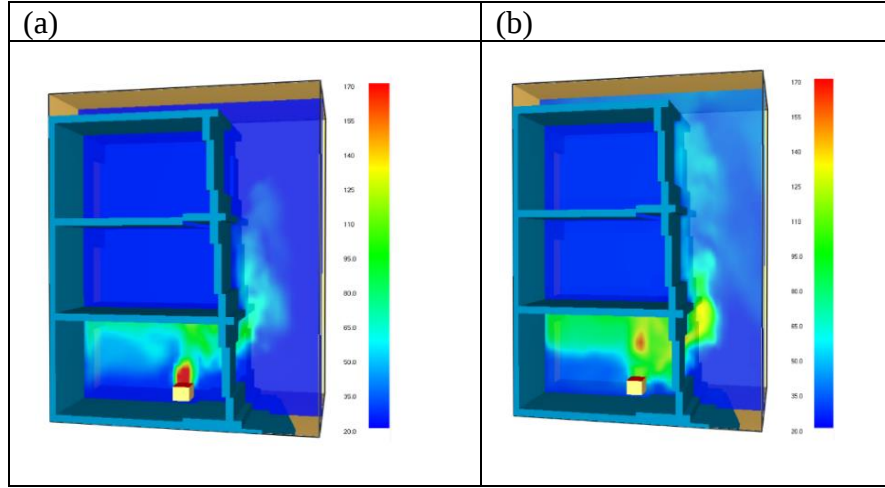
Senaryo C1

C1 senaryosunda Şekil 5.25’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede üçüncü kat çıkması hızasının biraz üzerindeki yüzeye ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



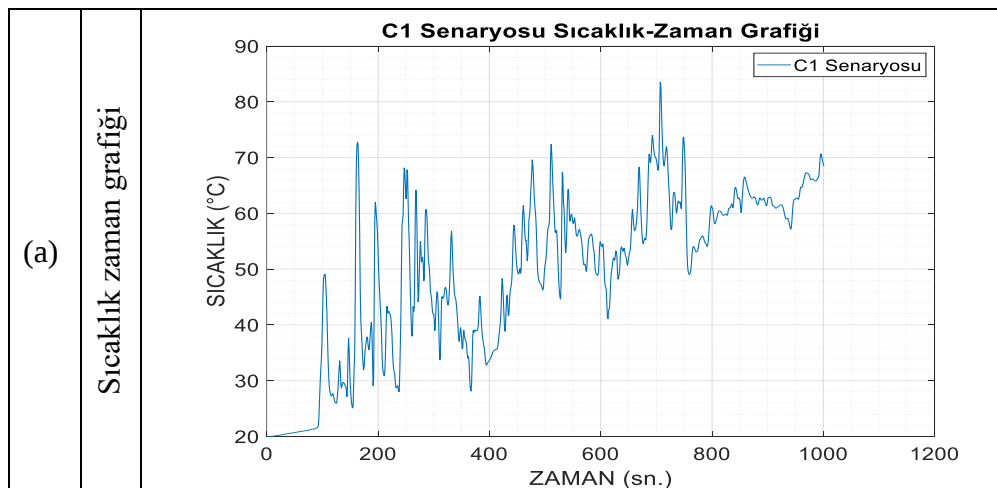
Şekil 5.25. (a) C1 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

C1 senaryosunda Şekil 5.26’da görüldüğü gibi alev bulutu 10. saniyede kapalı hacimden dışarıya çıkarak birinci kat çıkması hızından cephe yüzeyinden ayrılarak yukarı doğru ilerlerken 25. saniyede birinci kat penceresinin orta hizasına doğru ilerlemiştir.

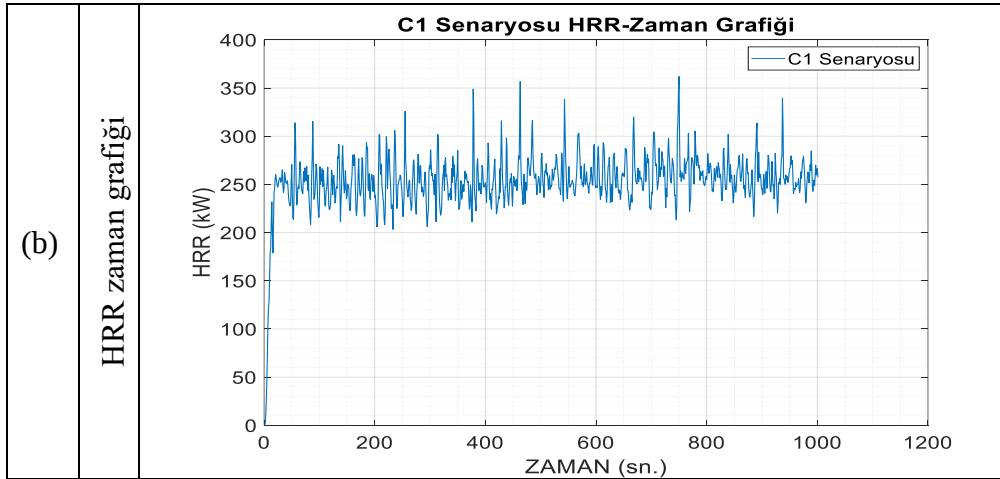


Şekil 5.26. (a) C1 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 85° dereceye Şekil 5.27’de görüldüğü gibi 75. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince C1 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 350 kW olarak ölçülmüştür.



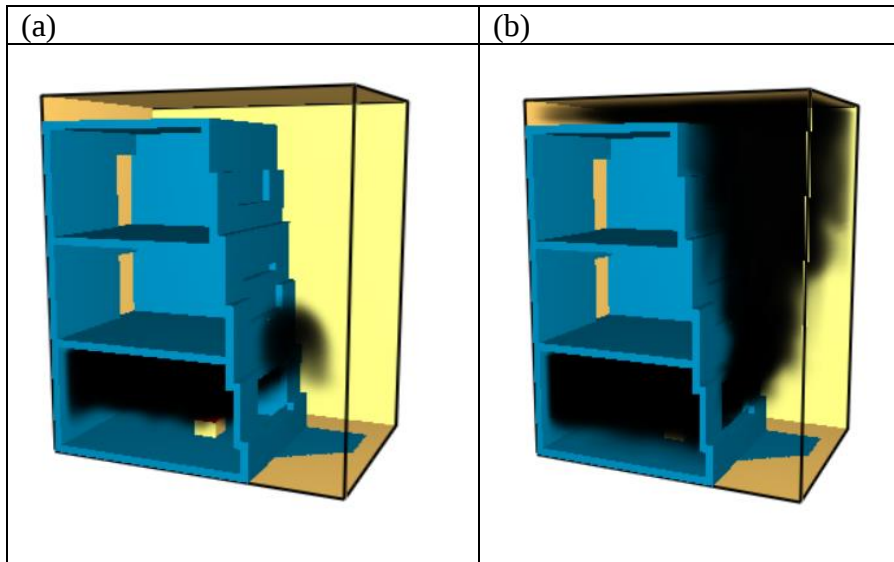
Şekil 5.27. C1 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-C1 simülasyonu HRR-zaman grafiği



Şekil 5.27. (devamı) C1 simülasyonu sıcaklık-zaman grafiği-C1 simülasyonu HRR-zaman grafiği

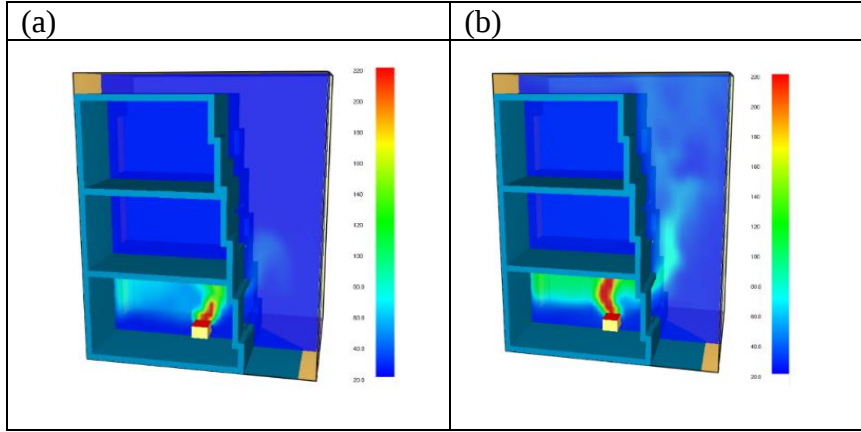
Senaryo C2

C2 modelinde Şekil 5.28’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede ikinci kat penceresi alt hızasına ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



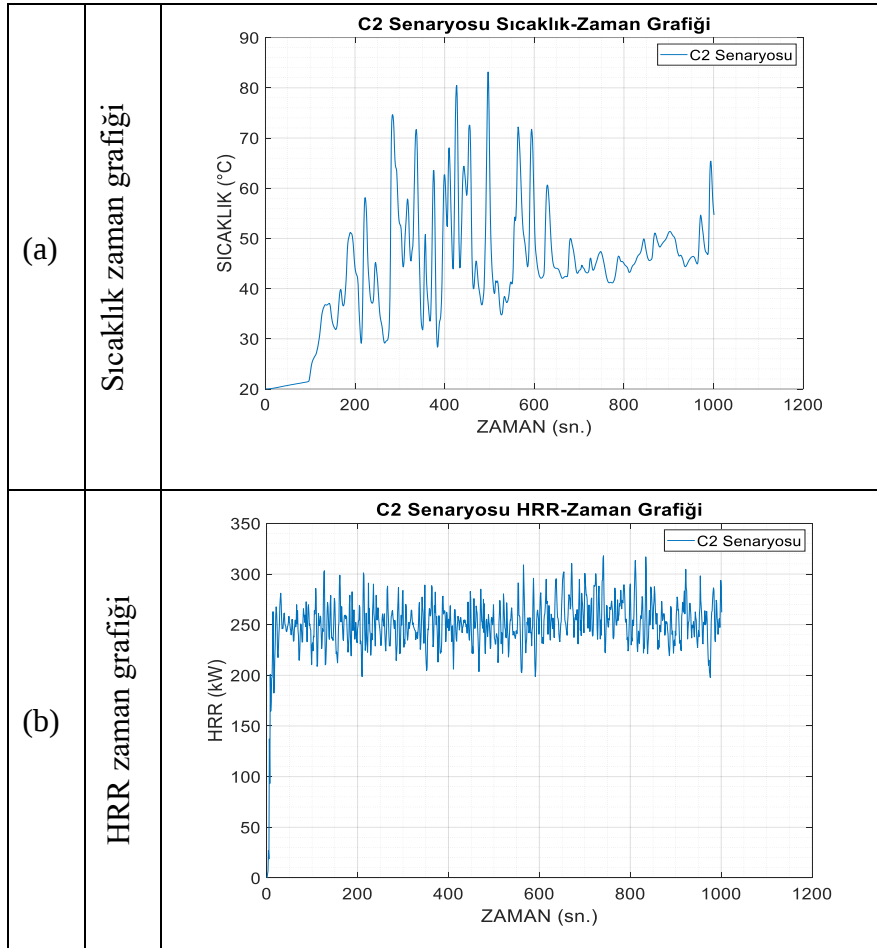
Şekil 5.28. (a) C2 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

C2 senaryosunda Şekil 5.29’da görüldüğü gibi alev bulutu kapalı hacim içerisindeyken 25. saniyede birinci kat çıkması hızasından cephe yüzeyinden ayrılarak yukarı doğru ilerlemiştir.



Şekil 5.29 (a) C2 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

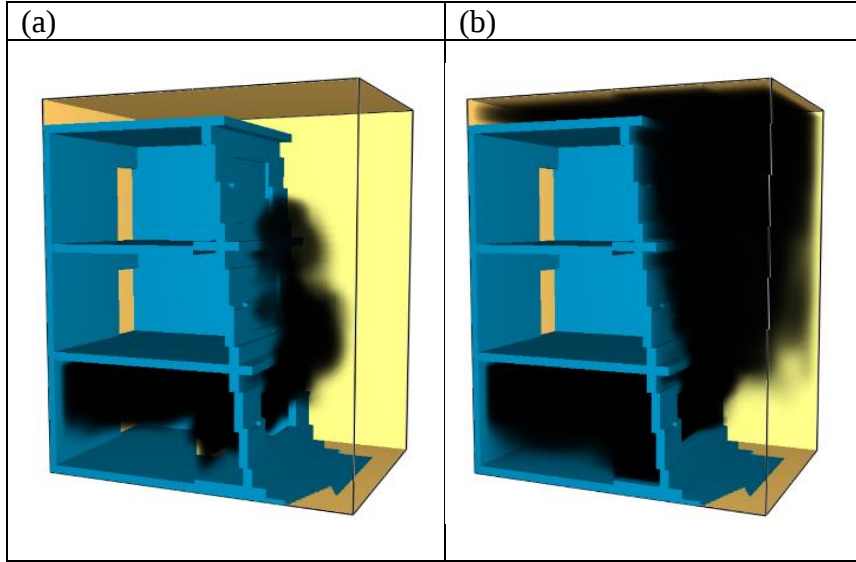
100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 80°C 'ye Şekil 5.30'da görüldüğü gibi 55. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince C2 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 300 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.30. C2 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-C2 simülasyonu HRR-zaman grafiği

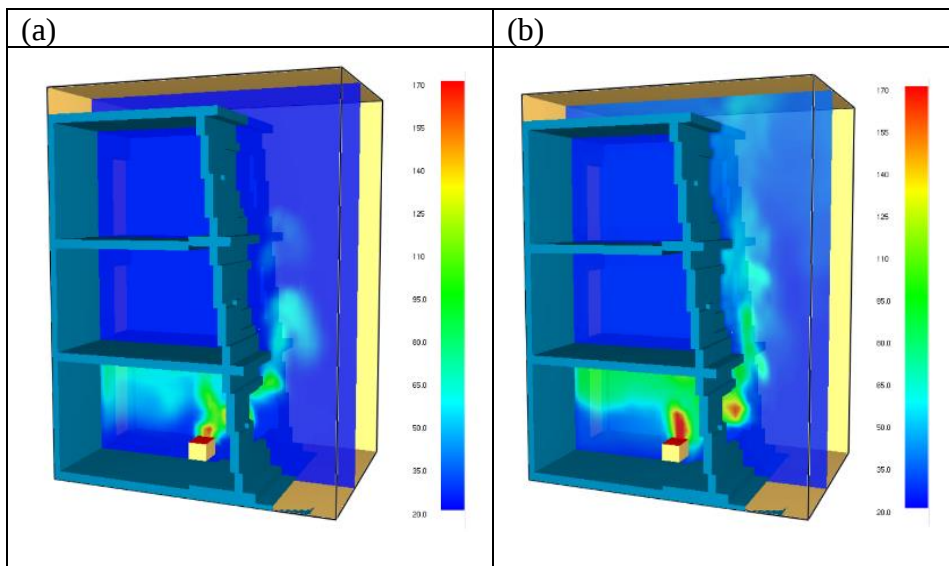
Senaryo C3

C3 senaryosunda Şekil 5.31’de görüldüğü gibi duman 10. saniyede üçüncü kat penceresi alt hizasına ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



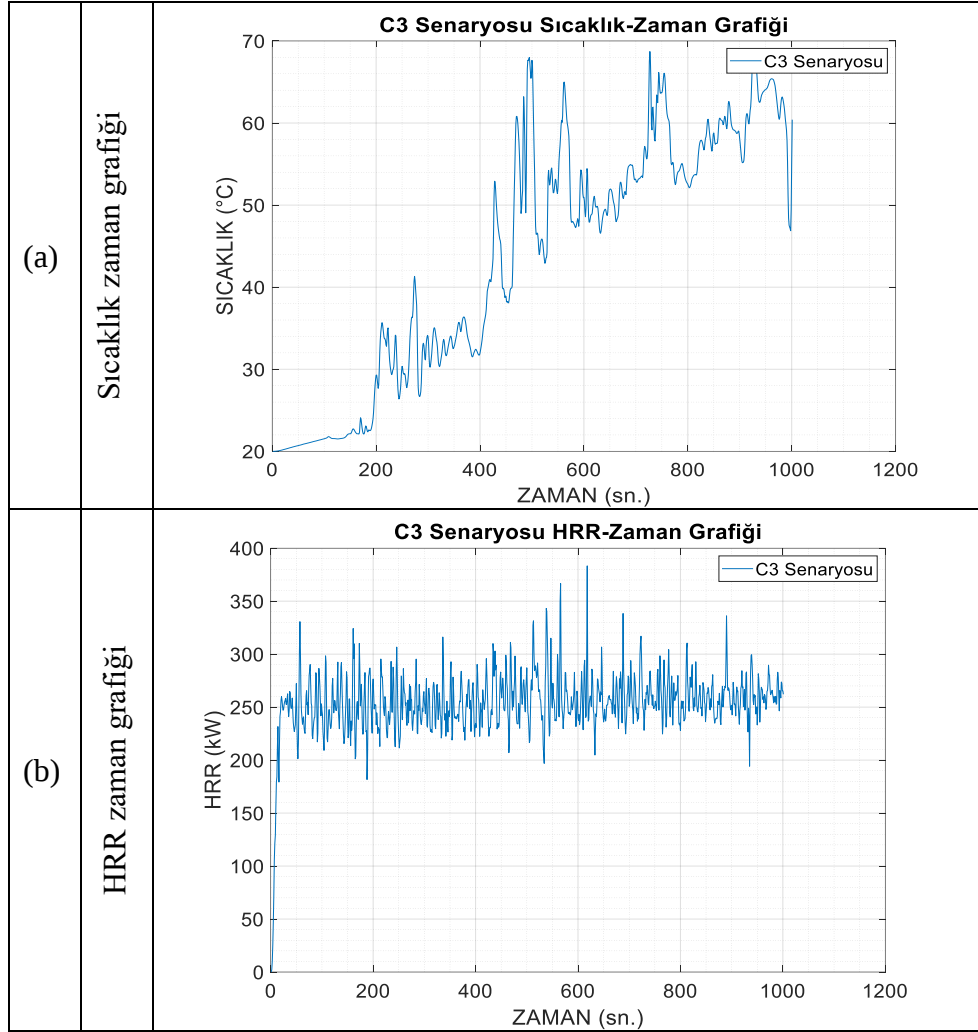
Şekil 5.31 (a) C3 simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

C3 senaryosunda Şekil 5.32’de görüldüğü gibi alev bulutu kapalı hacimden çıkarak birinci kat çıkması hizasından cephe yüzeyinden ayrılarak yukarı doğru ilerlerken 25. saniyede ikinci kat çıkması hizasına ulaşarak cephe yüzeyine yakın şekilde yukarı doğru ilerlemiştir.



Şekil 5.32 (a) C3 simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü

100 saniyelik simülasyon boyunca ısılıçiftten ölçülen en yüksek sıcaklık değeri olan 70°C'ye Şekil 5.33'de görüldüğü gibi 55. saniyede ulaşılmıştır. Aynı şekilde 100 saniyelik simülasyon süresince C3 senaryosundaki en yüksek HRR değeri 350 kW olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.33. C3 simülasyonu sıcaklık zaman grafiği-C3 simülasyonu HRR-zaman grafiği

Senaryolardan elde edilen sayısal ve görsel verilerin karşılaştırılmasına olanak verebilmek amacıyla elde edilen bulguların özeti çizelge Ek.2'de verilmiştir. 100 saniyelik simülasyon sonucunda ısılıçiftten ölçülen değerlere göre 11 adet örnek çalışmadan elde edilen en yüksek HRR, en yüksek sıcaklık ve 10. ile 25. sn'de smokeview'den elde edilen duman yayılım ve alev bulutu görüntüsüne ait verilere ilişkin değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

A-A1-A2 tasarımından elde edilen bulguların değerlendirilmesi;

Düz yüzeyli cephe geometrisinin baz alındığı sırasıyla çıkmasız, 20 cm., 30 cm. çıkmalı A, A1 ve A2 cephe yüzeylerinde dumanın çıkma boyutu arttıkça üst katlara yayılmasında düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bu üç tasarımda çıkma elemanın cephe yüzeyindeki sıcaklık değerinde ve dumanın yayılımında etkin rol oynadığı görülmüştür. 0 cm'lik cephe çıkmasının olduğu A tasarımında cephe yüzeyinde ölçülen en yüksek sıcaklık değerinin 115⁰C, 20 cm.'lik cephe çıkmasının olduğu A1 tasarımında 105⁰C, 30 cm.lik cephe çıkmasının olduğu A2 tasarımında ise en yüksek sıcaklığın 80⁰C ölçüldüğü durum karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda çıkma boyutunun artmasının cephe yüzeyinde düşüşe neden olduğu, dumanın da üst katlara ulaşmasında kesici ya da cepheden uzaklaştırıcı görev gördüğü tespit edilmiştir. Açığa çıkan ısı oranında ise her üç tasarım için bariz farklar tespit edilmemiştir. Simülasyon süresince çıkma olmayan A tasarımında en yüksek açığa çıkan ısı oranı 340 kW iken 20 cm. ve 30 cm. çıkmaya sahip A1 ve A2 tasarımlarında 300 kW lık açığa çıkan ısı oranı ölçülmüştür. Bu bağlamda çıkma olmaması durumu açığa çıkan ısı oranında artışa neden olmuş, farklı büyüklükteki çıkmalarda bu oran daha düşük ancak aynı değer ölçülmüştür.

B-B1-B2-B3 tasarımından elde edilen bulguların değerlendirilmesi;

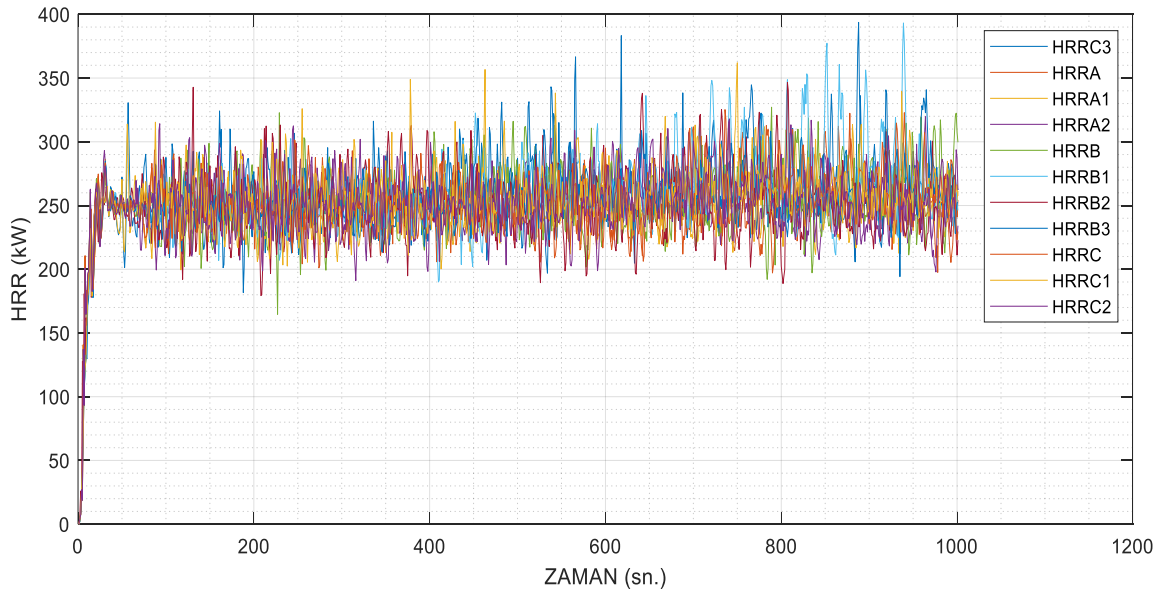
Dışa doğru olacak şekilde eğimlerin 85⁰ ve 80⁰ olarak belirlenen ve çıkma olmayan B ve B2 modelinde dumanın cepheyi yalayarak ikinci kat penceresinin üst kısmına doğru ilerlediği ancak B2 modelinde dumanın pencerenin tam üst kısmına ulaşmadığı görülmüştür. 85⁰ eğimli 20 cm. çıkmalı B1 ve 80⁰ eğimli 30 cm. çıkmalı B3 modelinde ise dumanın çıkmaya ulaştıktan sonra dönüş yaparak cepheye yaklaşma eğiliminde olduğu ve dumanın ikinci kat penceresinin üst kısımlarına yaklaşmasına rağmen B3 modelinde cepheden ayrılma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla eğim açısı arttıkça duman cepheye yaklaşmış çıkma boyutu arttıkça cepheden ayrılma hareketi yaptığı değerlendirilmiştir. B ve B2 modelinden ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri ilkinde 120⁰ derece ikincisinde 125⁰ olarak ölçülmüştür. Bu bağlamda sıcaklık değerinde cephe açısı daraldıkça sıcaklık artmıştır. B1 ve B3 modelindeki çıkma ve eğime göre bakıldığında ise eğim daralmasına rağmen çıkma boyutu büyüyen B3 modelinde 85⁰C olan sıcaklık değeri B1 modelinde 95⁰C olarak ölçülmüştür. Bu kapsamda çıkma boyutunun cephe eğiminden daha etkin olduğu değerlendirilmiştir. Dört model için açığa çıkan ısı oranları ise sırasıyla 320 kW, 370 kW, 350 kW ve 360 kW olarak ölçülmüştür. HRR'a ait bu değerler sıcaklık ile karşılaştırıldığında

B1 ve B3 modelinin tam tersi olduğu görülmüştür. Dolayısıyla eğim açısı arttıkça HRR azalmıştır. Çıkma boyutunun değişmesinin çok büyük bir etkisi gözlenmemiştir.

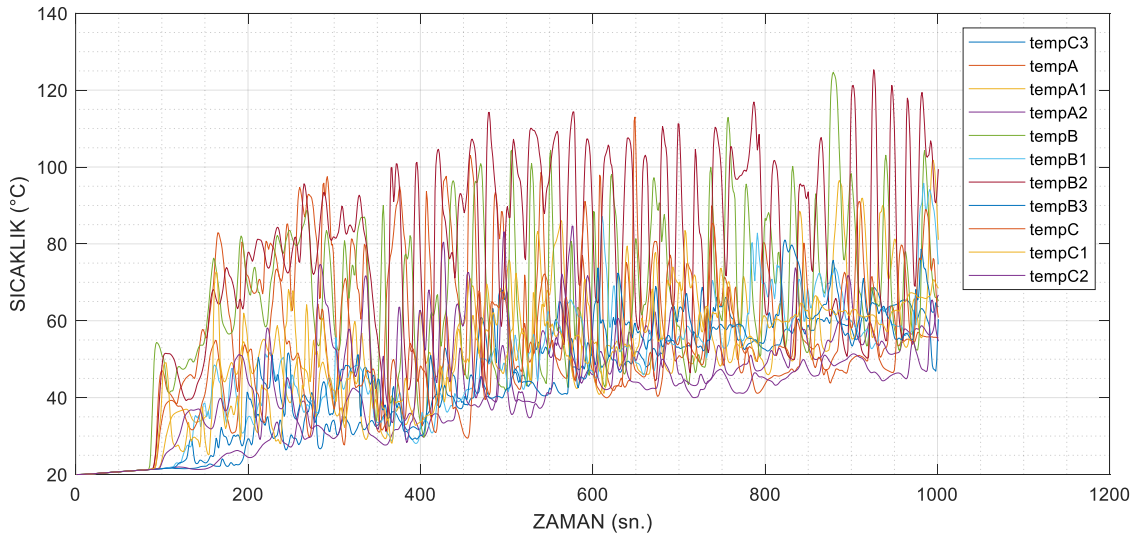
C-C1-C2-C3 tasarımından elde edilen bulguların değerlendirilmesi;

İçeri doğru eğim verilerek 95^0 ve 100^0 'lik açılarla oluşturulan C ve C2 modelinde dumanın C modelinde ikinci kat penceresinin üst kısımlara kadar çıkarken C2 modelinde ortalarında bir kısma geldiği bu durumda çıkma olmayan söz konusu iki model için açı arttıkça dumanın üst katlara yayılımında düşüş olduğu görülmüştür. 95^0 eğimli 20 cm ve 100^0 eğimli 30 cm çıkmalı C1 ve C3 cephesi için ise çıkma elemanının cephe yüzeyinde dönüş hareketi yaparak dumanın cephe yüzeyine dönmesine, üçüncü kat penceresinin alt kısımlarına kadar ulaşmasına neden olmuştur. Dolayısıyla çıkmanın cephedeki eğim hareketinden ziyade duman hareketinde negatif etkiye sahip olduğu değerlendirilmiştir. Bu modele ait tasarımda ölçülen en yüksek sıcaklıkların sırasıyla 95^0C , 85^0C , 80^0C , 70^0C olarak ölçülmüş olması cephedeki eğimin arttıkça sıcaklığın düştüğü, çıkma hareketinin alev bulutunun cepheden uzaklaşmasında etkili olduğu kanaatini oluşturmuştur. Açığa çıkan ısı oranında ise C ve C2 modelinde 300 kW ve 310 kW'lık değerler ile C1 ve C3 modelinin her ikisinde de 350 kW'lık değer ölçülmüştür. Bu kapsamda C1 ve C3 modelinde ölçülen sıcaklığa göre HRR değerinin yüksek çıkmış olması sıcaklıkla HRR değerinin ters orantılı olduğunu göstermiştir. C1 ve C3 modelindeki çıkma elemanının olması HRR üzerinde çok büyük sayısal fark olmadan negatif etkiye neden olmuştur.

A, B ve C senaryoları ile oluşturulan 11 adet örnek bina çalışmasının pyrosim programında 100 saniye çalıştırılarak elde edilen simülasyonun smokeview programı ile elde edilen ilk görsel verilerine ait matlab üzerinden ulaşılan HRR zaman grafikleri ve sıcaklık grafikleri yine matlab programı ile birbiri üzerine çakıştırılarak bütün halinde Şekil 5.34'de, ve Şekil 5.35'de verilmiştir.



Şekil 5.34. Tüm senaryo simülasyonlarına ait HRR-Zaman grafiği



Şekil 5.35. Tüm senaryo simülasyonlarına ait Sıcaklık-Zaman grafiği

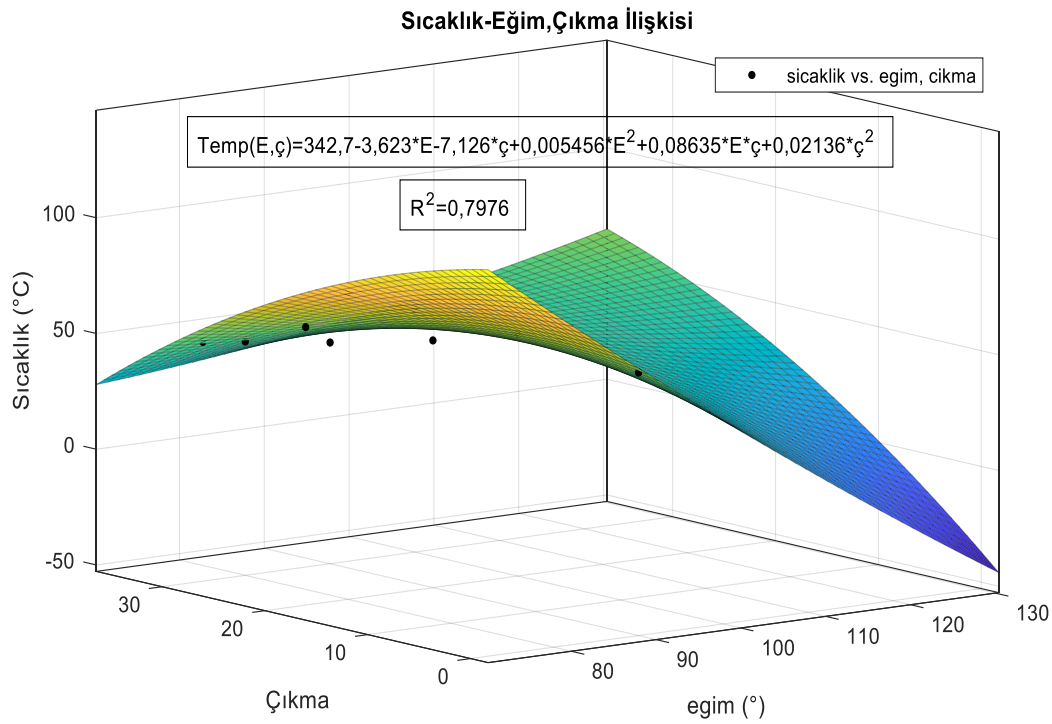
Genel olarak bakıldığında 'de HRR'nin geometriye göre farklılıklar gösterdiği, özellikle eğim açısı genişlediğinde yangının gücünün arttığı gözlenmiştir. 'de ise sıcaklığın geometriye ve çıkmaya göre farklılıklar gösterdiği özellikle eğim açısı arttığında sıcaklığın düştüğü tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi aşamasında HRR'ın eğim ile ters orantılı çıkma ile doğru orantılı olarak arttığı ve sıcaklığın ise eğim ile doğru orantılı çıkma ile ters orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Bu gözleme dayalı olarak her bir

senaryodan elde edilen 1001 adet verinin matlab programında ortalama ve ortanca değerleri saptanmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Matlab Data Statistic Tool'dan elde edilen ortalama (mean) ve ortanca (median) değerleri

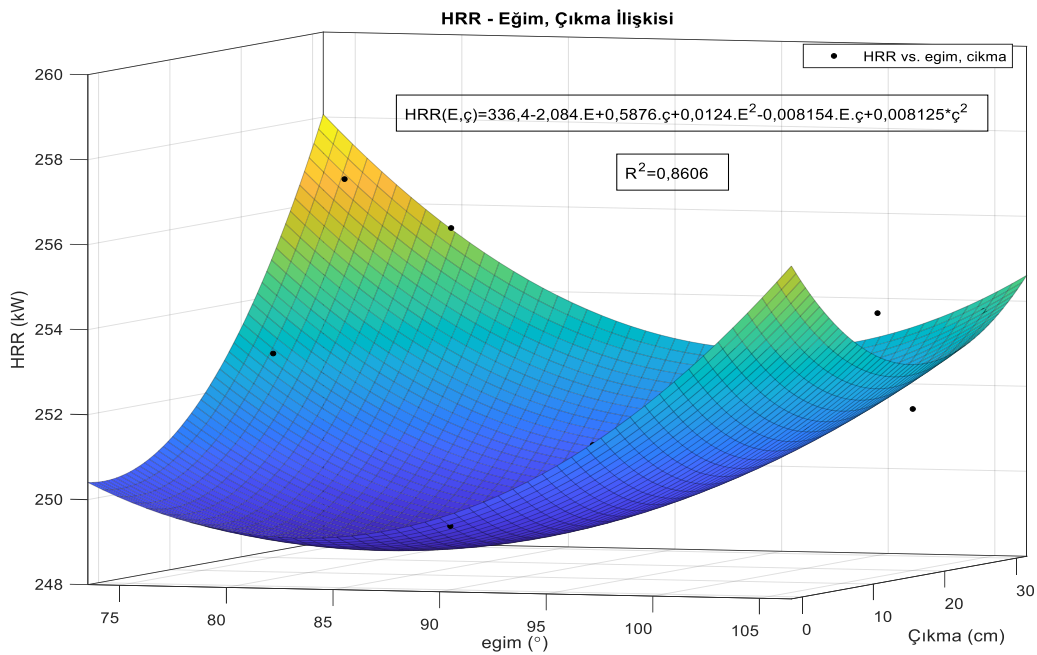
SENARYO	EĞİM	ÇIKMA	HRR		SICAKLIK	
			ortalama	ortanca	ortalama	ortanca
A	90	0	250,6	249,5	60,84	55,7
A1	90	20	251,5	250,8	54,03	52,07
A2	90	30	250,9	250,6	42,77	43,86
B	85	20	254,1	252,8	67,29	64,78
B1	85	30	261,3	256,6	50,61	50,82
B2	80	20	251,8	250,5	79,62	81,13
B3	80	30	259,1	255,5	48,24	46,78
C	95	20	251,7	251,3	51,86	49,24
C1	95	30	255,2	253,7	52,13	54,55
C2	100	20	251,9	251,8	46,18	45,34
C3	100	30	255,7	253,8	45,82	49,53

Bu değerlerin regresyon analizi excelde yapılarak çıkma ve eğimin, sıcaklık ve HRR olan ilişkisi regresyon istatistikleri üzerinden yorumlanmıştır. Alınan değerlere göre söz konusu ilişkinin doğruluğunun arttırılması için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki formülasyonu ikinci derece polinom düzeyine çıkartmak gerektiği anlaşılmıştır. Bu doğrultuda söz konusu veriler matlab programında tekrar ikinci derece polinomial değer elde etmek üzere çalıştırılmıştır. Bu kapsamda sıcaklığın eğim ve çıkma ile olan ilişkisini % 79,76 düzeyinde doğrulayan bir formülasyon elde edilmiştir (Şekil 5.36).



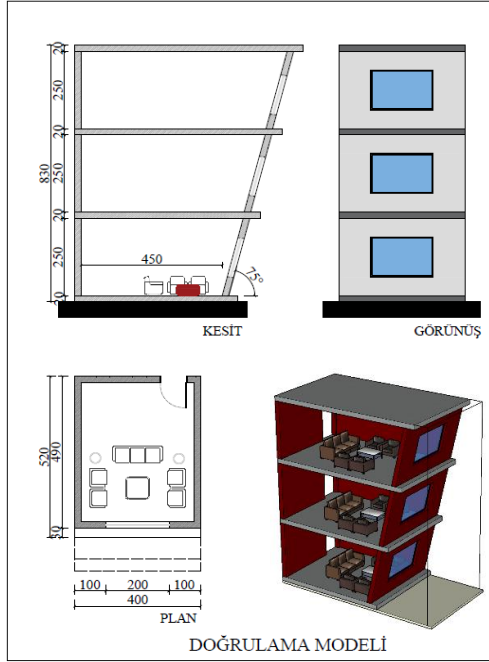
Şekil 5.36. Sıcaklık-Eğim/Çıkma ilişkisi

Aynı şekilde yukarıda bahsedilen çalışma süreci HRR'ın eğim ve çıkma ile olan ilişkisinin saptanması üzerine de yapılmıştır. Bu kapsamda sıcaklığın eğim ve çıkma ile olan ilişkisini % 86,06 düzeyinde doğrulayan bir formülasyon elde edilmiştir (Şekil 5.37).



Şekil 5.37. HRR-Eğim/Çıkma ilişkisi

Elde edilen grafik ve denklemlerin nasıl kullanılacağına ilişkin örnek bir çalışma Şekil 5.38’de gösterilen şekil üzerinden aşağıda sunulmuştur.



Şekil 5.38. Doğrulama senaryosu için seçilen örnek çalışma.

Örnek çalışmanın cephe eğimi dışa doğru 75° ve cephe yüzeyinde 30 cm.’lik çıkma oluşturacak şekilde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen iki eşitlikten biri olan sıcaklığın eğim ve çıkma ile olan ilişkisini belirleyen birinci eşitlikte seçilen cepheye ait veriler girildiğinde binanın ikinci kat hizasındaki pencere altındaki 100 saniye sonunda oluşacak ortalama sıcaklık;

$$\text{Temp}(E, \varphi) = 342,7 - 3,623 * E - 7,126 * \varphi + 0,005456 * E^2 + 0,08635 * E * \varphi + 0,02136 * \varphi^2$$

$$\begin{aligned} \text{Temp}(75, 30) &= 342,7 - 3,623 * 75 - 7,126 * 30 + 0,005456 * 75^2 + 0,08635 * 75 * 30 + 0,02136 * 30^2 \\ &= 101,3965^\circ\text{C} \text{ olarak ölçülecektir.} \end{aligned}$$

Yangının büyülüğü ile ilgili olarak HRR’ın eğim ve çıkma ile olan ilişkisini belirleyen ikinci eşitliğe cepheye ait veriler girildiğinde cephedeki yangının şiddetinin 100 saniye sonundaki ortalama değeri;

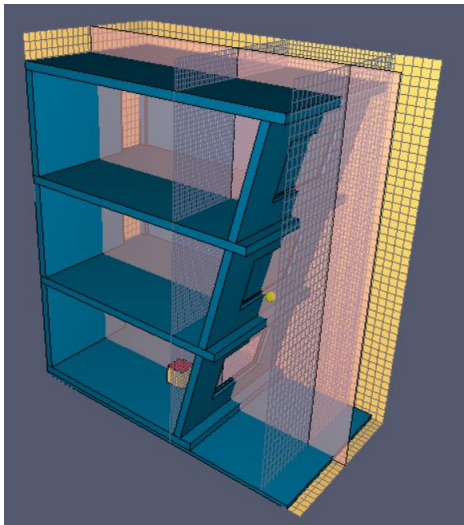
$$\text{HRR}(E,\zeta) = 336,4 - 2,084 * E + 0,5876 * \zeta + 0,0124 * E^2 - 0,008154 * E * \zeta + 0,008125 * \zeta^2$$

$$\begin{aligned} \text{HRR}(75,30) &= 336,4 - 2,084 * 75 + 0,5876 * 30 + 0,0124 * 75^2 - 0,008154 * 75 * 30 + 0,008125 * 30^2 \\ &= 256,444 \text{ kW şeklinde ölçülecektir.} \end{aligned}$$

Hesaplanan söz konusu bu iki değer tasarımcının simülasyon programı kullanmadan elde edebileceği değerlerdir. Bu değerlerin sağlamlasının yapılmasına yönelik seçilen doğrulama modelinin pyrosim’de çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar da ayrıca aşağıda sunulmuştur.

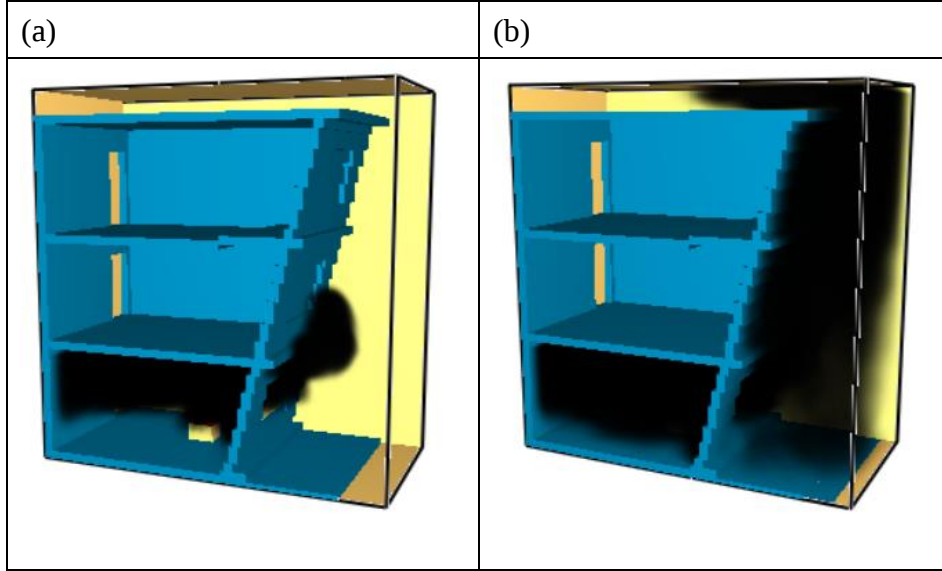
Doğrulama senaryosu

Doğrulama senaryosunda 100 saniyelik simülasyon hesaplamasında Şekil 5.39’da görülen şekilde 147.375 adet hücre kullanılmıştır. Diğer senaryolarda olduğu gibi bu senaryoda da çıkma hareketinin daha detaylı hesaplamasının yapılabilmesi için model üç parçaya bölünerek hesaplamanın daha detaylı ve net yapılabilmesini sağlamak üzere model üç ayrı hücre kümesine bölünmüştür. Yaşam hacminin olduğu kısımda 24.750 adet, çıkma ve eğimin olduğu kısımda 117.000 adet, dış ortam koşulunun olduğu kısımda ise 6.625 adet hücre kullanılmıştır. sıcaklık ve yangın şiddetini ölçecek olan cihaz (thermocouple) diğer senaryolarda olduğu gibi ikinci kat pencere parapetinin üzerinde konumlandırılmıştır.



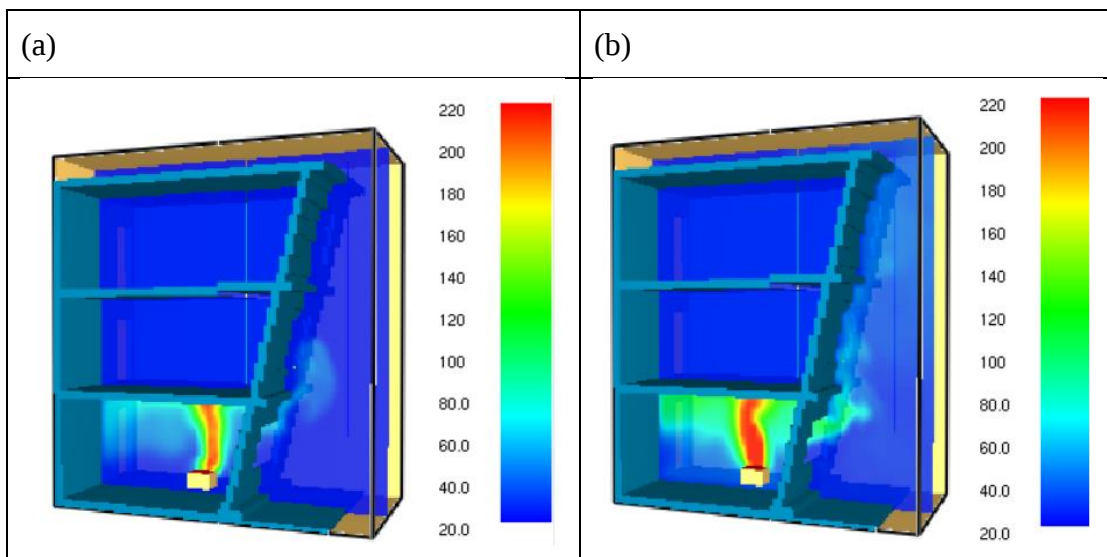
Şekil 5.39. Doğrulama gridi (a. 24.750, b. 117.000, c.6.625 toplam 147.375 adet hücre)

Doğrulama senaryosunda Şekil 5.40’de görüldüğü gibi duman 10. Saniyede ikinci kat camının ortasından biraz yukarıya ulaşmışken 25. saniyede tüm cephe boyunca ilerlemiştir.



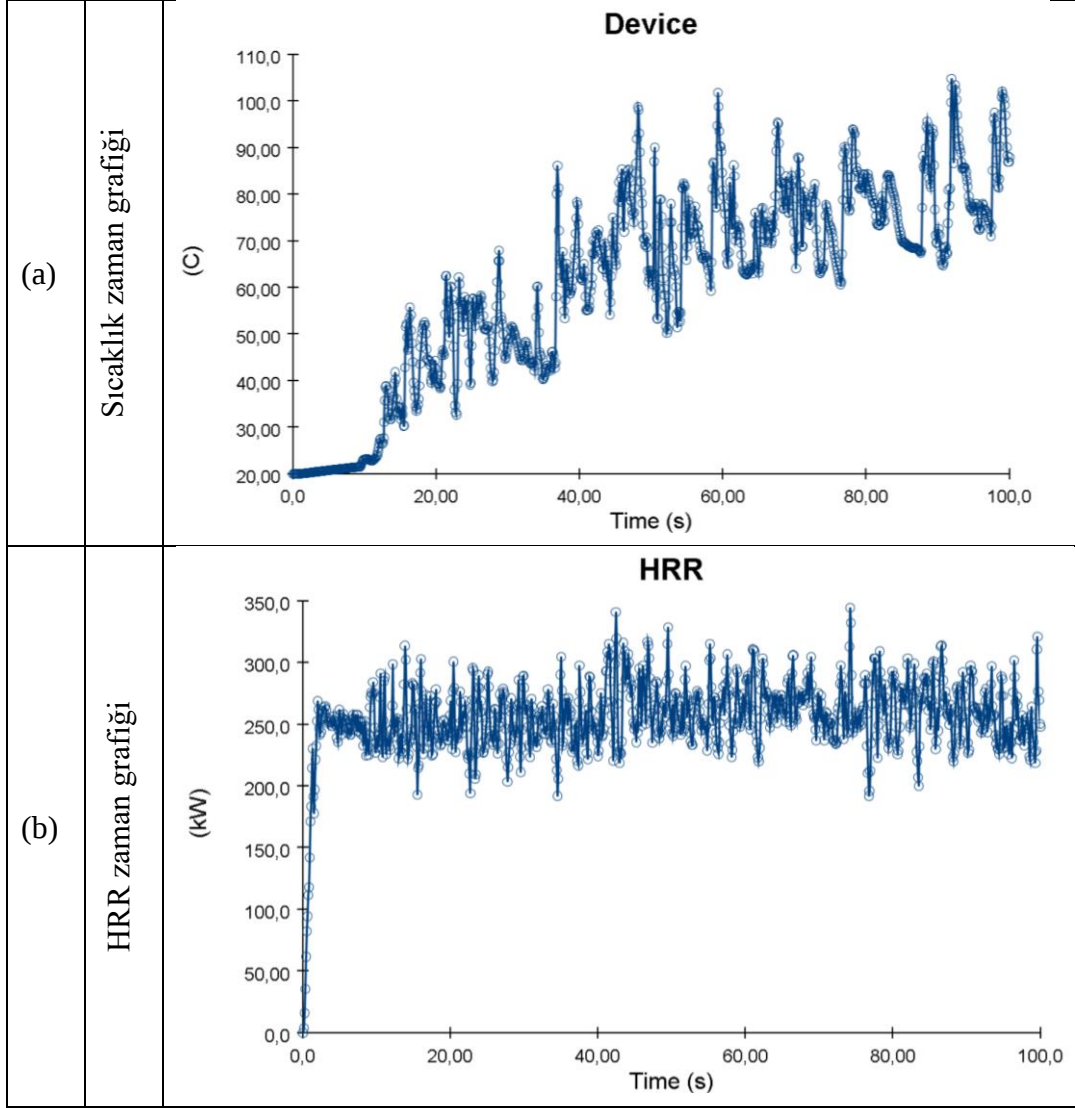
Şekil 5.40. (a) Doğrulama simülasyonu 10. sn. duman görüntüsü (b) 25. sn. duman görüntüsü

Doğrulama senaryosunda Şekil 5.41’de görüldüğü gibi alev bulutu kapalı hacimden çıkarak birinci kat çıkması hizasından cephe yüzeyinden ayrılarak yukarı doğru ilerlerken 25. saniyede ikinci kat çıkması hizasına ulaşarak cephe yüzeyine yakın şekilde yukarı doğru ilerlemiştir.



Şekil 5.41 (a) Doğrulama simülasyonu 10. sn. sıcaklık görüntüsü (b) 25. sn. sıcaklık görüntüsü.

Pyrosim yangın simülasyon programının 100 saniye çalıştırılması sonucunda smokewiew ara yüzünden elde edilen HRR ve sıcaklığa ait grafikler Şekil 5.42’de verilmiştir.

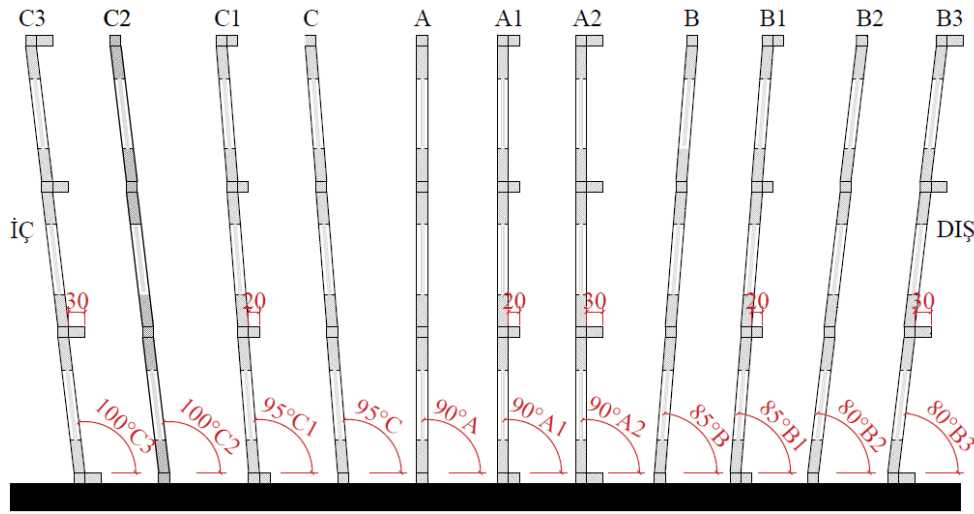


Şekil 5.42. Doğrulama senaryosu (a) sıcaklık zaman (b) HRR zaman grafiği

Grafikten görsel olarak okuma yapıldığında Pyrosim’den elde edilen doğrulama senaryosuna ait 1001 adet sıcaklık-zaman ve 1001 adet HRR-zaman değerlerine ait veri seti EK.3’de verilmiştir. Bu değerlerin matlab’da mean (ortalama) ve median (ortanca) değerleri incelendiğinde formülden elde edilen ortalama HRR değerinin neredeyse tam olarak örtüştüğü, sıcaklık değerinin ise ortalamanın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun sıcaklığın eğim ve çıkma ile olan ilişkisindeki formülün doğruluğunun yüzdesel olarak daha düşük olması ile ilişkilendirilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma 'de sembolize edilerek gösterilen şekilde binanın farklı açıda tasarlanan geometrik cephesinin ve çıkma boyutunun yangın davranışı ve yayılımında önemli oranda etkilenebileceğini göstermiştir.



Şekil 6.1. Farklı eğimlerde oluşturulan cephe örnekleri sembolize çizimi

İçe eğimli, dışa eğimli ve düz cephe arasında duman yayılım hızının değerlendirmesine göre içe eğimli C2 cephesinin en efektif çözümü verdiği görülmüştür. Yani eğim açısı arttıkça duman yayılımında düşüş gözlenmiştir. Ancak çıkmaları devreye girdiği durumlarda düz yüzeyli 30 cm. çıkmalı A2 cephesinde dumanın hem cepheden ayrılma hareketi yaptığı hem de yayılımının diğer cephelere göre daha az olduğu belirlenmiştir. Ancak çıkma hareketi düz yüzeyli cephede duman saptırıcı gibi davranırken hem içe hem de dışa eğimli cephelerde çıkma üzerinde dönüş hareketi yaparak dumanın cepheye yaklaşmasına neden olmuştur. Dolayısıyla çıkmanın eğimli cephelerde kullanımında bu çalışma için etkin olmadığı kanaatine varılmıştır.

Tüm örnek çalışmaların sıcaklık grafiklerinde ise yatay çıktılar alev saptırıcısı gibi davrandığı, çıkmasız ve dışa eğimli olarak belirlenen cephelerden B2 model cephe tasarımında sıcaklık değerlerinin en yüksek olarak ölçüldüğü ve değerlerin açı daraldıkça arttığı gözlenmiştir. Bu bağlamda eğim daraldıkça sıcaklığın arttığı yani sıcaklık ve eğimin ters orantılı olduğu değerlendirilmiştir.

Yangının şiddeti olan ve yangın güvenliğinin sağlanmasında en önemli kriterlerinden olan HRR'ın en yüksek olarak ölçüldüğü zaman aralığının A ve B senaryoları için yaklaşık 80. ve 90. saniyeler olduğu, C senaryosunda ölçülen en yüksek HRR değerinin ise 65 ila 85. saniyeler arasında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla cephedeki içe doğru eğim hareketinin artması yangının şiddetinin çok büyük bir fark olmasa da diğer senaryolara göre daha kısa zaman diliminde ölçülmesine neden olmuş bu durumun yangının flashover aşamasına daha kısa zaman dilimine geçişine yol açacağından yangın güvenliğinin sağlanmasında içe doğru eğimli cephelerde yangının şiddetinin düşürülmesine yönelik önlemler alınmasında biraz daha dikkatli olunmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Farklı tipteki eğim açısı ve çıkmaya bağlı olarak açığa çıkan ısı oranının ise eğim arttıkça azaldığı görülmüştür. Ancak çıkma boyutunun artmasının HRR'ı bir miktar arttırmasına rağmen bariz bir fark yaratmamıştır. Bu bağlamda çıkma boyutunun HRR üzerinde etkili olabilmesi için farklı boyutlardaki değerlerin de ölçülmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Yangın bulutunun yolunun yön değiştirebilmesi için yatay çıkıntının 20 cm'den fazla olması gerekli olduğu saptanmıştır. 30 cm'den yüksek çıkıntının ise cephe yüzeyindeki ısı akışın düşürülmesinde daha uygun olduğu görülmüştür. Yatay çıkıntıların kombinasyonu ile eğimli yüzeylerin dikey yangın yayılımını minimize etmek için cephe tasarımında iyi bir kriter olabileceği tespit edilmiştir.

Kurallara dayalı yangın güvenlik kriterlerinin yetersiz kaldığı durumlarda Türkiye'de nadir olarak kullanılan pyrosim yangın simülasyon programının yapıların yangın güvenliğini sağlamada uygulanabilir duruma getirilmesi tasarımcı ve uygulamacılara avantaj sağlayacaktır.

Cephelerin betonarme olarak tasarlanmış olmasından kaynaklı yangının malzeme üzerinde oluşturabileceği etkiler çalışmada kapsama dahil edilmemiştir. Bu sebeple kullanılacak olan gerek yapıştırma gerekse mekanik montaj olarak yapılacak kaplama malzemelerinin etkileri de tasarımda göz önünde bulundurulmalıdır.

Farklı tipteki cephe tasarımlarının yangın esnasında alev ve duman yayılımına etkileri karşılaştırıldığında, dışa eğik geometrik biçimlenmeden oluşan sistemlerin diğer sistemlere

kıyasla daha tehlikeli olduğu gör÷lmektedir. Ek olarak gerek ie gerekse dışa eğimli cephelerde çıkma elamanının dumanı cephe yüzeyine döndürme etkisine sahip olmasında dolayı bu tip cephelerin kesintisiz olacak şekilde tasarlanmasını daha efektif çözüm getireceği öngör÷lmüştür.

KAYNAKLAR

1. Shipper, E. R., Rogan, R. P.(2010). ASTM Leap Frog Effect. *Worcester Polytechnic Institute, Digital WPI*, 117.
2. Yokoi, S. (1960). Study on the Prevention of Fire-Spread Caused by Hot Upward. *Report of The Building Research Institute*, 143.
3. Giraldo, M. P., Avellaneda, J., Lacasta, A. M., Rodríguez, V. (2012). Computer-Simulation Research On Building-Facade Geometry For Fire Spread Control In Buildings With Wood Claddings. *World Conference on Timber Engeneering, Auckland*.
4. Smth, E., T, Harmathy. (1979). *Design of Buildings for Fre Safety*. West Conshohocken, PA: ASTM Internatonal.
5. Oleszkiewicz, I. (1991). Vertical separation of windows using spandrel walls and horizontal projections. *Fire Technology*, 27(4), 334–340.
6. Mammoser Iii, J.H.and Battaglia, F. (2004). A computational study on the use of balconies to reduce flame spread in high-rise apartment fires. *Fire Safety Journal*, 39(4), 277–296.
7. International of Standard Organzation. ISO 9705 Room/Corner Test Results. *Volume 1*. 82
8. Wickström, U.and Göransson, U. (1987). Prediction of heat release rates of surface materials in large-scale fire tests based on cone calorimeter results. *Journal of Testing and Evaluation*, 15(6), 364–370.
9. Qian, C., S., K. (1997). An Emprical Model For Upward Flame Spread over Vertical Flat and Corner Walls. *Fire Safety Science-Proceedings of the Fifth International Symposium*, 285–296.
10. Quintiere, J.G. (1993). A simulation model for fire growth on materials subject to a room-corner test. *Fire Safety Journal*, 20(4), 313–339.
11. Quintiere, J.G.Haynes, G.and Rhodes, B.T. (1995). Applications of a model to predict flame spread over interior finish materials in a compartment. *Journal of Fire Protection Engineering*, 7(1), 1–13.
12. Hakkarainen, T. (2002). Studies on fire safety assessment of construction products. *VTT Technical Research Centre of Finland*,
13. Hokugo, A.Hasemi, Y.Hayashi, Y.and Yoshida, M. (2000). Mechanism For The Upward Fire Spread Through Balconies Based On An Investigation And Experiments For A Multi-story Fire In High-riseapartment Building. *Fire Safety Science*, 6, 649–660.
14. Beyler, C.L.Hunt, S.P.Lqbal, N.and Williams, F.W. (1997). A computer model of upward flame spread on vertical surfaces. *Fire Safety Science*, 5, 297–308.

15. Kars, F. (1999). *Yapıların Projeleri Üzerinden Yangın Güvenlik Analizinin Bilgisayar Modeli Ve Programı*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, 38-40.
16. Klote, H. J., Milke, A. J., Turnbull, P. G., Kashef, A., Ferreira, M. J. (2012). Handbook of Smoke Control Engineering. *International Code Council, National Fire Protection Association, Society of Fire Protection Engineers*.
17. Bengtsson, L.-G. Hardestam, P. Sverige and Statens räddningsverk (2005). Enclosure fires. *Swedish Rescue Services Agency*, Karlstad.
18. Andrea Dusso Stefano Grimaz and Ernesto Salzano (2016). Rapid estimation of the heat release rate for combustible items. *Chemical Engineering Transactions*, 53, 25–30
19. Lilley, D.G. (2000), Heat Release Rates of Burning Items in Fires. *38 th Aerospace Sciences Meeting & Exhibit*. 27.
20. Chow, W.K. (2005). Comment On Estimating Heat Release Rate For A Design Fire In Sprinkler Protected Area. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, Volume 7, 1, p.1-5,
21. Natori, A. Kakae, N. Kitahori, J. Tsuchihashi, T. Abe, T. Nagaoka, T. Ohmiya, Y. and Harada, K. (2006). Development of a simple estimation method of heat release rate based on classification of common combustibles into category groups. *Fire Science and Technology*, 25(1), 31–54.
22. Wahlqvist, J. and van Hees, P. (2016). Influence of the built environment on design fires. *Case Studies in Fire Safety*, 5, 20–33.
23. Hawi, J.E. (2016). *Comparative Study Using Openfoam© And Fluent Solvers Of Smoke Propagation Inside Occupied Spaces*. Doctoral Thesis, American University Of Beirut
24. Institution, B.S. (2001). Application of Fire Safety Engineering Principles to the Design of Buildings: Code of Practice. *British Standards Institution*.
25. Karlsson, B. and Quintiere, J. (1999). Enclosure fire dynamics. *CRC press*.
26. ElGhazi, Y.S. (2009). Building Skins In The Age Of. *Information Technology*, 281.
27. White, N. Delichatsios, M. Ahrens, M. and Kimball, A. (2013). Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components. *MATEC Web Conf. EDP Sciences*, p 02005.
28. Peng, L. Ni, Z. and Huang, X. (2013). Review on the Fire Safety of Exterior Wall Claddings in High-rise Buildings in China. *Procedia Engineering*, 62, 663–670.
29. Beyhan, D.F. (2015). Mimari Bir Bağlam Olarak Binalarda Çeliğin Yangından Korunumu. *Tuça*, 15.
30. İnce, A. (2009). Gönüllü İtfaiye İstasyonlarına Olan İhtiyacı Belirleyen Faktörler. *Tüyak 2009 Yangın ve Güvenlik Sempozyumu* 195.

31. İnternet: Beyhan, F., Civelek, E., Çetin, S. (2018). Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yangını Değerlendirme Raporu. URL: <http://tgub.org.tr/teknik-raporlar>. “Son Erişim Tarihi: 25 .06. 2020.
32. İnternet: Rukavina, M.J.Carević, M.and Pečur, I.B. (2017) Fire Protection Of Façades. URL:<https://www.grad.unizg.hr/images/50014277/Fire%20Protection%20of%20Facades.pdf> 64. Son Erişim Tarihi: 28 .06. 2020.
33. Brulić, E.and Džidić, S. (2018). Planning, Design, Construction And Building Renewal. *Scientific Conference, Research Gate*, İNDİS 7, 845-850.
34. Kolbrecki, A. (2015). Model of fire spread out on outer building surface. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, 63(1), 135–144.
35. Pastor, E.Corberó, B.Rios, O.Giraldo, M.P.Haurie, L.Lacasta, A.Cuerva, E.and Planas, E. (2016). Compartment And Façade Large Scale Tests: Behavior Comparison Of Different Insulating Materials In Case Of Fire. *Appl Struct Fire Eng.* doi: 10.14311/asfe.2015.069.
36. Ma, X.Tu, R.Cheng, X.Zhu, S.Ma, J.and Fang, T. (2018). Experimental study of thermal behavior of insulation material rigid polyurethane in parallel, symmetric, and adjacent building façade constructions. *Polymers*, 10(10), 1104.
37. Lu, K.H.Hu, L.H.Tang, F.He, L.H.Zhang, X.C.and Qiu, Z.W. (2014). Experimental investigation on window ejected facade flame heights with different constraint side wall lengths and global correlation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 78, 17–24.
38. Zhang, X.Hu, L.Delichatsios, M.A.and Zhang, J. (2019). Experimental study and analysis on flame lengths induced by wall-attached fire impinging upon an inclined ceiling. *Proceedings of the Combustion Institute*, 37(3), 3879–3887.
39. Hu, L.Qiu, Z.Lu, K.and Tang, F. (2015). Window ejected flame width and depth evolution along facade from under-ventilated enclosure fires. *Fire Safety Journal*, 76, 44–53.
40. Xue-fei, X.Jing-yan, Z.and Yan-feng, L. (2013). A Computational Study on Structural Barrier to Vertical Spread of Window Spill Plume along Building Exterior Facade. *Procedia Engineering*, 52, 475–482.
41. Duny, M.Dhima, D.Garo, J.P.and Wang, H.Y. (2016). Numerical investigation on window ejected facade flames. *Journal of Building Engineering*, 8, 305–312.
42. Hu, L.Hu, K.Ren, F.and Sun, X. (2017). Facade flame height ejected from an opening of fire compartment under external wind. *Fire Safety Journal*, 92, 151–158.
43. Staffansson, L. (2010). Selecting design fires. *Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety*, Lund University. 106.
44. (2015). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik.

45. Association, F.P. (2008). Approved Document B: Fire Safety (Volume 2)-Buildings other than dwellinghouses. Incorporating insurers' requirements for property protection. London: RIBA Publishing.
46. Nilsson, M. (2016). The impact of horizontal projections on external fire spread-A numerical comparative study. LUTVDG/TVBB.
47. Hurley, M.J.Gottuk, D.T.Hall Jr, J.R.Harada, K.Kuligowski, E.D.Puchovsky, M.Watts Jr, J.M., Wiecezorek, C.J. (2015). SFPE handbook of fire protection engineering. *Springer* 577-638.
48. Paté-Cornell, E. (2002). Risk And Uncertainty Analysis In Government Safety Decisions. *Risk Analysis*, 22(3): 633-46.
49. Enst, T.S. (2009). Yangın Güvenliği Mühendisliği – Bölüm 2: Tasarım Yangın Senaryoları Ve Yangınları. 20.
50. Enst, T.S. (2009). Yangın Güvenliği Mühendisliği – Bölüm 1: Yangına Karşı Performans Kavramlarının Tasarım Amaçlarına Yönelik Olarak Uygulanması. 55.
51. Gkoumas, K.Crosti, C.Giuliani, L.and Bontempi, F. (2009). Definition And Selection Of Design Fire Scenarios. *Application of Structural Fire Design, Prague, Czech Republic* 6.
52. Standard, I.S.O. Fire Safety Engineering-Selection of design fire scenarios and design fires. ISO/TS 16733-2006.
53. (2005). International fire engineering guidelines. Australian Building Codes Board, Canberra, ACT.
54. İnternet: FD203 Enclosure Fires. In: Guides.firedynamicstraining.ca. <https://guides.firedynamicstraining.ca/g/fd203-enclosure-fires-sd>. Accessed 26 Mar 2020.
55. Anderson, J.Boström, L.Jansson McNamee, R.and Milovanović, B. (2018). Experimental comparisons in façade fire testing considering SP Fire 105 and the BS 8414-1. *Fire and Materials*, 42(5), 484–492.
56. Dowling, V.P.and Blackmore, J.M. (1998). Fire Performance of Wall and Ceiling Linings. Final Report, *Fire Code Reform Centre*, Sydney, Australia.
57. Hietaniemi, J.and Mikkola, E. (2010). Design Fires for Fire Safety Engineering. VTT *Technical Research Centre of Finland*, 103.
58. McGrattan, K.B.and Forney, G.P. (2000). Fire Dynamics Simulator: User's Manual. *National Institute Standart of Technology*, (NISTIR 6469).
59. Chow, W.K. (2005). Building Fire Safety in the Far East. *Architectural Science Review*, 48(4), 285–294
60. Yeoh, G.H.and Yuen, K.K. (eds) (2009). Computational fluid dynamics in fire engineering: theory, modelling and practice. *Elsevier*, Amsterdam ; Boston.

61. Foschia, M. F. (2017). *Assessment of the software Fire Dynamics Simulator (FDS) for fire simulation in train convoys* Master of Science, Università degli Studi di Padova.
62. McGrattan, K.B. and Forney, G.P. (2004). Fire dynamics simulator (version 4) :: user's guide. *National Institute Standard of Technology*, NIST SP 1019
63. Standard. Europe Nations. EN, B. (1993). 60584--1: 1996. Thermocouples - Part 1: EMF specifications and tolerances.
64. McGrattan, K.B. (2006). Fire dynamics simulator (version 4). technical reference guide. *National Institute Standard of Technology*, NIST SP 1018.
65. Yuen, A.C.Y. Yeoh, G.H. Alexander, R. and Cook, M. (2014). Fire scene reconstruction of a furnished compartment room in a house fire. *Case Studies in Fire Safety*, 1, 29–35.
66. Anderson, J. Boström, L. Jansson McNamee, R. and Milovanović, B. (2018). Modeling of fire exposure in facade fire testing. *Fire and Materials*, 42(5), 475–483.
67. Al-Janabi, M.M. (2013). The impact of sustainability on fire safety. *Victoria University of Wellington*, 114.
68. Rinne, T. Hietaniemi, J. and Hostikka, S. (2007). Experimental validation of the FDS simulations of smoke and toxic gas concentrations. *VTT Technical Research Centre of Finland*, 47.

EKLER

EK-1. FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW
Time	Device	Time	HRR
1	0.0000000E+000	2.0000000E+001	0.0000000E+000
2	1.0540926E-001	2.0000026E+001	3.7983476E+000
3	2.1081851E-001	2.0000534E+001	7.7053407E+000
4	3.1622777E-001	2.0001525E+001	2.6944707E+001
5	4.2163702E-001	2.0004654E+001	2.0293231E+001
6	5.2704628E-001	2.0007055E+001	1.4057001E+002
7	6.3245553E-001	2.0021867E+001	9.3651630E+001
8	7.3786479E-001	2.0028283E+001	2.1017333E+002
9	8.2333850E-001	2.0041075E+001	1.6504821E+002
10	9.2134440E-001	2.0040697E+001	1.8308461E+002
11	1.0215244E+000	2.0051766E+001	1.7976804E+002
12	1.1061205E+000	2.0063668E+001	1.9299520E+002
13	1.2036074E+000	2.0076338E+001	2.0356996E+002
14	1.3123416E+000	2.0091774E+001	2.4534078E+002
15	1.4227642E+000	2.0110165E+001	2.4690297E+002
16	1.5244306E+000	2.0127287E+001	1.9455246E+002
17	1.6006804E+000	2.0139922E+001	1.7903364E+002
18	1.7023468E+000	2.0152017E+001	1.9907938E+002
19	1.8116381E+000	2.0167236E+001	2.1190342E+002
20	1.9234712E+000	2.0184147E+001	2.2655580E+002
21	2.0073459E+000	2.0199988E+001	2.4909713E+002
22	2.1275664E+000	2.0217674E+001	2.6159858E+002
23	2.2166912E+000	2.0236490E+001	2.7474350E+002
24	2.3271577E+000	2.0255065E+001	2.5837783E+002
25	2.4100076E+000	2.0272817E+001	2.3044729E+002
26	2.5204741E+000	2.0289562E+001	2.2421364E+002
27	2.6033240E+000	2.0305724E+001	2.3053071E+002
28	2.7137905E+000	2.0321833E+001	2.4264487E+002
29	2.8021637E+000	2.0338803E+001	2.5499303E+002
30	2.9236768E+000	2.0357379E+001	2.7499768E+002
31	3.0148117E+000	2.0377245E+001	2.8268020E+002
32	3.1059465E+000	2.0394877E+001	2.6933111E+002
33	3.2274597E+000	2.0414975E+001	2.5388918E+002
34	3.3185945E+000	2.0434196E+001	2.4795994E+002
35	3.4097294E+000	2.0450325E+001	2.4761351E+002
36	3.5008643E+000	2.0466241E+001	2.4751872E+002
37	3.6223774E+000	2.0484688E+001	2.4724778E+002
38	3.7135123E+000	2.0503226E+001	2.5294918E+002
39	3.8046471E+000	2.0519545E+001	2.6146390E+002
40	3.9261603E+000	2.0538960E+001	2.6061996E+002
41	4.0172952E+000	2.0558102E+001	2.5296041E+002
42	4.1084300E+000	2.0574005E+001	2.4630669E+002
43	4.2299432E+000	2.0591918E+001	2.4293050E+002
44	4.3210780E+000	2.0609447E+001	2.4914579E+002
45	4.4122129E+000	2.0624439E+001	2.5148711E+002
46	4.5033477E+000	2.0639445E+001	2.4922717E+002
47	4.6248609E+000	2.0657106E+001	2.4858287E+002
48	4.7159958E+000	2.0675164E+001	2.5029884E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
49	4.8071306E+000	2.0690971E+001	49	4.8071308E+000	2.4887762E+002
50	4.9013033E+000	2.0707066E+001	50	4.9013033E+000	2.4741724E+002
51	5.0015517E+000	2.0723858E+001	51	5.0015516E+000	2.4846415E+002
52	5.1018000E+000	2.0740810E+001	52	5.1018000E+000	2.5232045E+002
53	5.2020484E+000	2.0757776E+001	53	5.2020483E+000	2.4758631E+002
54	5.3022967E+000	2.0774662E+001	54	5.3022966E+000	2.4662561E+002
55	5.4025451E+000	2.0791806E+001	55	5.4025450E+000	2.4931564E+002
56	5.5027934E+000	2.0808662E+001	56	5.5027933E+000	2.4949314E+002
57	5.6257419E+000	2.0826885E+001	57	5.6257420E+000	2.4798789E+002
58	5.7152744E+000	2.0844099E+001	58	5.7152743E+000	2.3946485E+002
59	5.8048068E+000	2.0858413E+001	59	5.8048067E+000	2.4506418E+002
60	5.9003081E+000	2.0874044E+001	60	5.9003081E+000	2.5598242E+002
61	6.0316223E+000	2.0893004E+001	61	6.0316224E+000	2.4901534E+002
62	6.1301080E+000	2.0912462E+001	62	6.1301079E+000	2.4833252E+002
63	6.2285937E+000	2.0929269E+001	63	6.2285938E+000	2.5372473E+002
64	6.3270793E+000	2.0946231E+001	64	6.3270793E+000	2.5222379E+002
65	6.4255650E+000	2.0962904E+001	65	6.4255652E+000	2.4887055E+002
66	6.5338993E+000	2.0980329E+001	66	6.5338993E+000	2.5073663E+002
67	6.6061221E+000	2.0995637E+001	67	6.6061220E+000	2.5455229E+002
68	6.7144563E+000	2.1011186E+001	68	6.7144566E+000	2.5212540E+002
69	6.8227906E+000	2.1029656E+001	69	6.8227906E+000	2.4902595E+002
70	6.9311248E+000	2.1047441E+001	70	6.9311247E+000	2.4598366E+002
71	7.0033476E+000	2.1062021E+001	71	7.0033479E+000	2.5230014E+002
72	7.1116819E+000	2.1076570E+001	72	7.1116819E+000	2.5883285E+002
73	7.2200161E+000	2.1093628E+001	73	7.2200160E+000	2.4348201E+002
74	7.3283504E+000	2.1109954E+001	74	7.3283505E+000	2.3897760E+002
75	7.4005732E+000	2.1123671E+001	75	7.4005733E+000	2.3233807E+002
76	7.5089074E+000	2.1137266E+001	76	7.5089073E+000	2.2442337E+002
77	7.6208528E+000	2.1153170E+001	77	7.6208529E+000	2.1673174E+002
78	7.7002979E+000	2.1167186E+001	78	7.7002978E+000	2.3214778E+002
79	7.8194656E+000	2.1181550E+001	79	7.8194656E+000	2.2853530E+002
80	7.9245164E+000	2.1198259E+001	80	7.9245162E+000	2.3887585E+002
81	8.0295671E+000	2.1215346E+001	81	8.0295668E+000	2.4869974E+002
82	8.1031027E+000	2.1230083E+001	82	8.1031027E+000	2.4691557E+002
83	8.2131133E+000	2.1245539E+001	83	8.2131138E+000	2.7116170E+002
84	8.3074853E+000	2.1262695E+001	84	8.3074856E+000	2.8301244E+002
85	8.4178730E+000	2.1280680E+001	85	8.4178734E+000	2.6643150E+002
86	8.5233456E+000	2.1299390E+001	86	8.5233459E+000	2.4982457E+002
87	8.6062168E+000	2.1316447E+001	87	8.6062164E+000	2.2529625E+002
88	8.7167119E+000	2.1340575E+001	88	8.7167120E+000	2.2202402E+002
89	8.8272069E+000	2.1390998E+001	89	8.8272066E+000	2.4813161E+002
90	8.9100781E+000	2.1493289E+001	90	8.9100780E+000	2.6037458E+002
91	9.0260979E+000	2.2159094E+001	91	9.0260983E+000	2.4468019E+002
92	9.1172563E+000	2.3817734E+001	92	9.1172562E+000	2.4583981E+002
93	9.2084147E+000	2.6241024E+001	93	9.2084150E+000	2.5360143E+002
94	9.3299592E+000	3.0696656E+001	94	9.3299589E+000	2.7738255E+002
95	9.4211176E+000	3.5795134E+001	95	9.4211178E+000	2.8319161E+002
96	9.5183532E+000	4.0260955E+001	96	9.5183535E+000	2.6781515E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
97	9.6133853E+000	4.3605688E+001	97	9.6133852E+000	2.5769398E+002
98	9.7261155E+000	4.5682179E+001	98	9.7261152E+000	2.6294445E+002
99	9.8134815E+000	4.6680690E+001	99	9.8134813E+000	2.5364341E+002
100	9.9095840E+000	4.6970823E+001	100	9.9095840E+000	2.4215256E+002
101	1.0022117E+001	4.6869765E+001	101	1.0022117E+001	2.2993200E+002
102	1.0134650E+001	4.6405010E+001	102	1.0134650E+001	2.2364648E+002
103	1.0209672E+001	4.5515819E+001	103	1.0209672E+001	2.1232974E+002
104	1.0322205E+001	4.4230824E+001	104	1.0322205E+001	2.2711015E+002
105	1.0434738E+001	4.2852304E+001	105	1.0434738E+001	2.5077168E+002
106	1.0509760E+001	4.2085411E+001	106	1.0509760E+001	2.5095931E+002
107	1.0622293E+001	4.1627995E+001	107	1.0622293E+001	2.5062324E+002
108	1.0728823E+001	4.1280468E+001	108	1.0728823E+001	2.8377694E+002
109	1.0823346E+001	4.1115251E+001	109	1.0823346E+001	2.8692401E+002
110	1.0924171E+001	4.0935487E+001	110	1.0924170E+001	2.6442213E+002
111	1.1028147E+001	4.0626859E+001	111	1.1028147E+001	2.4218502E+002
112	1.1132122E+001	4.0244146E+001	112	1.1132122E+001	2.3856985E+002
113	1.1201440E+001	3.9871421E+001	113	1.1201440E+001	2.4526653E+002
114	1.1321493E+001	3.9449578E+001	114	1.1321493E+001	2.4957185E+002
115	1.1406889E+001	3.9019193E+001	115	1.1406889E+001	2.5049316E+002
116	1.1520749E+001	3.8654441E+001	116	1.1520749E+001	2.3409791E+002
117	1.1606144E+001	3.8277457E+001	117	1.1606144E+001	2.1686315E+002
118	1.1720005E+001	3.8635406E+001	118	1.1720005E+001	2.1477423E+002
119	1.1808247E+001	3.9793214E+001	119	1.1808247E+001	2.3274623E+002
120	1.1905312E+001	4.0998595E+001	120	1.1905313E+001	2.3525905E+002
121	1.2008641E+001	4.2093298E+001	121	1.2008641E+001	2.5693228E+002
122	1.2111969E+001	4.2714089E+001	122	1.2111969E+001	2.6748977E+002
123	1.2203604E+001	4.3033411E+001	123	1.2203604E+001	2.6899035E+002
124	1.2328838E+001	4.3563210E+001	124	1.2328838E+001	2.5227872E+002
125	1.2425789E+001	4.4058661E+001	125	1.2425789E+001	2.3771944E+002
126	1.2515045E+001	4.4417195E+001	126	1.2515045E+001	2.3617488E+002
127	1.2604301E+001	4.4768917E+001	127	1.2604300E+001	2.3985880E+002
128	1.2702482E+001	4.5078787E+001	128	1.2702482E+001	2.4980535E+002
129	1.2800664E+001	4.5311652E+001	129	1.2800664E+001	2.5282547E+002
130	1.2931573E+001	4.5526977E+001	130	1.2931573E+001	2.6159850E+002
131	1.3003572E+001	4.5714773E+001	131	1.3003572E+001	2.6512016E+002
132	1.3111572E+001	4.5896752E+001	132	1.3111572E+001	2.6441990E+002
133	1.3219572E+001	4.6020621E+001	133	1.3219572E+001	2.4888756E+002
134	1.3327571E+001	4.5924557E+001	134	1.3327572E+001	2.3098901E+002
135	1.3435571E+001	4.5680253E+001	135	1.3435571E+001	2.3226137E+002
136	1.3507571E+001	4.5433907E+001	136	1.3507571E+001	2.3925891E+002
137	1.3615571E+001	4.5127152E+001	137	1.3615570E+001	2.4779388E+002
138	1.3723570E+001	4.4960375E+001	138	1.3723570E+001	2.5764677E+002
139	1.3835170E+001	4.5747665E+001	139	1.3835170E+001	2.5356006E+002
140	1.3914370E+001	4.7150498E+001	140	1.3914370E+001	2.5241431E+002
141	1.4033169E+001	4.8742066E+001	141	1.4033170E+001	2.5508783E+002
142	1.4108300E+001	5.0389951E+001	142	1.4108300E+001	2.4806784E+002
143	1.4214892E+001	5.1951649E+001	143	1.4214891E+001	2.5204395E+002
144	1.4321483E+001	5.3744422E+001	144	1.4321484E+001	2.7269007E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
145	1.4428075E+001	5.5430193E+001	145	1.4428075E+001	2.7586299E+002
146	1.4534667E+001	5.6892591E+001	146	1.4534667E+001	2.5125013E+002
147	1.4605728E+001	5.7685363E+001	147	1.4605728E+001	2.4893465E+002
148	1.4712320E+001	5.7698459E+001	148	1.4712319E+001	2.4997674E+002
149	1.4810240E+001	5.7195731E+001	149	1.4810240E+001	2.4250531E+002
150	1.4903825E+001	5.6350236E+001	150	1.4903825E+001	2.4348747E+002
151	1.5028604E+001	5.5472038E+001	151	1.5028604E+001	2.4480088E+002
152	1.5122188E+001	5.5565334E+001	152	1.5122189E+001	2.4918559E+002
153	1.5215773E+001	5.6787584E+001	153	1.5215773E+001	2.5147406E+002
154	1.5318716E+001	5.8395247E+001	154	1.5318716E+001	2.4683344E+002
155	1.5431953E+001	6.0431957E+001	155	1.5431952E+001	2.4521617E+002
156	1.5507444E+001	6.2308164E+001	156	1.5507444E+001	2.5212313E+002
157	1.5620682E+001	6.4133142E+001	157	1.5620682E+001	2.5061165E+002
158	1.5733919E+001	6.5948653E+001	158	1.5733919E+001	2.4703818E+002
159	1.5809410E+001	6.7532429E+001	159	1.5809410E+001	2.4405683E+002
160	1.5922647E+001	6.9703575E+001	160	1.5922647E+001	2.5223395E+002
161	1.6035885E+001	7.3040649E+001	161	1.6035885E+001	2.6476341E+002
162	1.6111376E+001	7.6191677E+001	162	1.6111376E+001	2.5759510E+002
163	1.6224613E+001	7.9143646E+001	163	1.6224613E+001	2.5215101E+002
164	1.6303879E+001	8.1567524E+001	164	1.6303879E+001	2.4163131E+002
165	1.6428440E+001	8.2867460E+001	165	1.6428440E+001	2.4204884E+002
166	1.6511481E+001	8.2779925E+001	166	1.6511480E+001	2.4780391E+002
167	1.6636042E+001	8.1961461E+001	167	1.6636042E+001	2.5362017E+002
168	1.6719082E+001	8.0997632E+001	168	1.6719082E+001	2.4415261E+002
169	1.6802123E+001	8.0132365E+001	169	1.6802122E+001	2.2822758E+002
170	1.6926684E+001	7.8679350E+001	170	1.6926683E+001	2.4407595E+002
171	1.7009725E+001	7.6736632E+001	171	1.7009724E+001	2.6234777E+002
172	1.7120649E+001	7.4573471E+001	172	1.7120649E+001	2.6475387E+002
173	1.7222971E+001	7.2049767E+001	173	1.7222971E+001	2.5290449E+002
174	1.7327528E+001	6.9599206E+001	174	1.7327528E+001	2.3991939E+002
175	1.7435353E+001	6.7315698E+001	175	1.7435352E+001	2.4354403E+002
176	1.7507236E+001	6.5355666E+001	176	1.7507236E+001	2.6593373E+002
177	1.7616989E+001	6.3443798E+001	177	1.7616989E+001	2.4969764E+002
178	1.7719054E+001	6.1679779E+001	178	1.7719053E+001	2.5758593E+002
179	1.7827704E+001	6.0695246E+001	179	1.7827703E+001	2.4694337E+002
180	1.7927994E+001	5.9551392E+001	180	1.7927994E+001	2.3282324E+002
181	1.8024103E+001	5.7317161E+001	181	1.8024103E+001	2.3558268E+002
182	1.8126621E+001	5.4448429E+001	182	1.8126621E+001	2.5581754E+002
183	1.8225531E+001	5.1445672E+001	183	1.8225531E+001	2.4470595E+002
184	1.8310822E+001	4.8861108E+001	184	1.8310822E+001	2.3747444E+002
185	1.8430228E+001	4.6483180E+001	185	1.8430227E+001	2.2352141E+002
186	1.8530302E+001	4.4616167E+001	186	1.8530302E+001	2.3654505E+002
187	1.8633503E+001	4.2356775E+001	187	1.8633503E+001	2.2845192E+002
188	1.8702304E+001	4.1568617E+001	188	1.8702303E+001	2.2276397E+002
189	1.8805505E+001	4.3316991E+001	189	1.8805504E+001	2.2395331E+002
190	1.8908706E+001	5.2178614E+001	190	1.8908707E+001	2.3386578E+002
191	1.9011907E+001	6.6073301E+001	191	1.9011908E+001	2.4472627E+002
192	1.9115108E+001	7.7065020E+001	192	1.9115108E+001	2.6019321E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
193	1.9218309E+001	8.0508328E+001	193	1.9218309E+001	2.7420055E+002
194	1.9321510E+001	8.0001494E+001	194	1.9321510E+001	2.7039181E+002
195	1.9424712E+001	7.7926027E+001	195	1.9424711E+001	2.5635648E+002
196	1.9527913E+001	7.5747761E+001	196	1.9527912E+001	2.5671044E+002
197	1.9631114E+001	7.3801573E+001	197	1.9631113E+001	2.5505589E+002
198	1.9734315E+001	7.2228805E+001	198	1.9734316E+001	2.4477144E+002
199	1.9826796E+001	7.1761445E+001	199	1.9826796E+001	2.3863142E+002
200	1.9919277E+001	7.1632083E+001	200	1.9919277E+001	2.4367915E+002
201	2.0011758E+001	7.0960278E+001	201	2.0011759E+001	2.6080412E+002
202	2.0120269E+001	6.9850479E+001	202	2.0120270E+001	2.5667119E+002
203	2.0232171E+001	6.8672979E+001	203	2.0232170E+001	2.5414872E+002
204	2.0302306E+001	6.8080263E+001	204	2.0302305E+001	2.6081434E+002
205	2.0400807E+001	6.7701148E+001	205	2.0400806E+001	2.8013876E+002
206	2.0535426E+001	6.7297354E+001	206	2.0535425E+001	2.7290714E+002
207	2.0607660E+001	6.7135213E+001	207	2.0607660E+001	2.5397521E+002
208	2.0730510E+001	6.7230839E+001	208	2.0730511E+001	2.4799155E+002
209	2.0822648E+001	6.7349454E+001	209	2.0822647E+001	2.4296670E+002
210	2.0917857E+001	6.7840306E+001	210	2.0917856E+001	2.4342438E+002
211	2.1019208E+001	6.9037525E+001	211	2.1019207E+001	2.4779219E+002
212	2.1120559E+001	7.0226280E+001	212	2.1120560E+001	2.4584778E+002
213	2.1232045E+001	7.0831777E+001	213	2.1232046E+001	2.3787693E+002
214	2.1306370E+001	7.0645010E+001	214	2.1306370E+001	2.3537338E+002
215	2.1417856E+001	6.9605437E+001	215	2.1417856E+001	2.4457664E+002
216	2.1517489E+001	6.8088711E+001	216	2.1517488E+001	2.5447347E+002
217	2.1617123E+001	6.7032033E+001	217	2.1617123E+001	2.5266249E+002
218	2.1726719E+001	6.8585512E+001	218	2.1726719E+001	2.4588836E+002
219	2.1836316E+001	7.4375401E+001	219	2.1836315E+001	2.5139334E+002
220	2.1909380E+001	7.9192134E+001	220	2.1909380E+001	2.4428988E+002
221	2.2018977E+001	8.0723487E+001	221	2.2018976E+001	2.4284794E+002
222	2.2128574E+001	8.0404195E+001	222	2.2128574E+001	2.4458913E+002
223	2.2201638E+001	7.9298208E+001	223	2.2201637E+001	2.4749090E+002
224	2.2311235E+001	7.8581217E+001	224	2.2311235E+001	2.5648865E+002
225	2.2420831E+001	7.9726126E+001	225	2.2420832E+001	2.5926596E+002
226	2.2530428E+001	8.0210904E+001	226	2.2530428E+001	2.4898972E+002
227	2.2603492E+001	7.9925492E+001	227	2.2603493E+001	2.4421484E+002
228	2.2720395E+001	7.9546840E+001	228	2.2720396E+001	2.3825158E+002
229	2.2800766E+001	7.9157906E+001	229	2.2800766E+001	2.3670589E+002
230	2.2921323E+001	7.8723059E+001	230	2.2921322E+001	2.4147467E+002
231	2.3001693E+001	7.7980007E+001	231	2.3001694E+001	2.4694112E+002
232	2.3122250E+001	7.7141951E+001	232	2.3122250E+001	2.5105478E+002
233	2.3202621E+001	7.6115571E+001	233	2.3202621E+001	2.5421400E+002
234	2.3323177E+001	7.4605008E+001	234	2.3323177E+001	2.5376586E+002
235	2.3403548E+001	7.2779145E+001	235	2.3403547E+001	2.5500786E+002
236	2.3524104E+001	7.1537932E+001	236	2.3524103E+001	2.4960776E+002
237	2.3604475E+001	7.0989775E+001	237	2.3604475E+001	2.4999476E+002
238	2.3725031E+001	7.0630606E+001	238	2.3725031E+001	2.5598634E+002
239	2.3805402E+001	7.0314023E+001	239	2.3805403E+001	2.5594255E+002
240	2.3938014E+001	7.1284388E+001	240	2.3938013E+001	2.4495383E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
241	2.4026422E+001	7.3272293E+001	241	2.4026423E+001	2.4195942E+002
242	2.4114830E+001	7.5683071E+001	242	2.4114830E+001	2.3701871E+002
243	2.4203238E+001	7.8935416E+001	243	2.4203238E+001	2.3448541E+002
244	2.4335850E+001	8.2782231E+001	244	2.4335850E+001	2.3198185E+002
245	2.4424258E+001	8.5089095E+001	245	2.4424257E+001	2.3898191E+002
246	2.4512666E+001	8.5186535E+001	246	2.4512665E+001	2.4766864E+002
247	2.4601074E+001	8.3692067E+001	247	2.4601074E+001	2.3751381E+002
248	2.4733686E+001	7.8619615E+001	248	2.4733686E+001	2.3311138E+002
249	2.4816335E+001	7.1336648E+001	249	2.4816336E+001	2.6537463E+002
250	2.4931671E+001	6.5362476E+001	250	2.4931671E+001	2.6459573E+002
251	2.5003464E+001	6.2552092E+001	251	2.5003464E+001	2.6943570E+002
252	2.5103507E+001	6.3398563E+001	252	2.5103508E+001	2.7048160E+002
253	2.5206885E+001	6.5596133E+001	253	2.5206886E+001	2.5764089E+002
254	2.5316933E+001	7.0024624E+001	254	2.5316933E+001	2.5533511E+002
255	2.5417242E+001	7.5745582E+001	255	2.5417242E+001	2.6160685E+002
256	2.5512682E+001	8.1079727E+001	256	2.5512682E+001	2.7161679E+002
257	2.5611302E+001	8.6763176E+001	257	2.5611303E+001	2.6046943E+002
258	2.5716286E+001	9.1436677E+001	258	2.5716286E+001	2.2974104E+002
259	2.5821269E+001	9.3808466E+001	259	2.5821270E+001	2.2402265E+002
260	2.5929752E+001	9.4675339E+001	260	2.5929752E+001	2.3967108E+002
261	2.6010590E+001	9.3961828E+001	261	2.6010590E+001	2.4697078E+002
262	2.6137620E+001	9.2581512E+001	262	2.6137619E+001	2.5917108E+002
263	2.6222306E+001	9.0859708E+001	263	2.6222305E+001	2.5867258E+002
264	2.6324231E+001	8.9426516E+001	264	2.6324232E+001	2.7208508E+002
265	2.6432952E+001	8.7757415E+001	265	2.6432951E+001	2.5769312E+002
266	2.6507697E+001	8.7002839E+001	266	2.6507696E+001	2.6262430E+002
267	2.6619815E+001	8.8307310E+001	267	2.6619814E+001	2.5883491E+002
268	2.6731932E+001	9.0698883E+001	268	2.6731932E+001	2.4789185E+002
269	2.6800962E+001	9.2302466E+001	269	2.6800962E+001	2.4963917E+002
270	2.6927592E+001	9.2899783E+001	270	2.6927591E+001	2.4461278E+002
271	2.7028896E+001	9.2765929E+001	271	2.7028896E+001	2.3878742E+002
272	2.7136848E+001	9.2465989E+001	272	2.7136848E+001	2.4356993E+002
273	2.7213459E+001	9.2293582E+001	273	2.7213459E+001	2.4101558E+002
274	2.7328376E+001	9.1754041E+001	274	2.7328377E+001	2.4132547E+002
275	2.7404987E+001	9.0596518E+001	275	2.7404987E+001	2.4250630E+002
276	2.7519904E+001	8.8935185E+001	276	2.7519903E+001	2.4256099E+002
277	2.7634821E+001	8.6199997E+001	277	2.7634821E+001	2.4105457E+002
278	2.7711432E+001	8.3842673E+001	278	2.7711432E+001	2.3893037E+002
279	2.7826348E+001	8.2102560E+001	279	2.7826349E+001	2.3820153E+002
280	2.7902959E+001	8.0414985E+001	280	2.7902960E+001	2.5651386E+002
281	2.8017876E+001	7.6531699E+001	281	2.8017876E+001	2.7907365E+002
282	2.8132793E+001	7.0878358E+001	282	2.8132793E+001	2.6889963E+002
283	2.8209404E+001	6.5836708E+001	283	2.8209404E+001	2.6000433E+002
284	2.8324321E+001	6.6020390E+001	284	2.8324320E+001	2.4728184E+002
285	2.8431562E+001	7.7346808E+001	285	2.8431562E+001	2.3809946E+002
286	2.8500499E+001	8.9477000E+001	286	2.8500500E+001	2.3169979E+002
287	2.8602148E+001	9.5432923E+001	287	2.8602148E+001	2.2978158E+002
288	2.8703797E+001	9.5834418E+001	288	2.8703798E+001	2.3864164E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW	
Time	Device	Time	HRR	
289	2.8815612E+001	9.2606093E+001	2.8815611E+001	2.5096256E+002
290	2.8927426E+001	9.3109018E+001	2.8927425E+001	2.6306847E+002
291	2.9022566E+001	9.6662433E+001	2.9022566E+001	2.6331375E+002
292	2.9117705E+001	9.7525043E+001	2.9117704E+001	2.5361690E+002
293	2.9212845E+001	9.5872133E+001	2.9212845E+001	2.4729964E+002
294	2.9314327E+001	9.2693786E+001	2.9314327E+001	2.4284500E+002
295	2.9418981E+001	8.7901617E+001	2.9418982E+001	2.3651739E+002
296	2.9523635E+001	8.2246994E+001	2.9523634E+001	2.4108838E+002
297	2.9628288E+001	7.9660221E+001	2.9628288E+001	2.4443152E+002
298	2.9701546E+001	7.9939896E+001	2.9701546E+001	2.4841670E+002
299	2.9816665E+001	7.7633451E+001	2.9816666E+001	2.5087255E+002
300	2.9931784E+001	7.1546078E+001	2.9931784E+001	2.5654103E+002
301	3.0008530E+001	6.4754850E+001	3.0008530E+001	2.5130778E+002
302	3.0123649E+001	5.7914329E+001	3.0123650E+001	2.4614642E+002
303	3.0200395E+001	5.1584783E+001	3.0200396E+001	2.4915755E+002
304	3.0305215E+001	4.6250554E+001	3.0305216E+001	2.5765408E+002
305	3.0408209E+001	4.1160858E+001	3.0408209E+001	2.4968451E+002
306	3.0517846E+001	3.7183238E+001	3.0517847E+001	2.3135992E+002
307	3.0627484E+001	3.4048003E+001	3.0627483E+001	2.3593126E+002
308	3.0700576E+001	3.2082061E+001	3.0700577E+001	2.5028656E+002
309	3.0817523E+001	3.0362057E+001	3.0817524E+001	2.3150065E+002
310	3.0938125E+001	2.8693771E+001	3.0938126E+001	2.4414758E+002
311	3.1018526E+001	2.7804233E+001	3.1018526E+001	2.5687920E+002
312	3.1123005E+001	2.7737544E+001	3.1123005E+001	2.9295046E+002
313	3.1229066E+001	2.9679801E+001	3.1229067E+001	2.6066308E+002
314	3.1303309E+001	3.3959516E+001	3.1303308E+001	2.4857489E+002
315	3.1419975E+001	4.2339459E+001	3.1419975E+001	2.4183977E+002
316	3.1531669E+001	5.5455884E+001	3.1531670E+001	2.4598711E+002
317	3.1633416E+001	6.7124759E+001	3.1633415E+001	2.5152206E+002
318	3.1701247E+001	7.4558839E+001	3.1701246E+001	2.5783089E+002
319	3.1813168E+001	7.9002710E+001	3.1813168E+001	2.5718085E+002
320	3.1925090E+001	8.1336617E+001	3.1925091E+001	2.3740793E+002
321	3.2037012E+001	8.1240011E+001	3.2037010E+001	2.3637419E+002
322	3.2111626E+001	8.0214536E+001	3.2111626E+001	2.4422082E+002
323	3.2223548E+001	7.9687748E+001	3.2223549E+001	2.4625463E+002
324	3.2335469E+001	7.8189259E+001	3.2335468E+001	2.3306325E+002
325	3.2410084E+001	7.4588004E+001	3.2410084E+001	2.2545749E+002
326	3.2522005E+001	7.0714169E+001	3.2522007E+001	2.3873031E+002
327	3.2633927E+001	6.8394003E+001	3.2633926E+001	2.5316308E+002
328	3.2708541E+001	6.8122106E+001	3.2708542E+001	2.4985559E+002
329	3.2820463E+001	6.6914218E+001	3.2820461E+001	2.4626005E+002
330	3.2932384E+001	6.2598973E+001	3.2932384E+001	2.6192228E+002
331	3.3006999E+001	6.0389062E+001	3.3007000E+001	2.8670355E+002
332	3.3118920E+001	6.3737602E+001	3.3118919E+001	2.6610117E+002
333	3.3219095E+001	7.0566017E+001	3.3219093E+001	2.4319536E+002
334	3.3319269E+001	7.7075112E+001	3.3319267E+001	2.3468816E+002
335	3.3419443E+001	7.9877301E+001	3.3419445E+001	2.3291761E+002
336	3.3519618E+001	7.9617555E+001	3.3519619E+001	2.2366458E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
337	3.3619792E+001	7.7935997E+001	337	3.3619793E+001	2.3326890E+002
338	3.3726645E+001	7.3133345E+001	338	3.3726646E+001	2.5283570E+002
339	3.3800106E+001	6.7489657E+001	339	3.3800106E+001	2.6970175E+002
340	3.3910298E+001	6.1831266E+001	340	3.3910297E+001	2.5779969E+002
341	3.4020489E+001	5.5667649E+001	341	3.4020489E+001	2.4802712E+002
342	3.4130681E+001	4.9803488E+001	342	3.4130680E+001	2.3602128E+002
343	3.4224720E+001	4.5478619E+001	343	3.4224720E+001	2.2305770E+002
344	3.4318760E+001	4.2377714E+001	344	3.4318760E+001	2.1088297E+002
345	3.4412799E+001	3.9748889E+001	345	3.4412800E+001	2.1509565E+002
346	3.4506838E+001	3.7435131E+001	346	3.4506840E+001	2.2756516E+002
347	3.4600877E+001	3.5449667E+001	347	3.4600876E+001	2.4494614E+002
348	3.4732532E+001	3.3506377E+001	348	3.4732533E+001	2.5281694E+002
349	3.4801494E+001	3.2269317E+001	349	3.4801495E+001	2.6205788E+002
350	3.4908385E+001	3.1648259E+001	350	3.4908386E+001	2.8488522E+002
351	3.5010309E+001	3.1205246E+001	351	3.5010311E+001	2.7114130E+002
352	3.5101567E+001	3.0991037E+001	352	3.5101566E+001	2.4498418E+002
353	3.5210618E+001	3.1126297E+001	353	3.5210617E+001	2.4212117E+002
354	3.5325121E+001	3.2260803E+001	354	3.5325123E+001	2.4776852E+002
355	3.5424084E+001	3.4831680E+001	355	3.5424084E+001	2.4353372E+002
356	3.5529646E+001	3.8410423E+001	356	3.5529644E+001	2.3339351E+002
357	3.5605847E+001	4.2594276E+001	357	3.5605846E+001	2.4117506E+002
358	3.5725593E+001	4.9035722E+001	358	3.5725594E+001	2.5874615E+002
359	3.5805424E+001	5.6713704E+001	359	3.5805424E+001	2.6664209E+002
360	3.5925170E+001	6.3145706E+001	360	3.5925171E+001	2.5894798E+002
361	3.6005000E+001	6.7959763E+001	361	3.6005001E+001	2.4266071E+002
362	3.6124746E+001	7.0813233E+001	362	3.6124744E+001	2.3548819E+002
363	3.6204576E+001	7.2875963E+001	363	3.6204575E+001	2.4230542E+002
364	3.6324322E+001	7.4845113E+001	364	3.6324322E+001	2.5768028E+002
365	3.6433970E+001	7.6560855E+001	365	3.6433971E+001	2.6515522E+002
366	3.6500165E+001	7.7464870E+001	366	3.6500164E+001	2.5980109E+002
367	3.6625481E+001	7.8756112E+001	367	3.6625481E+001	2.4592178E+002
368	3.6719468E+001	8.0932164E+001	368	3.6719467E+001	2.6054372E+002
369	3.6816587E+001	8.3143066E+001	369	3.6816586E+001	2.5972455E+002
370	3.6919973E+001	8.5661770E+001	370	3.6919971E+001	2.4237962E+002
371	3.7023358E+001	8.8155882E+001	371	3.7023357E+001	2.3425696E+002
372	3.7126744E+001	8.9820411E+001	372	3.7126743E+001	2.3403399E+002
373	3.7202560E+001	9.0496467E+001	373	3.7202560E+001	2.3263769E+002
374	3.7316284E+001	9.1260921E+001	374	3.7316284E+001	2.3518907E+002
375	3.7430007E+001	9.3640645E+001	375	3.7430008E+001	2.4361353E+002
376	3.7513405E+001	9.4828226E+001	376	3.7513405E+001	2.5299946E+002
377	3.7627490E+001	9.3581231E+001	377	3.7627491E+001	2.6183373E+002
378	3.7736068E+001	9.0846044E+001	378	3.7736069E+001	2.6098632E+002
379	3.7808454E+001	8.7869729E+001	379	3.7808453E+001	2.5951810E+002
380	3.7917032E+001	8.4722025E+001	380	3.7917030E+001	2.5898008E+002
381	3.8018175E+001	8.2277647E+001	381	3.8018177E+001	2.6022316E+002
382	3.8115601E+001	8.0912842E+001	382	3.8115601E+001	2.6191083E+002
383	3.8213027E+001	7.8448321E+001	383	3.8213028E+001	2.5547048E+002
384	3.8327340E+001	7.2736947E+001	384	3.8327339E+001	2.4154761E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
385	3.8405930E+001	6.6832542E+001	385	3.8405930E+001	2.3316699E+002
386	3.8523815E+001	6.0989577E+001	386	3.8523815E+001	2.2420785E+002
387	3.8610264E+001	5.5875849E+001	387	3.8610264E+001	2.2664743E+002
388	3.8739938E+001	5.3304105E+001	388	3.8739937E+001	2.4123809E+002
389	3.8826387E+001	5.2121385E+001	389	3.8826385E+001	2.5775509E+002
390	3.8912836E+001	5.2043627E+001	390	3.8912834E+001	2.9090215E+002
391	3.9042509E+001	5.2254856E+001	391	3.9042511E+001	2.7518686E+002
392	3.9114023E+001	5.1971127E+001	392	3.9114021E+001	2.7218406E+002
393	3.9221292E+001	5.1273063E+001	393	3.9221291E+001	2.5644596E+002
394	3.9324614E+001	5.0642610E+001	394	3.9324612E+001	2.4214361E+002
395	3.9420038E+001	5.0294539E+001	395	3.9420036E+001	2.3654127E+002
396	3.9521824E+001	4.9124265E+001	396	3.9521824E+001	2.2387106E+002
397	3.9626791E+001	4.6759382E+001	397	3.9626793E+001	2.3392638E+002
398	3.9700268E+001	4.3910703E+001	398	3.9700268E+001	2.4592488E+002
399	3.9815732E+001	4.0556572E+001	399	3.9815731E+001	2.6099876E+002
400	3.9931196E+001	3.6628703E+001	400	3.9931194E+001	2.5923021E+002
401	4.0008172E+001	3.3709349E+001	401	4.0008171E+001	2.7274811E+002
402	4.0107808E+001	3.2731715E+001	402	4.0107807E+001	2.8069121E+002
403	4.0207445E+001	3.6357771E+001	403	4.0207443E+001	2.6883482E+002
404	4.0307081E+001	4.8541240E+001	404	4.0307079E+001	2.5447168E+002
405	4.0406717E+001	6.9252176E+001	405	4.0406719E+001	2.4540805E+002
406	4.0506354E+001	8.6796650E+001	406	4.0506355E+001	2.4177098E+002
407	4.0612633E+001	9.3555580E+001	407	4.0612633E+001	2.2960494E+002
408	4.0733193E+001	9.1588827E+001	408	4.0733192E+001	2.0585657E+002
409	4.0813566E+001	8.5807979E+001	409	4.0813564E+001	2.2866692E+002
410	4.0934126E+001	8.0631773E+001	410	4.0934128E+001	2.4073275E+002
411	4.1014499E+001	7.6940776E+001	411	4.1014500E+001	2.8009552E+002
412	4.1135060E+001	7.2984219E+001	412	4.1135059E+001	2.8289192E+002
413	4.1215433E+001	6.6771034E+001	413	4.1215431E+001	2.7046019E+002
414	4.1328942E+001	5.7185797E+001	414	4.1328941E+001	2.4958204E+002
415	4.1428349E+001	4.8104811E+001	415	4.1428349E+001	2.4468367E+002
416	4.1527756E+001	4.3331734E+001	416	4.1527756E+001	2.4327921E+002
417	4.1627162E+001	4.0962853E+001	417	4.1627163E+001	2.4476781E+002
418	4.1726569E+001	3.9522653E+001	418	4.1726570E+001	2.4271871E+002
419	4.1825976E+001	3.8596559E+001	419	4.1825977E+001	2.4519508E+002
420	4.1928697E+001	3.7983055E+001	420	4.1928696E+001	2.4315959E+002
421	4.2001595E+001	3.7879543E+001	421	4.2001595E+001	2.3080884E+002
422	4.2110942E+001	4.1769445E+001	422	4.2110943E+001	2.3332212E+002
423	4.2231225E+001	5.3755589E+001	423	4.2231224E+001	2.5046245E+002
424	4.2311413E+001	7.1361332E+001	424	4.2311413E+001	2.6970572E+002
425	4.2434976E+001	8.6279135E+001	425	4.2434975E+001	2.5710341E+002
426	4.2507849E+001	9.3432529E+001	426	4.2507847E+001	2.4467553E+002
427	4.2608371E+001	9.6253531E+001	427	4.2608372E+001	2.3485547E+002
428	4.2708894E+001	9.6664842E+001	428	4.2708893E+001	2.3469337E+002
429	4.2812767E+001	9.7136881E+001	429	4.2812767E+001	2.3289236E+002
430	4.2923342E+001	9.7618093E+001	430	4.2923344E+001	2.1909432E+002
431	4.3033917E+001	9.5293322E+001	431	4.3033916E+001	2.2382014E+002
432	4.3107633E+001	9.2558729E+001	432	4.3107632E+001	2.3488630E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

	s	C		s	kW
	Time	Device		Time	HRR
433	4.3216770E+001	9.0365811E+001	433	4.3216770E+001	2.8384442E+002
434	4.3333720E+001	8.8200226E+001	434	4.3333721E+001	2.7598460E+002
435	4.3416716E+001	8.6321320E+001	435	4.3416718E+001	2.7630003E+002
436	4.3541211E+001	8.3919836E+001	436	4.3541210E+001	2.6200805E+002
437	4.3624208E+001	8.0118121E+001	437	4.3624207E+001	2.5210968E+002
438	4.3702468E+001	7.6701976E+001	438	4.3702469E+001	2.6181857E+002
439	4.3820106E+001	7.3585862E+001	439	4.3820107E+001	2.4947014E+002
440	4.3921466E+001	7.1141035E+001	440	4.3921467E+001	2.3802305E+002
441	4.4022826E+001	6.9247809E+001	441	4.4022827E+001	2.4812056E+002
442	4.4119926E+001	6.7808763E+001	442	4.4119926E+001	2.4697613E+002
443	4.4211458E+001	6.6791832E+001	443	4.4211456E+001	2.5294712E+002
444	4.4318639E+001	6.5061539E+001	444	4.4318638E+001	2.2184133E+002
445	4.4412295E+001	6.2207749E+001	445	4.4412296E+001	2.3320173E+002
446	4.4505951E+001	5.9139660E+001	446	4.4505951E+001	2.4330006E+002
447	4.4630826E+001	5.5426213E+001	447	4.4630825E+001	2.4590574E+002
448	4.4730725E+001	5.1850220E+001	448	4.4730724E+001	2.5033950E+002
449	4.4806274E+001	4.9375205E+001	449	4.4806274E+001	2.5405136E+002
450	4.4927153E+001	4.7294770E+001	450	4.4927155E+001	2.5458177E+002
451	4.5010257E+001	4.5937196E+001	451	4.5010258E+001	2.4902809E+002
452	4.5134913E+001	4.6641521E+001	452	4.5134914E+001	2.3226419E+002
453	4.5218017E+001	5.1248184E+001	453	4.5218018E+001	2.3827077E+002
454	4.5301121E+001	6.0261004E+001	454	4.5301121E+001	2.4697060E+002
455	4.5425776E+001	7.8209037E+001	455	4.5425777E+001	2.6450834E+002
456	4.5508880E+001	9.5252689E+001	456	4.5508881E+001	2.7174445E+002
457	4.5620283E+001	1.0207310E+002	457	4.5620285E+001	2.6907091E+002
458	4.5731686E+001	1.0332439E+002	458	4.5731686E+001	2.6137580E+002
459	4.5805954E+001	1.0200275E+002	459	4.5805954E+001	2.5468016E+002
460	4.5917357E+001	1.0020757E+002	460	4.5917358E+001	2.4360900E+002
461	4.6036187E+001	9.8177593E+001	461	4.6036186E+001	2.3406267E+002
462	4.6106805E+001	9.6065600E+001	462	4.6106804E+001	2.4283635E+002
463	4.6212733E+001	9.1562548E+001	463	4.6212734E+001	2.5024751E+002
464	4.6322192E+001	8.2991391E+001	464	4.6322193E+001	2.7196431E+002
465	4.6438713E+001	7.3603264E+001	465	4.6438713E+001	2.6304375E+002
466	4.6516393E+001	6.6983000E+001	466	4.6516392E+001	2.6026297E+002
467	4.6601842E+001	6.2894368E+001	467	4.6601841E+001	2.3857509E+002
468	4.6718453E+001	5.9719693E+001	468	4.6718452E+001	2.3078316E+002
469	4.6829283E+001	5.7279796E+001	469	4.6829285E+001	2.3547778E+002
470	4.6903170E+001	5.5118197E+001	470	4.6903172E+001	2.4039243E+002
471	4.7014000E+001	5.2995655E+001	471	4.7014000E+001	2.4275110E+002
472	4.7132219E+001	5.0674366E+001	472	4.7132217E+001	2.2779719E+002
473	4.7204025E+001	4.8996199E+001	473	4.7204025E+001	2.2864075E+002
474	4.7311735E+001	4.7783289E+001	474	4.7311733E+001	2.3550412E+002
475	4.7419444E+001	4.6179139E+001	475	4.7419445E+001	2.4408449E+002
476	4.7537924E+001	4.4329252E+001	476	4.7537926E+001	2.3075152E+002
477	4.7616911E+001	4.2972058E+001	477	4.7616909E+001	2.5772227E+002
478	4.7735391E+001	4.1966260E+001	478	4.7735390E+001	2.6946636E+002
479	4.7814377E+001	4.1139925E+001	479	4.7814377E+001	2.8061055E+002
480	4.7936807E+001	4.0688583E+001	480	4.7936806E+001	2.7443728E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
481	4.8011687E+001	4.1455538E+001	481	4.8011688E+001	2.6733217E+002
482	4.8124006E+001	4.7049926E+001	482	4.8124008E+001	2.5297558E+002
483	4.8236326E+001	6.0844262E+001	483	4.8236324E+001	2.3806354E+002
484	4.8311206E+001	7.5493115E+001	484	4.8311207E+001	2.2789933E+002
485	4.8423525E+001	8.6941626E+001	485	4.8423527E+001	2.2584372E+002
486	4.8535845E+001	9.2493704E+001	486	4.8535847E+001	2.3085033E+002
487	4.8610725E+001	9.3435050E+001	487	4.8610725E+001	2.4073826E+002
488	4.8723044E+001	9.2639935E+001	488	4.8723045E+001	2.4654749E+002
489	4.8805412E+001	9.0346067E+001	489	4.8805412E+001	2.5765477E+002
490	4.8928964E+001	8.6410685E+001	490	4.8928963E+001	2.6420682E+002
491	4.9011331E+001	8.2611544E+001	491	4.9011330E+001	2.6335294E+002
492	4.9134883E+001	8.1277585E+001	492	4.9134884E+001	2.5397987E+002
493	4.9217251E+001	8.4630522E+001	493	4.9217251E+001	2.4148306E+002
494	4.9340802E+001	8.8359340E+001	494	4.9340801E+001	2.3445467E+002
495	4.9423170E+001	8.8422785E+001	495	4.9423172E+001	2.3243216E+002
496	4.9505538E+001	8.6688302E+001	496	4.9505539E+001	2.2262141E+002
497	4.9629090E+001	8.1217245E+001	497	4.9629089E+001	2.3373589E+002
498	4.9711457E+001	7.5360509E+001	498	4.9711456E+001	2.5313633E+002
499	4.9835009E+001	7.1526862E+001	499	4.9835011E+001	2.6086841E+002
500	4.9917377E+001	6.8517378E+001	500	4.9917377E+001	2.5812850E+002
501	5.0026918E+001	6.5831759E+001	501	5.0026917E+001	2.5394413E+002
502	5.0136459E+001	6.1793072E+001	502	5.0136459E+001	2.5626323E+002
503	5.0209487E+001	5.8359640E+001	503	5.0209488E+001	2.5286040E+002
504	5.0319028E+001	5.6148152E+001	504	5.0319027E+001	2.4008260E+002
505	5.0428570E+001	5.4570595E+001	505	5.0428570E+001	2.3720175E+002
506	5.0501597E+001	5.3070018E+001	506	5.0501598E+001	2.5466616E+002
507	5.0611139E+001	5.1422477E+001	507	5.0611137E+001	2.7628602E+002
508	5.0720680E+001	4.9391975E+001	508	5.0720680E+001	2.7152598E+002
509	5.0830221E+001	4.7765859E+001	509	5.0830223E+001	2.6031560E+002
510	5.0903249E+001	4.7207966E+001	510	5.0903248E+001	2.5608740E+002
511	5.1012790E+001	4.7500954E+001	511	5.1012791E+001	2.4672692E+002
512	5.1122332E+001	4.7993737E+001	512	5.1122330E+001	2.4074782E+002
513	5.1231873E+001	4.8160487E+001	513	5.1231873E+001	2.3800533E+002
514	5.1304900E+001	4.8083861E+001	514	5.1304901E+001	2.3781578E+002
515	5.1414442E+001	4.7686236E+001	515	5.1414440E+001	2.3508934E+002
516	5.1523983E+001	4.7050869E+001	516	5.1523983E+001	2.3921549E+002
517	5.1633524E+001	4.6756105E+001	517	5.1633526E+001	2.5990029E+002
518	5.1706552E+001	4.7447308E+001	518	5.1706551E+001	2.6597116E+002
519	5.1819745E+001	5.2699719E+001	519	5.1819744E+001	2.5652179E+002
520	5.1900075E+001	6.3904629E+001	520	5.1900074E+001	2.4493244E+002
521	5.2007158E+001	7.1921871E+001	521	5.2007156E+001	2.4487106E+002
522	5.2114241E+001	6.9708455E+001	522	5.2114243E+001	2.4897912E+002
523	5.2221324E+001	6.2709442E+001	523	5.2221325E+001	2.4961736E+002
524	5.2335545E+001	5.5172556E+001	524	5.2335545E+001	2.3210397E+002
525	5.2414073E+001	5.1504541E+001	525	5.2414074E+001	2.1348163E+002
526	5.2531864E+001	4.9539585E+001	526	5.2531864E+001	2.0564649E+002
527	5.2610391E+001	4.9190526E+001	527	5.2610390E+001	2.1971551E+002
528	5.2728183E+001	4.9701761E+001	528	5.2728184E+001	2.5192727E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
529	5.2806710E+001	5.0228680E+001	529	5.2806709E+001	2.5953089E+002
530	5.2903603E+001	5.0567146E+001	530	5.2903603E+001	2.6704883E+002
531	5.3000496E+001	5.1386972E+001	531	5.3000496E+001	2.7820218E+002
532	5.3132916E+001	5.4908075E+001	532	5.3132915E+001	2.6449701E+002
533	5.3207524E+001	6.0688176E+001	533	5.3207523E+001	2.6064692E+002
534	5.3324764E+001	6.6118578E+001	534	5.3324764E+001	2.6805110E+002
535	5.3428996E+001	7.0186544E+001	535	5.3428997E+001	2.7354889E+002
536	5.3533228E+001	7.3976919E+001	536	5.3533230E+001	2.5955161E+002
537	5.3602717E+001	7.9839152E+001	537	5.3602718E+001	2.4445563E+002
538	5.3706949E+001	8.7422020E+001	538	5.3706947E+001	2.4682804E+002
539	5.3811181E+001	9.5838949E+001	539	5.3811180E+001	2.3381541E+002
540	5.3915413E+001	9.8634648E+001	540	5.3915413E+001	2.4281423E+002
541	5.4019645E+001	9.7523854E+001	541	5.4019646E+001	2.5257150E+002
542	5.4134301E+001	9.2055641E+001	542	5.4134300E+001	2.5392689E+002
543	5.4214559E+001	8.3624299E+001	543	5.4214558E+001	2.5646830E+002
544	5.4329731E+001	7.6428156E+001	544	5.4329731E+001	2.4931688E+002
545	5.4402863E+001	7.0936397E+001	545	5.4402863E+001	2.4168521E+002
546	5.4523530E+001	6.5969367E+001	546	5.4523529E+001	2.4908890E+002
547	5.4603975E+001	6.1511621E+001	547	5.4603977E+001	2.5600915E+002
548	5.4724643E+001	5.8036725E+001	548	5.4724644E+001	2.5727648E+002
549	5.4805087E+001	5.4544019E+001	549	5.4805088E+001	2.4980538E+002
550	5.4915527E+001	5.2935219E+001	550	5.4915527E+001	2.4372281E+002
551	5.5020852E+001	5.3622739E+001	551	5.5020851E+001	2.4023023E+002
552	5.5126178E+001	5.4621474E+001	552	5.5126179E+001	2.4735080E+002
553	5.5231503E+001	5.4872492E+001	553	5.5231503E+001	2.5099141E+002
554	5.5301720E+001	5.4169069E+001	554	5.5301720E+001	2.4084393E+002
555	5.5407045E+001	5.2873741E+001	555	5.5407047E+001	2.3232568E+002
556	5.5512371E+001	5.1274565E+001	556	5.5512371E+001	2.2380402E+002
557	5.5617696E+001	5.0268050E+001	557	5.5617695E+001	2.3271635E+002
558	5.5723022E+001	4.9540896E+001	558	5.5723022E+001	2.4933861E+002
559	5.5828347E+001	4.8680264E+001	559	5.5828346E+001	2.5066607E+002
560	5.5933672E+001	4.7933291E+001	560	5.5933674E+001	2.5828516E+002
561	5.6003889E+001	4.7369498E+001	561	5.6003891E+001	2.4673703E+002
562	5.6109387E+001	4.6863126E+001	562	5.6109386E+001	2.4576223E+002
563	5.6211052E+001	4.6398104E+001	563	5.6211052E+001	2.6605950E+002
564	5.6326377E+001	4.6055862E+001	564	5.6326378E+001	2.6524016E+002
565	5.6403261E+001	4.5798239E+001	565	5.6403263E+001	2.6326866E+002
566	5.6530119E+001	4.5549809E+001	566	5.6530121E+001	2.4027721E+002
567	5.6614692E+001	4.5312506E+001	567	5.6614693E+001	2.2782745E+002
568	5.6741550E+001	4.5145320E+001	568	5.6741550E+001	2.3826427E+002
569	5.6826122E+001	4.4995514E+001	569	5.6826122E+001	2.2288180E+002
570	5.6900124E+001	4.5082275E+001	570	5.6900124E+001	2.5043753E+002
571	5.7011126E+001	4.5932041E+001	571	5.7011127E+001	2.4003760E+002
572	5.7122129E+001	4.8355129E+001	572	5.7122128E+001	2.3185025E+002
573	5.7233131E+001	5.1406335E+001	573	5.7233131E+001	2.3338687E+002
574	5.7307133E+001	5.2485516E+001	574	5.7307133E+001	2.5146154E+002
575	5.7418136E+001	5.1155406E+001	575	5.7418137E+001	2.5611116E+002
576	5.7529138E+001	4.8132772E+001	576	5.7529137E+001	2.8573270E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
577	5.7603140E+001	4.6031272E+001	577	5.7603142E+001	2.7515806E+002
578	5.7729313E+001	4.4829915E+001	578	5.7729313E+001	2.3820406E+002
579	5.7818855E+001	4.4643128E+001	579	5.7818855E+001	2.3692274E+002
580	5.7908397E+001	4.5151734E+001	580	5.7908398E+001	2.5032414E+002
581	5.8042710E+001	4.6336493E+001	581	5.8042709E+001	2.5647711E+002
582	5.8125696E+001	4.8546778E+001	582	5.8125698E+001	2.4706166E+002
583	5.8202127E+001	5.1514315E+001	583	5.8202126E+001	2.3437041E+002
584	5.8316772E+001	5.6064502E+001	584	5.8316772E+001	2.2691177E+002
585	5.8431418E+001	6.1500609E+001	585	5.8431419E+001	2.3740854E+002
586	5.8507848E+001	6.6767025E+001	586	5.8507847E+001	2.5725956E+002
587	5.8622494E+001	7.2941621E+001	587	5.8622494E+001	2.5128908E+002
588	5.8737139E+001	7.6952264E+001	588	5.8737141E+001	2.3792002E+002
589	5.8813570E+001	7.5367080E+001	589	5.8813568E+001	2.2392422E+002
590	5.8920139E+001	7.2498175E+001	590	5.8920139E+001	2.1602119E+002
591	5.9022671E+001	6.9345615E+001	591	5.9022671E+001	2.3851543E+002
592	5.9128620E+001	6.5799922E+001	592	5.9128620E+001	2.5472109E+002
593	5.9203810E+001	6.2494743E+001	593	5.9203812E+001	2.7637466E+002
594	5.9324114E+001	5.9123535E+001	594	5.9324112E+001	2.6902200E+002
595	5.9406822E+001	5.5857952E+001	595	5.9406822E+001	2.3672195E+002
596	5.9530886E+001	5.2912175E+001	596	5.9530884E+001	2.6123082E+002
597	5.9613594E+001	5.0390256E+001	597	5.9613594E+001	2.4060665E+002
598	5.9731257E+001	4.8607182E+001	598	5.9731258E+001	2.3747899E+002
599	5.9801166E+001	4.7455233E+001	599	5.9801167E+001	2.4840320E+002
600	5.9906028E+001	4.6676016E+001	600	5.9906029E+001	2.5082425E+002
601	6.0010890E+001	4.5735148E+001	601	6.0010891E+001	2.5294164E+002
602	6.0115753E+001	4.4690757E+001	602	6.0115753E+001	2.4612423E+002
603	6.0220615E+001	4.3873960E+001	603	6.0220615E+001	2.5486031E+002
604	6.0328973E+001	4.3736274E+001	604	6.0328972E+001	2.3879836E+002
605	6.0405872E+001	4.7303954E+001	605	6.0405872E+001	2.2680387E+002
606	6.0521221E+001	6.1982032E+001	606	6.0521221E+001	2.2151772E+002
607	6.0636570E+001	8.5476138E+001	607	6.0636570E+001	2.1545659E+002
608	6.0713469E+001	9.7929161E+001	608	6.0713470E+001	2.2052905E+002
609	6.0828818E+001	9.7271688E+001	609	6.0828819E+001	2.4419370E+002
610	6.0905717E+001	8.8592817E+001	610	6.0905716E+001	2.5401343E+002
611	6.1021065E+001	7.2020302E+001	611	6.1021065E+001	2.4563757E+002
612	6.1128579E+001	5.8994497E+001	612	6.1128578E+001	2.3793819E+002
613	6.1232176E+001	5.3099889E+001	613	6.1232174E+001	2.3778000E+002
614	6.1308146E+001	5.0422657E+001	614	6.1308147E+001	2.3678461E+002
615	6.1422102E+001	4.8619539E+001	615	6.1422104E+001	2.4073746E+002
616	6.1539857E+001	4.6671838E+001	616	6.1539856E+001	2.3880143E+002
617	6.1623425E+001	4.5260059E+001	617	6.1623425E+001	2.4409180E+002
618	6.1702765E+001	4.4434337E+001	618	6.1702766E+001	2.5450110E+002
619	6.1815435E+001	4.3733911E+001	619	6.1815434E+001	2.6176732E+002
620	6.1928104E+001	4.3027285E+001	620	6.1928104E+001	2.7204336E+002
621	6.2003217E+001	4.2572211E+001	621	6.2003216E+001	2.6617804E+002
622	6.2115887E+001	4.2252327E+001	622	6.2115887E+001	2.6421382E+002
623	6.2228556E+001	4.2018860E+001	623	6.2228558E+001	2.6365424E+002
624	6.2303669E+001	4.1902111E+001	624	6.2303669E+001	2.5374559E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
625	6.2416339E+001	4.1949769E+001	625	6.2416340E+001	2.3802683E+002
626	6.2529008E+001	4.2342922E+001	626	6.2529007E+001	2.2363052E+002
627	6.2604121E+001	4.2760797E+001	627	6.2604122E+001	2.1228269E+002
628	6.2716791E+001	4.3012938E+001	628	6.2716789E+001	2.0996797E+002
629	6.2825592E+001	4.3105063E+001	629	6.2825592E+001	2.1771196E+002
630	6.2926658E+001	4.3338969E+001	630	6.2926659E+001	2.2359271E+002
631	6.3000772E+001	4.3887874E+001	631	6.3000774E+001	2.2547117E+002
632	6.3111945E+001	4.4555278E+001	632	6.3111946E+001	2.4130165E+002
633	6.3218040E+001	4.5076108E+001	633	6.3218040E+001	2.5506821E+002
634	6.3320379E+001	4.4590778E+001	634	6.3320377E+001	2.6938059E+002
635	6.3425916E+001	4.3714060E+001	635	6.3425915E+001	2.6874070E+002
636	6.3531452E+001	4.3025742E+001	636	6.3531452E+001	2.5917133E+002
637	6.3601810E+001	4.2720056E+001	637	6.3601810E+001	2.5178923E+002
638	6.3707347E+001	4.2796408E+001	638	6.3707348E+001	2.4735864E+002
639	6.3812883E+001	4.3202409E+001	639	6.3812885E+001	2.4350589E+002
640	6.3928974E+001	4.3795175E+001	640	6.3928974E+001	2.2960958E+002
641	6.4006367E+001	4.4271274E+001	641	6.4006371E+001	2.1763336E+002
642	6.4122458E+001	4.4475355E+001	642	6.4122459E+001	2.1057076E+002
643	6.4238548E+001	4.4350123E+001	643	6.4238548E+001	2.3194777E+002
644	6.4315942E+001	4.4880449E+001	644	6.4315941E+001	2.4783716E+002
645	6.4432032E+001	5.3551118E+001	645	6.4432030E+001	2.4551099E+002
646	6.4500644E+001	7.3687140E+001	646	6.4500641E+001	2.4992715E+002
647	6.4603561E+001	9.6227859E+001	647	6.4603561E+001	2.4391368E+002
648	6.4709909E+001	1.1203490E+002	648	6.4709908E+001	2.3902746E+002
649	6.4823118E+001	1.1296014E+002	649	6.4823120E+001	2.5213111E+002
650	6.4936327E+001	1.0476794E+002	650	6.4936325E+001	2.6584048E+002
651	6.5011799E+001	9.3507669E+001	651	6.5011803E+001	2.6961433E+002
652	6.5125009E+001	8.4381315E+001	652	6.5125008E+001	2.5668029E+002
653	6.5200481E+001	7.7527662E+001	653	6.5200478E+001	2.4229700E+002
654	6.5313690E+001	7.4419868E+001	654	6.5313690E+001	2.3885982E+002
655	6.5426899E+001	7.1568557E+001	655	6.5426903E+001	2.6399776E+002
656	6.5502372E+001	6.7361462E+001	656	6.5502373E+001	2.8260583E+002
657	6.5615581E+001	6.3096105E+001	657	6.5615578E+001	2.8124801E+002
658	6.5728790E+001	5.9204844E+001	658	6.5728790E+001	2.5853138E+002
659	6.5804263E+001	5.7261615E+001	659	6.5804260E+001	2.4645226E+002
660	6.5917472E+001	5.6994179E+001	660	6.5917473E+001	2.4400010E+002
661	6.6030681E+001	5.8290753E+001	661	6.6030678E+001	2.4517936E+002
662	6.6106153E+001	5.9905767E+001	662	6.6106155E+001	2.3845326E+002
663	6.6219362E+001	6.1877703E+001	663	6.6219360E+001	2.3442613E+002
664	6.6332571E+001	6.4411566E+001	664	6.6332573E+001	2.5121285E+002
665	6.6415591E+001	6.6515144E+001	665	6.6415588E+001	2.3759737E+002
666	6.6540121E+001	6.8729361E+001	666	6.6540123E+001	2.4823768E+002
667	6.6623141E+001	7.1372009E+001	667	6.6623138E+001	2.5094116E+002
668	6.6706161E+001	7.3824487E+001	668	6.6706161E+001	2.4854725E+002
669	6.6815991E+001	7.6434323E+001	669	6.6815994E+001	2.4931786E+002
670	6.6925821E+001	7.8767800E+001	670	6.6925819E+001	2.7272817E+002
671	6.7035651E+001	8.0152881E+001	671	6.7035652E+001	2.7730111E+002
672	6.7108871E+001	8.0687821E+001	672	6.7108871E+001	2.6837682E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	Time	C Device	s	Time	kW HRR
673	6.7218701E+001	8.0639740E+001	673	6.7218704E+001	2.6772997E+002
674	6.7328532E+001	8.0602365E+001	674	6.7328529E+001	2.7053692E+002
675	6.7426095E+001	7.9184972E+001	675	6.7426094E+001	2.4368344E+002
676	6.7523658E+001	7.6266690E+001	676	6.7523659E+001	2.5381938E+002
677	6.7621221E+001	7.2325182E+001	677	6.7621223E+001	2.5465762E+002
678	6.7718785E+001	6.8202250E+001	678	6.7718788E+001	2.4815946E+002
679	6.7826104E+001	6.4571895E+001	679	6.7826103E+001	2.2148033E+002
680	6.7933424E+001	6.1558072E+001	680	6.7933426E+001	2.3611417E+002
681	6.8008548E+001	5.9388682E+001	681	6.8008545E+001	2.4789258E+002
682	6.8126599E+001	5.7504213E+001	682	6.8126602E+001	2.7383894E+002
683	6.8232211E+001	5.6144778E+001	683	6.8232208E+001	2.8036965E+002
684	6.8302619E+001	5.5495261E+001	684	6.8302620E+001	2.6969572E+002
685	6.8408230E+001	5.4872266E+001	685	6.8408234E+001	2.6194640E+002
686	6.8513842E+001	5.4299020E+001	686	6.8513840E+001	2.4800340E+002
687	6.8619454E+001	5.3898900E+001	687	6.8619453E+001	2.4362170E+002
688	6.8725066E+001	5.3925873E+001	688	6.8725067E+001	2.3882309E+002
689	6.8830677E+001	5.4326783E+001	689	6.8830681E+001	2.4571565E+002
690	6.8901085E+001	5.4650966E+001	690	6.8901085E+001	2.4776293E+002
691	6.9006697E+001	5.4610540E+001	691	6.9006699E+001	2.4001016E+002
692	6.9112309E+001	5.3776264E+001	692	6.9112312E+001	2.2690904E+002
693	6.9221441E+001	5.2249805E+001	693	6.9221443E+001	2.3242389E+002
694	6.9302762E+001	5.0790033E+001	694	6.9302765E+001	2.3393675E+002
695	6.9430552E+001	4.9693354E+001	695	6.9430550E+001	2.3184289E+002
696	6.9515745E+001	4.9490717E+001	696	6.9515747E+001	2.3102814E+002
697	6.9633558E+001	4.9946258E+001	697	6.9633560E+001	2.5494392E+002
698	6.9708773E+001	5.0230447E+001	698	6.9708771E+001	2.6412624E+002
699	6.9821597E+001	5.0531660E+001	699	6.9821594E+001	3.0878888E+002
700	6.9923019E+001	5.0867135E+001	700	6.9923019E+001	3.1167166E+002
701	7.0024441E+001	5.0879158E+001	701	7.0024437E+001	2.6806553E+002
702	7.0125863E+001	5.0623527E+001	702	7.0125862E+001	2.5376971E+002
703	7.0227285E+001	5.0353173E+001	703	7.0227287E+001	2.6747572E+002
704	7.0328707E+001	5.0350977E+001	704	7.0328705E+001	2.6491551E+002
705	7.0436890E+001	5.0737981E+001	705	7.0436890E+001	2.4336895E+002
706	7.0511266E+001	5.1377108E+001	706	7.0511269E+001	2.4507548E+002
707	7.0622830E+001	5.2211221E+001	707	7.0622833E+001	2.6140477E+002
708	7.0734395E+001	5.3199157E+001	708	7.0734398E+001	2.6665638E+002
709	7.0808771E+001	5.3756645E+001	709	7.0808769E+001	2.5835709E+002
710	7.0920335E+001	5.4111719E+001	710	7.0920334E+001	2.5023866E+002
711	7.1035618E+001	5.4330402E+001	711	7.1035622E+001	2.4539122E+002
712	7.1117432E+001	5.4135668E+001	712	7.1117432E+001	2.4712327E+002
713	7.1240152E+001	5.3545581E+001	713	7.1240150E+001	2.5462364E+002
714	7.1321966E+001	5.2901431E+001	714	7.1321968E+001	2.6068224E+002
715	7.1403780E+001	5.2455042E+001	715	7.1403778E+001	2.6804330E+002
716	7.1511799E+001	5.1993631E+001	716	7.1511803E+001	2.7419268E+002
717	7.1619819E+001	5.1566283E+001	717	7.1619820E+001	2.6677923E+002
718	7.1727838E+001	5.1271649E+001	718	7.1727837E+001	2.6027313E+002
719	7.1839459E+001	5.0976224E+001	719	7.1839462E+001	2.5628562E+002
720	7.1918673E+001	5.0566718E+001	720	7.1918671E+001	2.5747220E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
721	7.2037494E+001	5.0089766E+001	721	7.2037491E+001	2.5348870E+002
722	7.2116709E+001	4.9725773E+001	722	7.2116707E+001	2.5189386E+002
723	7.2235530E+001	4.9532353E+001	723	7.2235527E+001	2.5372779E+002
724	7.2314745E+001	4.9419557E+001	724	7.2314743E+001	2.5689072E+002
725	7.2433566E+001	4.9561977E+001	725	7.2433563E+001	2.5921339E+002
726	7.2512781E+001	5.0067535E+001	726	7.2512779E+001	2.6083858E+002
727	7.2631602E+001	5.1496590E+001	727	7.2631599E+001	2.6426123E+002
728	7.2710816E+001	5.3915877E+001	728	7.2710815E+001	2.6467872E+002
729	7.2829638E+001	5.6299618E+001	729	7.2829636E+001	2.5784332E+002
730	7.2908852E+001	5.8247049E+001	730	7.2908852E+001	2.4186644E+002
731	7.3027674E+001	6.0090558E+001	731	7.3027672E+001	2.2861751E+002
732	7.3106888E+001	6.1324337E+001	732	7.3106888E+001	2.1840858E+002
733	7.3221566E+001	6.2288811E+001	733	7.3221565E+001	2.3064725E+002
734	7.3327958E+001	6.4552903E+001	734	7.3327957E+001	2.4127660E+002
735	7.3434350E+001	6.8669233E+001	735	7.3434349E+001	2.8562696E+002
736	7.3505278E+001	7.4822375E+001	736	7.3505280E+001	3.2523761E+002
737	7.3607752E+001	8.3107405E+001	737	7.3607750E+001	3.1761227E+002
738	7.3702392E+001	8.9911751E+001	738	7.3702393E+001	2.8153043E+002
739	7.3828578E+001	8.9235134E+001	739	7.3828575E+001	2.6194692E+002
740	7.3923217E+001	8.6127773E+001	740	7.3923218E+001	2.4569331E+002
741	7.4017857E+001	8.2688389E+001	741	7.4017860E+001	2.5558527E+002
742	7.4118806E+001	7.9464889E+001	742	7.4118805E+001	2.5599679E+002
743	7.4222910E+001	7.6740009E+001	743	7.4222908E+001	2.4718473E+002
744	7.4327013E+001	7.3148900E+001	744	7.4327011E+001	2.6172224E+002
745	7.4431117E+001	6.8885879E+001	745	7.4431114E+001	2.8539612E+002
746	7.4500519E+001	6.6180492E+001	746	7.4500519E+001	2.8434906E+002
747	7.4604623E+001	6.4924140E+001	747	7.4604622E+001	2.7315020E+002
748	7.4708726E+001	6.4062405E+001	748	7.4708725E+001	2.5060025E+002
749	7.4812830E+001	6.3863615E+001	749	7.4812828E+001	2.4501197E+002
750	7.4916933E+001	6.5233941E+001	750	7.4916931E+001	2.5460303E+002
751	7.5021037E+001	6.8077411E+001	751	7.5021034E+001	2.4715774E+002
752	7.5125141E+001	7.0724795E+001	752	7.5125137E+001	2.4551116E+002
753	7.5236184E+001	7.1436484E+001	753	7.5236183E+001	2.3353448E+002
754	7.5312527E+001	7.0981262E+001	754	7.5312531E+001	2.7251635E+002
755	7.5427041E+001	7.0214898E+001	755	7.5427040E+001	2.9983777E+002
756	7.5503384E+001	6.9291233E+001	756	7.5503387E+001	3.0741078E+002
757	7.5617898E+001	6.7869956E+001	757	7.5617897E+001	2.8591219E+002
758	7.5732412E+001	6.4471231E+001	758	7.5732414E+001	2.7999348E+002
759	7.5808754E+001	6.1137373E+001	759	7.5808754E+001	2.7740883E+002
760	7.5934720E+001	5.8974121E+001	760	7.5934723E+001	2.6340852E+002
761	7.6018696E+001	5.8204501E+001	761	7.6018700E+001	2.6094122E+002
762	7.6102673E+001	5.8229693E+001	762	7.6102676E+001	2.5130494E+002
763	7.6211139E+001	5.9637320E+001	763	7.6211136E+001	2.5595290E+002
764	7.6319604E+001	6.3798603E+001	764	7.6319603E+001	2.5507935E+002
765	7.6435301E+001	6.8273570E+001	765	7.6435303E+001	2.4241112E+002
766	7.6514842E+001	6.8755840E+001	766	7.6514839E+001	2.5115025E+002
767	7.6634154E+001	6.6101128E+001	767	7.6634155E+001	2.5685905E+002
768	7.6713696E+001	6.2648546E+001	768	7.6713699E+001	2.7279135E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
769	7.6833008E+001	5.9495678E+001	769	7.6833008E+001	2.8370957E+002
770	7.6920503E+001	5.7084152E+001	770	7.6920502E+001	2.8098408E+002
771	7.7007999E+001	5.5692235E+001	771	7.7007996E+001	2.7353193E+002
772	7.7139242E+001	5.4251046E+001	772	7.7139244E+001	2.5872266E+002
773	7.7226737E+001	5.3079374E+001	773	7.7226738E+001	2.5180821E+002
774	7.7309361E+001	5.2515709E+001	774	7.7309364E+001	2.5397736E+002
775	7.7425990E+001	5.2028753E+001	775	7.7425987E+001	2.5455644E+002
776	7.7528842E+001	5.1612915E+001	776	7.7528839E+001	2.6212067E+002
777	7.7631695E+001	5.1523598E+001	777	7.7631699E+001	2.6479671E+002
778	7.7700263E+001	5.1702649E+001	778	7.7700264E+001	2.6437715E+002
779	7.7803116E+001	5.2086902E+001	779	7.7803116E+001	2.6532905E+002
780	7.7909397E+001	5.2613530E+001	780	7.7909393E+001	2.6745668E+002
781	7.8033849E+001	5.3082691E+001	781	7.8033852E+001	2.6850918E+002
782	7.8116816E+001	5.3266466E+001	782	7.8116814E+001	2.7362263E+002
783	7.8241268E+001	5.3082046E+001	783	7.8241264E+001	2.7615430E+002
784	7.8324236E+001	5.2887404E+001	784	7.8324234E+001	2.7373626E+002
785	7.8407204E+001	5.2775451E+001	785	7.8407204E+001	2.7015807E+002
786	7.8522765E+001	5.2387047E+001	786	7.8522766E+001	2.6330216E+002
787	7.8600547E+001	5.1753534E+001	787	7.8600548E+001	2.6460672E+002
788	7.8722775E+001	5.0914844E+001	788	7.8722778E+001	2.7420078E+002
789	7.8804260E+001	5.0065093E+001	789	7.8804260E+001	2.7681402E+002
790	7.8921997E+001	4.9556431E+001	790	7.8921997E+001	2.7250362E+002
791	7.9030751E+001	4.9398552E+001	791	7.9030754E+001	2.7280029E+002
792	7.9130040E+001	5.1180572E+001	792	7.9130043E+001	2.7799019E+002
793	7.9224596E+001	5.6498191E+001	793	7.9224594E+001	2.6360315E+002
794	7.9319153E+001	6.4381482E+001	794	7.9319153E+001	2.5075290E+002
795	7.9413709E+001	7.2004365E+001	795	7.9413712E+001	2.5093604E+002
796	7.9508265E+001	7.7311501E+001	796	7.9508263E+001	2.4946510E+002
797	7.9612277E+001	7.9865535E+001	797	7.9612274E+001	2.6136136E+002
798	7.9726690E+001	8.0319150E+001	798	7.9726692E+001	2.6977681E+002
799	7.9802966E+001	8.0268497E+001	799	7.9802963E+001	2.7233780E+002
800	7.9917379E+001	7.9672659E+001	800	7.9917381E+001	2.6308636E+002
801	8.0031792E+001	7.7958782E+001	801	8.0031792E+001	2.4941816E+002
802	8.0133491E+001	7.5847730E+001	802	8.0133492E+001	2.3739081E+002
803	8.0201290E+001	7.4292979E+001	803	8.0201286E+001	2.4071449E+002
804	8.0306378E+001	7.3101751E+001	804	8.0306381E+001	2.4592388E+002
805	8.0418247E+001	7.1886057E+001	805	8.0418243E+001	2.5597933E+002
806	8.0530115E+001	7.0407196E+001	806	8.0530113E+001	2.6417644E+002
807	8.0604694E+001	6.8766148E+001	807	8.0604691E+001	2.6990020E+002
808	8.0716563E+001	6.6284870E+001	808	8.0716560E+001	2.5830618E+002
809	8.0828431E+001	6.2341512E+001	809	8.0828430E+001	2.6184745E+002
810	8.0903010E+001	5.8530972E+001	810	8.0903008E+001	2.7315842E+002
811	8.1014879E+001	5.5038285E+001	811	8.1014877E+001	2.8828715E+002
812	8.1134205E+001	5.1987528E+001	812	8.1134209E+001	3.0940908E+002
813	8.1216242E+001	5.0857190E+001	813	8.1216240E+001	3.0959515E+002
814	8.1339297E+001	5.1404789E+001	814	8.1339294E+001	2.9088608E+002
815	8.1421334E+001	5.2613930E+001	815	8.1421333E+001	2.7195726E+002
816	8.1529868E+001	5.3267750E+001	816	8.1529869E+001	2.4701487E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
817	8.1602223E+001	5.3535947E+001	817	8.1602226E+001	2.3604386E+002
818	8.1710756E+001	5.3435143E+001	818	8.1710754E+001	2.2222288E+002
819	8.1819289E+001	5.3185759E+001	819	8.1819290E+001	2.2992583E+002
820	8.1927823E+001	5.3056643E+001	820	8.1927826E+001	2.3787600E+002
821	8.2003796E+001	5.3054268E+001	821	8.2003799E+001	2.8561746E+002
822	8.2123182E+001	5.2976490E+001	822	8.2123184E+001	2.6665124E+002
823	8.2202773E+001	5.2902600E+001	823	8.2202774E+001	2.6141525E+002
824	8.2312080E+001	5.2857734E+001	824	8.2312080E+001	2.9489999E+002
825	8.2416348E+001	5.2680481E+001	825	8.2416351E+001	2.9644530E+002
826	8.2520615E+001	5.2266586E+001	826	8.2520615E+001	2.8216013E+002
827	8.2624882E+001	5.1671232E+001	827	8.2624886E+001	2.5720006E+002
828	8.2729149E+001	5.1035357E+001	828	8.2729149E+001	2.6782202E+002
829	8.2833416E+001	5.0470706E+001	829	8.2833420E+001	2.7589077E+002
830	8.2902928E+001	5.0364736E+001	830	8.2902931E+001	2.8074260E+002
831	8.3007195E+001	5.0692459E+001	831	8.3007195E+001	2.6461990E+002
832	8.3111462E+001	5.2266349E+001	832	8.3111465E+001	2.3720719E+002
833	8.3215729E+001	5.5004563E+001	833	8.3215729E+001	2.4172977E+002
834	8.3319996E+001	5.7729397E+001	834	8.3320000E+001	2.4116855E+002
835	8.3424263E+001	5.9734148E+001	835	8.3424263E+001	2.5610113E+002
836	8.3528530E+001	6.0551852E+001	836	8.3528534E+001	2.5801902E+002
837	8.3632798E+001	6.0342607E+001	837	8.3632797E+001	2.6825595E+002
838	8.3705785E+001	5.9682517E+001	838	8.3705788E+001	2.8952112E+002
839	8.3815244E+001	5.8894310E+001	839	8.3815247E+001	2.9089392E+002
840	8.3914237E+001	5.7999963E+001	840	8.3914238E+001	2.7754919E+002
841	8.4013229E+001	5.7104616E+001	841	8.4013229E+001	2.5525304E+002
842	8.4112221E+001	5.6281619E+001	842	8.4112221E+001	2.5999123E+002
843	8.4221113E+001	5.5600558E+001	843	8.4221115E+001	2.6777057E+002
844	8.4337263E+001	5.5099479E+001	844	8.4337265E+001	2.6477278E+002
845	8.4417117E+001	5.4841079E+001	845	8.4417114E+001	2.5729164E+002
846	8.4522297E+001	5.4651512E+001	846	8.4522293E+001	2.5834490E+002
847	8.4627477E+001	5.4418417E+001	847	8.4627480E+001	2.6338887E+002
848	8.4732656E+001	5.4175748E+001	848	8.4732658E+001	2.8284495E+002
849	8.4806282E+001	5.3958497E+001	849	8.4806282E+001	3.0575983E+002
850	8.4921980E+001	5.3718216E+001	850	8.4921982E+001	3.0808637E+002
851	8.5037677E+001	5.3436529E+001	851	8.5037674E+001	2.9696813E+002
852	8.5106062E+001	5.3184786E+001	852	8.5106064E+001	2.8847745E+002
853	8.5208639E+001	5.2987350E+001	853	8.5208641E+001	2.7635781E+002
854	8.5311216E+001	5.2797583E+001	854	8.5311218E+001	2.6685654E+002
855	8.5413793E+001	5.2671425E+001	855	8.5413795E+001	2.5224789E+002
856	8.5519789E+001	5.2564917E+001	856	8.5519791E+001	2.3265071E+002
857	8.5632624E+001	5.2872583E+001	857	8.5632622E+001	2.2915082E+002
858	8.5707847E+001	5.3230522E+001	858	8.5707848E+001	2.4029296E+002
859	8.5820682E+001	5.3537977E+001	859	8.5820679E+001	2.6178259E+002
860	8.5933516E+001	5.3827131E+001	860	8.5933517E+001	2.6143243E+002
861	8.6016262E+001	5.3950205E+001	861	8.6016258E+001	2.5966595E+002
862	8.6121157E+001	5.3654017E+001	862	8.6121155E+001	2.5382269E+002
863	8.6226052E+001	5.2923487E+001	863	8.6226051E+001	2.5476683E+002
864	8.6330948E+001	5.1549121E+001	864	8.6330948E+001	2.7890713E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
865	8.6400878E+001	4.9811008E+001	865	8.6400879E+001	3.1222454E+002
866	8.6505773E+001	4.8011757E+001	866	8.6505775E+001	2.9924741E+002
867	8.6610668E+001	4.6529941E+001	867	8.6610664E+001	2.6387942E+002
868	8.6715563E+001	4.5933363E+001	868	8.6715561E+001	2.6037422E+002
869	8.6820459E+001	4.6228031E+001	869	8.6820457E+001	2.6382662E+002
870	8.6932347E+001	4.7091150E+001	870	8.6932350E+001	2.7106557E+002
871	8.7009270E+001	4.7338822E+001	871	8.7009270E+001	2.6063259E+002
872	8.7124655E+001	4.6819803E+001	872	8.7124657E+001	2.5231892E+002
873	8.7226074E+001	4.5831001E+001	873	8.7226074E+001	2.4932473E+002
874	8.7327494E+001	4.4665041E+001	874	8.7327492E+001	2.5348807E+002
875	8.7428913E+001	4.3906002E+001	875	8.7428917E+001	2.5491750E+002
876	8.7507006E+001	4.3785135E+001	876	8.7507004E+001	2.7394974E+002
877	8.7629724E+001	4.4466605E+001	877	8.7629723E+001	2.9681398E+002
878	8.7735027E+001	4.5132826E+001	878	8.7735023E+001	3.2234107E+002
879	8.7805229E+001	4.5566503E+001	879	8.7805229E+001	2.8446417E+002
880	8.7910532E+001	4.6067963E+001	880	8.7910530E+001	2.6965326E+002
881	8.8008454E+001	4.6763979E+001	881	8.8008453E+001	2.7128014E+002
882	8.8102686E+001	4.7352313E+001	882	8.8102684E+001	2.5295326E+002
883	8.8206340E+001	4.7469390E+001	883	8.8206337E+001	2.4775213E+002
884	8.8309995E+001	4.7384482E+001	884	8.8309998E+001	2.5367962E+002
885	8.8424015E+001	4.7257052E+001	885	8.8424011E+001	2.4910130E+002
886	8.8500028E+001	4.7142283E+001	886	8.8500031E+001	2.4772160E+002
887	8.8614048E+001	4.7074371E+001	887	8.8614044E+001	2.4808962E+002
888	8.8728068E+001	4.7088570E+001	888	8.8728065E+001	2.4610728E+002
889	8.8804081E+001	4.7128023E+001	889	8.8804077E+001	2.4009081E+002
890	8.8918101E+001	4.6967676E+001	890	8.8918098E+001	2.4325220E+002
891	8.9032121E+001	4.6724788E+001	891	8.9032120E+001	2.4221943E+002
892	8.9108134E+001	4.6609615E+001	892	8.9108131E+001	2.4030117E+002
893	8.9222154E+001	4.6476504E+001	893	8.9222153E+001	2.6514335E+002
894	8.9336174E+001	4.6320660E+001	894	8.9336174E+001	2.7507437E+002
895	8.9412187E+001	4.6468495E+001	895	8.9412186E+001	2.8509606E+002
896	8.9526207E+001	4.7330531E+001	896	8.9526207E+001	2.8239359E+002
897	8.9602220E+001	4.8358984E+001	897	8.9602219E+001	2.5621849E+002
898	8.9716240E+001	4.9069461E+001	898	8.9716240E+001	2.4211069E+002
899	8.9830260E+001	4.9537629E+001	899	8.9830261E+001	2.4072295E+002
900	8.9906274E+001	4.9787381E+001	900	8.9906273E+001	2.6722865E+002
901	9.0024094E+001	5.0002017E+001	901	9.0024094E+001	2.5959496E+002
902	9.0107709E+001	5.0199875E+001	902	9.0107712E+001	2.6182586E+002
903	9.0233131E+001	5.0379966E+001	903	9.0233131E+001	2.4647686E+002
904	9.0316745E+001	5.0559489E+001	904	9.0316742E+001	2.3857675E+002
905	9.0400360E+001	5.0700699E+001	905	9.0400360E+001	2.4125442E+002
906	9.0525782E+001	5.0831020E+001	906	9.0525780E+001	2.4114202E+002
907	9.0609396E+001	5.0900532E+001	907	9.0609398E+001	2.3361515E+002
908	9.0734818E+001	5.0934644E+001	908	9.0734818E+001	2.3166067E+002
909	9.0818433E+001	5.0963215E+001	909	9.0818436E+001	2.4106341E+002
910	9.0902048E+001	5.0943014E+001	910	9.0902046E+001	2.4279442E+002
911	9.1027469E+001	5.0844615E+001	911	9.1027466E+001	2.4784582E+002
912	9.1100869E+001	5.0738731E+001	912	9.1100868E+001	2.5537129E+002

EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
913	9.1210968E+001	5.0618989E+001	913	9.1210968E+001	2.6683927E+002
914	9.1328408E+001	5.0419700E+001	914	9.1328407E+001	2.6489363E+002
915	9.1409147E+001	5.0218984E+001	915	9.1409149E+001	2.4157148E+002
916	9.1530257E+001	4.9967233E+001	916	9.1530258E+001	2.4419604E+002
917	9.1610996E+001	4.9658460E+001	917	9.1611000E+001	2.5195092E+002
918	9.1732106E+001	4.9490525E+001	918	9.1732109E+001	2.5106240E+002
919	9.1812845E+001	4.9611636E+001	919	9.1812843E+001	2.4702307E+002
920	9.1933955E+001	5.2640226E+001	920	9.1933952E+001	2.4306778E+002
921	9.2014694E+001	5.9707357E+001	921	9.2014694E+001	2.3526133E+002
922	9.2135803E+001	6.7126474E+001	922	9.2135803E+001	2.3957232E+002
923	9.2216543E+001	7.1193023E+001	923	9.2216545E+001	2.4347427E+002
924	9.2337652E+001	7.1490647E+001	924	9.2337654E+001	2.5537280E+002
925	9.2418392E+001	7.0067985E+001	925	9.2418388E+001	2.4714495E+002
926	9.2539501E+001	6.8585953E+001	926	9.2539505E+001	2.1550824E+002
927	9.2620241E+001	6.6914711E+001	927	9.2620239E+001	2.2583557E+002
928	9.2700980E+001	6.5214369E+001	928	9.2700981E+001	2.3508218E+002
929	9.2822090E+001	6.2144966E+001	929	9.2822090E+001	2.4601546E+002
930	9.2902829E+001	5.8255896E+001	930	9.2902832E+001	2.2765771E+002
931	9.3004444E+001	5.4946837E+001	931	9.3004440E+001	2.3813111E+002
932	9.3106058E+001	5.2235695E+001	932	9.3106056E+001	2.3835427E+002
933	9.3214447E+001	5.0737490E+001	933	9.3214447E+001	2.5669025E+002
934	9.3326223E+001	5.0453479E+001	934	9.3326225E+001	2.6957981E+002
935	9.3408192E+001	5.0874963E+001	935	9.3408195E+001	2.6184329E+002
936	9.3531145E+001	5.1508128E+001	936	9.3531143E+001	2.5282751E+002
937	9.3613114E+001	5.2173327E+001	937	9.3613113E+001	2.4649731E+002
938	9.3736068E+001	5.2651876E+001	938	9.3736069E+001	2.4874091E+002
939	9.3818037E+001	5.2895624E+001	939	9.3818039E+001	2.5383332E+002
940	9.3900006E+001	5.2986458E+001	940	9.3900009E+001	2.5944641E+002
941	9.4022959E+001	5.3209500E+001	941	9.4022957E+001	2.4848744E+002
942	9.4104928E+001	5.3974757E+001	942	9.4104927E+001	2.3747796E+002
943	9.4227881E+001	5.6714624E+001	943	9.4227882E+001	2.3475444E+002
944	9.4309850E+001	6.0408440E+001	944	9.4309853E+001	2.3847188E+002
945	9.4432804E+001	6.3121827E+001	945	9.4432800E+001	2.3477073E+002
946	9.4514773E+001	6.3775150E+001	946	9.4514771E+001	2.4807629E+002
947	9.4637726E+001	6.3830189E+001	947	9.4637726E+001	2.5754987E+002
948	9.4715445E+001	6.3694676E+001	948	9.4715446E+001	2.5298055E+002
949	9.4825650E+001	6.2914248E+001	949	9.4825653E+001	2.4042526E+002
950	9.4935854E+001	6.1250448E+001	950	9.4935852E+001	2.3840691E+002
951	9.5009323E+001	5.9203723E+001	951	9.5009323E+001	2.4404231E+002
952	9.5119527E+001	5.6891064E+001	952	9.5119530E+001	2.5252467E+002
953	9.5237078E+001	5.4695324E+001	953	9.5237076E+001	2.5884466E+002
954	9.5317895E+001	5.3622707E+001	954	9.5317894E+001	2.5200403E+002
955	9.5406793E+001	5.3419985E+001	955	9.5406792E+001	2.3744381E+002
956	9.5540140E+001	5.3701323E+001	956	9.5540138E+001	2.3928061E+002
957	9.5629038E+001	5.4157767E+001	957	9.5629036E+001	2.2732346E+002
958	9.5717936E+001	5.4393142E+001	958	9.5717934E+001	2.3612680E+002
959	9.5806834E+001	5.4434744E+001	959	9.5806831E+001	2.4200261E+002
960	9.5904622E+001	5.4469024E+001	960	9.5904625E+001	2.5798836E+002

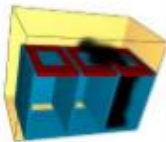
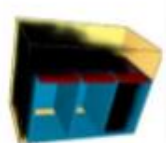
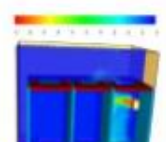
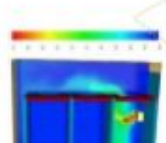
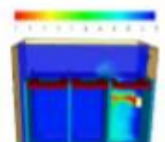
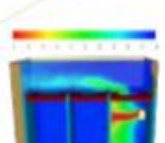
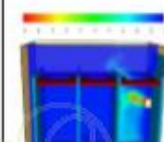
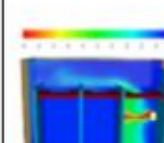
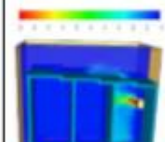
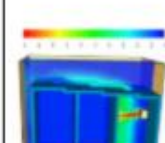
EK-1.(devamı) FDS'den Elde Edilen Veri Seti

Çizelge 1.1. (devamı) A modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

s	C	s	kW		
Time	Device	Time	HRR		
961	9.6002410E+001	5.4579923E+001	961	9.6002411E+001	2.5037608E+002
962	9.6133594E+001	5.4826207E+001	962	9.6133591E+001	2.5362472E+002
963	9.6215884E+001	5.5039238E+001	963	9.6215881E+001	2.4808384E+002
964	9.6339320E+001	5.5153841E+001	964	9.6339317E+001	2.4147662E+002
965	9.6421610E+001	5.5182545E+001	965	9.6421608E+001	2.4229669E+002
966	9.6503901E+001	5.5163148E+001	966	9.6503899E+001	2.4438784E+002
967	9.6627336E+001	5.5114660E+001	967	9.6627335E+001	2.4432166E+002
968	9.6709627E+001	5.5018992E+001	968	9.6709625E+001	2.4173263E+002
969	9.6833062E+001	5.4898091E+001	969	9.6833061E+001	2.6226855E+002
970	9.6915353E+001	5.4785336E+001	970	9.6915352E+001	2.6876124E+002
971	9.7038788E+001	5.4679530E+001	971	9.7038788E+001	2.6365828E+002
972	9.7121079E+001	5.4537560E+001	972	9.7121078E+001	2.5641474E+002
973	9.7203369E+001	5.4409119E+001	973	9.7203369E+001	2.4894740E+002
974	9.7326805E+001	5.4696997E+001	974	9.7326805E+001	2.3595088E+002
975	9.7409095E+001	5.5520008E+001	975	9.7409096E+001	2.2037601E+002
976	9.7532531E+001	5.6416113E+001	976	9.7532532E+001	2.0918717E+002
977	9.7614821E+001	5.6952229E+001	977	9.7614822E+001	2.1853045E+002
978	9.7742371E+001	5.6978185E+001	978	9.7742371E+001	1.9752690E+002
979	9.7832891E+001	5.6684114E+001	979	9.7832893E+001	2.4598271E+002
980	9.7923410E+001	5.6404109E+001	980	9.7923409E+001	2.4376871E+002
981	9.8013930E+001	5.6195013E+001	981	9.8013931E+001	2.5212646E+002
982	9.8104449E+001	5.6085138E+001	982	9.8104446E+001	2.5155817E+002
983	9.8240228E+001	5.6019600E+001	983	9.8240227E+001	2.5316772E+002
984	9.8330748E+001	5.5983994E+001	984	9.8330750E+001	2.4922037E+002
985	9.8421267E+001	5.5929149E+001	985	9.8421265E+001	2.7186231E+002
986	9.8511787E+001	5.5870998E+001	986	9.8511787E+001	2.7016593E+002
987	9.8602306E+001	5.5822189E+001	987	9.8602303E+001	2.5989213E+002
988	9.8738085E+001	5.5792257E+001	988	9.8738083E+001	2.4848603E+002
989	9.8828605E+001	5.5789649E+001	989	9.8828606E+001	2.4152815E+002
990	9.8919124E+001	5.5786441E+001	990	9.8919121E+001	2.3590731E+002
991	9.9009644E+001	5.5780618E+001	991	9.9009644E+001	2.2358936E+002
992	9.9100163E+001	5.5777525E+001	992	9.9100166E+001	2.1244075E+002
993	9.9235942E+001	5.5774798E+001	993	9.9235939E+001	2.0533163E+002
994	9.9326462E+001	5.5756571E+001	994	9.9326462E+001	2.1248063E+002
995	9.9416981E+001	5.5727737E+001	995	9.9416985E+001	2.1856073E+002
996	9.9507501E+001	5.5701785E+001	996	9.9507500E+001	2.3446381E+002
997	9.9643280E+001	5.5686080E+001	997	9.9643280E+001	2.6171658E+002
998	9.9722216E+001	5.5667381E+001	998	9.9722214E+001	2.7199961E+002
999	9.9801153E+001	5.5649831E+001	999	9.9801155E+001	2.5330270E+002
1000	9.9919558E+001	5.5617931E+001	1000	9.9919556E+001	2.4092128E+002
1001	1.0000000E+002	5.5602109E+001	1001	1.0000000E+002	2.5430112E+002

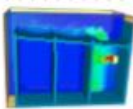
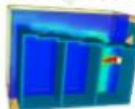
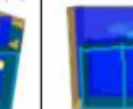
EK-2. Senaryoların karşılaştırılmasına yönelik özet tablo

Çizelge 2.1. Senaryolara ait görsel ve sayısal bulguları karşılaştırma tablosu

SENARYO	DUMAN ÇIKMA BOYUTU		SICAKLIK DEĞİŞİMİ		EN YÜKSEK SICAKLIK / ZAMAN		EN YÜKSEK HRR/ZAMAN	
	10. Saniye	25. Saniye	10. Saniye	25. Saniye	Zaman	Sıcaklık	Zaman	HRR
A 90° Çıkmasız					65. sn	115°C	86. sn	340 kW
A1 90° 20 cm. Çıkmalı					100. sn	105°C	80. sn	300 kW
A2 90° 30 cm. Çıkmalı					60. sn	85°C	95. sn	300 kW
B 85° Çıkmasız					90. sn	120°C	88. sn	320 kW

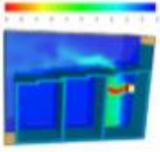
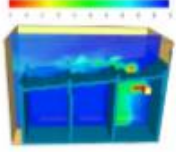
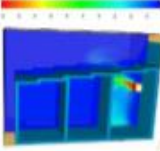
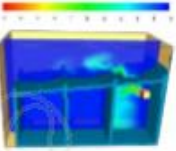
EK-2. (devamı) Senaryoların karşılaştırılmasına yönelik özet tablo

Çizelge 2.1. (devamı) Senaryolara ait görsel ve sayısal bulguları karşılaştırma tablosu

B1 85° 20 cm. Çıkmalı		100. sn. 95 ⁰ C 89. sn 370 kW
B2 80° Çıkmaz		90. sn. 125 ⁰ C 82. sn 350 kW
B3 80° 30 cm. Çıkmalı		85. sn. 85 ⁰ C 90. sn 360 kW
C 95° Çıkmaz		60. sn. 95 ⁰ C 90. sn 310 kW
C1 95° 20 cm. Çıkmalı		75. sn. 85 ⁰ C 78. sn 350 kW

EK-2. (devamı) Senaryoların karşılaştırılmasına yönelik özet tablo

Çizelge 2.1. (devamı) Senaryolara ait görsel ve sayısal bulguları karşılaştırma tablosu

300 kW	350 kW
77. sn	65. sn
80°C	70°C
55. sn.	55. sn.
	
	
	
	
C2 100° Çıkmasız	C3 100° 30 cm. Çıkmalı

EK-3. FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

	s	C	s	kW		s	C	s	kW
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
1	0,00E+00	2,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	47	4,61E+00	2,07E+01	4,61E+00	2,39E+02
2	1,47E-01	2,00E+01	1,47E-01	3,67E+00	48	4,72E+00	2,07E+01	4,72E+00	2,36E+02
3	2,45E-01	2,00E+01	2,45E-01	1,59E+01	49	4,82E+00	2,08E+01	4,82E+00	2,46E+02
4	3,42E-01	2,00E+01	3,42E-01	3,56E+01	50	4,92E+00	2,08E+01	4,92E+00	2,62E+02
5	4,40E-01	2,00E+01	4,40E-01	6,17E+01	51	5,03E+00	2,08E+01	5,03E+00	2,58E+02
6	5,38E-01	2,00E+01	5,38E-01	8,24E+01	52	5,13E+00	2,08E+01	5,13E+00	2,51E+02
7	6,36E-01	2,00E+01	6,36E-01	9,44E+01	53	5,23E+00	2,08E+01	5,23E+00	2,41E+02
8	7,34E-01	2,00E+01	7,34E-01	1,12E+02	54	5,30E+00	2,08E+01	5,30E+00	2,46E+02
9	8,32E-01	2,00E+01	8,32E-01	1,18E+02	55	5,40E+00	2,09E+01	5,40E+00	2,55E+02
10	9,30E-01	2,00E+01	9,30E-01	1,42E+02	56	5,53E+00	2,09E+01	5,53E+00	2,58E+02
11	1,03E+00	2,01E+01	1,03E+00	1,71E+02	57	5,62E+00	2,09E+01	5,62E+00	2,54E+02
12	1,11E+00	2,01E+01	1,11E+00	1,83E+02	58	5,73E+00	2,09E+01	5,73E+00	2,53E+02
13	1,21E+00	2,01E+01	1,21E+00	2,15E+02	59	5,81E+00	2,09E+01	5,81E+00	2,53E+02
14	1,32E+00	2,01E+01	1,32E+00	2,30E+02	60	5,93E+00	2,10E+01	5,93E+00	2,50E+02
15	1,42E+00	2,01E+01	1,42E+00	1,91E+02	61	6,02E+00	2,10E+01	6,02E+00	2,47E+02
16	1,51E+00	2,01E+01	1,51E+00	1,78E+02	62	6,11E+00	2,10E+01	6,11E+00	2,43E+02
17	1,61E+00	2,01E+01	1,61E+00	1,97E+02	63	6,23E+00	2,10E+01	6,23E+00	2,46E+02
18	1,71E+00	2,02E+01	1,71E+00	2,21E+02	64	6,32E+00	2,10E+01	6,32E+00	2,47E+02
19	1,80E+00	2,02E+01	1,80E+00	2,32E+02	65	6,42E+00	2,10E+01	6,42E+00	2,42E+02
20	1,92E+00	2,02E+01	1,92E+00	2,52E+02	66	6,52E+00	2,11E+01	6,52E+00	2,42E+02
21	2,00E+00	2,02E+01	2,00E+00	2,69E+02	67	6,62E+00	2,11E+01	6,62E+00	2,46E+02
22	2,12E+00	2,02E+01	2,12E+00	2,62E+02	68	6,72E+00	2,11E+01	6,72E+00	2,53E+02
23	2,21E+00	2,03E+01	2,21E+00	2,46E+02	69	6,82E+00	2,11E+01	6,82E+00	2,58E+02
24	2,31E+00	2,03E+01	2,31E+00	2,41E+02	70	6,92E+00	2,11E+01	6,92E+00	2,55E+02
25	2,41E+00	2,03E+01	2,41E+00	2,43E+02	71	7,02E+00	2,11E+01	7,02E+00	2,51E+02
26	2,52E+00	2,03E+01	2,52E+00	2,54E+02	72	7,12E+00	2,12E+01	7,12E+00	2,54E+02
27	2,62E+00	2,03E+01	2,62E+00	2,61E+02	73	7,22E+00	2,12E+01	7,22E+00	2,58E+02
28	2,70E+00	2,03E+01	2,70E+00	2,59E+02	74	7,32E+00	2,12E+01	7,32E+00	2,44E+02
29	2,82E+00	2,04E+01	2,82E+00	2,60E+02	75	7,42E+00	2,12E+01	7,42E+00	2,58E+02
30	2,90E+00	2,04E+01	2,90E+00	2,63E+02	76	7,50E+00	2,12E+01	7,50E+00	2,53E+02
31	3,01E+00	2,04E+01	3,01E+00	2,65E+02	77	7,61E+00	2,12E+01	7,61E+00	2,44E+02
32	3,13E+00	2,04E+01	3,13E+00	2,61E+02	78	7,72E+00	2,13E+01	7,72E+00	2,52E+02
33	3,21E+00	2,05E+01	3,21E+00	2,55E+02	79	7,81E+00	2,13E+01	7,81E+00	2,52E+02
34	3,33E+00	2,05E+01	3,33E+00	2,51E+02	80	7,90E+00	2,13E+01	7,90E+00	2,42E+02
35	3,41E+00	2,05E+01	3,41E+00	2,52E+02	81	8,00E+00	2,13E+01	8,00E+00	2,52E+02
36	3,53E+00	2,05E+01	3,53E+00	2,52E+02	82	8,10E+00	2,13E+01	8,10E+00	2,46E+02
37	3,61E+00	2,05E+01	3,61E+00	2,52E+02	83	8,20E+00	2,14E+01	8,20E+00	2,33E+02
38	3,72E+00	2,05E+01	3,72E+00	2,54E+02	84	8,30E+00	2,14E+01	8,30E+00	2,40E+02
39	3,81E+00	2,06E+01	3,81E+00	2,52E+02	85	8,40E+00	2,14E+01	8,40E+00	2,53E+02
40	3,92E+00	2,06E+01	3,92E+00	2,49E+02	86	8,50E+00	2,14E+01	8,50E+00	2,48E+02
41	4,01E+00	2,06E+01	4,01E+00	2,49E+02	87	8,60E+00	2,14E+01	8,60E+00	2,24E+02
42	4,12E+00	2,06E+01	4,12E+00	2,56E+02	88	8,70E+00	2,14E+01	8,70E+00	2,38E+02
43	4,21E+00	2,06E+01	4,21E+00	2,53E+02	89	8,83E+00	2,15E+01	8,83E+00	2,32E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

44	4,32E+00	2,07E+01	4,32E+00	2,50E+02	90	8,92E+00	2,15E+01	8,92E+00	2,25E+02
45	4,40E+00	2,07E+01	4,40E+00	2,52E+02	91	9,02E+00	2,15E+01	9,02E+00	2,40E+02
46	4,52E+00	2,07E+01	4,52E+00	2,49E+02	92	9,12E+00	2,15E+01	9,12E+00	2,64E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
93	9,21E+00	2,15E+01	9,21E+00	2,72E+02	143	1,42E+01	4,18E+01	1,42E+01	2,22E+02
94	9,31E+00	2,15E+01	9,31E+00	2,76E+02	144	1,43E+01	4,03E+01	1,43E+01	2,26E+02
95	9,41E+00	2,17E+01	9,41E+00	2,74E+02	145	1,44E+01	3,62E+01	1,44E+01	2,36E+02
96	9,51E+00	2,21E+01	9,51E+00	2,84E+02	146	1,45E+01	3,34E+01	1,45E+01	2,41E+02
97	9,63E+00	2,26E+01	9,63E+00	2,75E+02	147	1,46E+01	3,31E+01	1,46E+01	2,46E+02
98	9,71E+00	2,29E+01	9,71E+00	2,47E+02	148	1,47E+01	3,41E+01	1,47E+01	2,44E+02
99	9,83E+00	2,31E+01	9,83E+00	2,27E+02	149	1,48E+01	3,43E+01	1,48E+01	2,83E+02
100	9,90E+00	2,31E+01	9,90E+00	2,31E+02	150	1,49E+01	3,26E+01	1,49E+01	2,81E+02
101	1,00E+01	2,32E+01	1,00E+01	2,35E+02	151	1,50E+01	3,17E+01	1,50E+01	2,81E+02
102	1,01E+01	2,32E+01	1,01E+01	2,41E+02	152	1,51E+01	3,27E+01	1,51E+01	2,61E+02
103	1,02E+01	2,32E+01	1,02E+01	2,31E+02	153	1,52E+01	3,41E+01	1,52E+01	2,37E+02
104	1,03E+01	2,32E+01	1,03E+01	2,37E+02	154	1,53E+01	3,28E+01	1,53E+01	2,62E+02
105	1,04E+01	2,32E+01	1,04E+01	2,72E+02	155	1,54E+01	3,03E+01	1,54E+01	2,32E+02
106	1,05E+01	2,31E+01	1,05E+01	2,91E+02	156	1,55E+01	3,04E+01	1,55E+01	1,93E+02
107	1,06E+01	2,30E+01	1,06E+01	2,46E+02	157	1,56E+01	4,28E+01	1,56E+01	2,14E+02
108	1,07E+01	2,29E+01	1,07E+01	2,30E+02	158	1,57E+01	5,16E+01	1,57E+01	2,17E+02
109	1,08E+01	2,29E+01	1,08E+01	2,23E+02	159	1,58E+01	5,21E+01	1,58E+01	2,66E+02
110	1,09E+01	2,29E+01	1,09E+01	2,53E+02	160	1,59E+01	4,93E+01	1,59E+01	2,92E+02
111	1,10E+01	2,29E+01	1,10E+01	2,85E+02	161	1,60E+01	4,66E+01	1,60E+01	3,03E+02
112	1,11E+01	2,29E+01	1,11E+01	2,88E+02	162	1,61E+01	4,70E+01	1,61E+01	2,77E+02
113	1,12E+01	2,30E+01	1,12E+01	2,37E+02	163	1,62E+01	5,34E+01	1,62E+01	2,56E+02
114	1,13E+01	2,31E+01	1,13E+01	2,26E+02	164	1,63E+01	5,58E+01	1,63E+01	2,26E+02
115	1,14E+01	2,32E+01	1,14E+01	2,37E+02	165	1,64E+01	5,42E+01	1,64E+01	2,31E+02
116	1,15E+01	2,34E+01	1,15E+01	2,38E+02	166	1,65E+01	5,08E+01	1,65E+01	2,46E+02
117	1,16E+01	2,37E+01	1,16E+01	2,37E+02	167	1,66E+01	4,80E+01	1,66E+01	2,64E+02
118	1,17E+01	2,41E+01	1,17E+01	2,32E+02	168	1,67E+01	4,40E+01	1,67E+01	2,73E+02
119	1,18E+01	2,47E+01	1,18E+01	2,30E+02	169	1,68E+01	3,96E+01	1,68E+01	2,61E+02
120	1,19E+01	2,56E+01	1,19E+01	2,45E+02	170	1,69E+01	3,78E+01	1,69E+01	2,45E+02
121	1,20E+01	2,66E+01	1,20E+01	2,46E+02	171	1,70E+01	3,65E+01	1,70E+01	2,36E+02
122	1,21E+01	2,74E+01	1,21E+01	2,65E+02	172	1,71E+01	3,46E+01	1,71E+01	2,45E+02
123	1,22E+01	2,75E+01	1,22E+01	2,98E+02	173	1,72E+01	3,36E+01	1,72E+01	2,55E+02
124	1,23E+01	2,69E+01	1,23E+01	2,50E+02	174	1,73E+01	3,40E+01	1,73E+01	2,73E+02
125	1,24E+01	2,64E+01	1,24E+01	2,40E+02	175	1,74E+01	3,49E+01	1,74E+01	2,37E+02
126	1,25E+01	2,67E+01	1,25E+01	2,53E+02	176	1,75E+01	3,61E+01	1,75E+01	2,25E+02
127	1,26E+01	2,77E+01	1,26E+01	2,47E+02	177	1,76E+01	3,89E+01	1,76E+01	2,26E+02
128	1,27E+01	3,11E+01	1,27E+01	2,49E+02	178	1,77E+01	4,35E+01	1,77E+01	2,39E+02
129	1,28E+01	3,57E+01	1,28E+01	2,54E+02	179	1,78E+01	4,72E+01	1,78E+01	2,66E+02
130	1,29E+01	3,87E+01	1,29E+01	2,52E+02	180	1,79E+01	4,91E+01	1,79E+01	2,68E+02
131	1,30E+01	3,89E+01	1,30E+01	2,22E+02	181	1,80E+01	5,02E+01	1,80E+01	2,78E+02
132	1,31E+01	3,80E+01	1,31E+01	2,28E+02	182	1,81E+01	5,12E+01	1,81E+01	2,68E+02
133	1,32E+01	3,57E+01	1,32E+01	2,43E+02	183	1,82E+01	5,20E+01	1,82E+01	2,52E+02
134	1,33E+01	3,32E+01	1,33E+01	2,36E+02	184	1,83E+01	5,25E+01	1,83E+01	2,45E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

135	1,34E+01	3,22E+01	1,34E+01	2,26E+02	185	1,84E+01	5,20E+01	1,84E+01	2,41E+02
136	1,35E+01	3,17E+01	1,35E+01	2,36E+02	186	1,85E+01	5,00E+01	1,85E+01	2,39E+02
137	1,36E+01	3,17E+01	1,36E+01	2,54E+02	187	1,86E+01	4,68E+01	1,86E+01	2,33E+02
138	1,37E+01	3,29E+01	1,37E+01	2,82E+02	188	1,87E+01	4,47E+01	1,87E+01	2,34E+02
139	1,38E+01	3,46E+01	1,38E+01	3,13E+02	189	1,88E+01	4,44E+01	1,88E+01	2,40E+02
140	1,39E+01	3,59E+01	1,39E+01	3,02E+02	190	1,89E+01	4,41E+01	1,89E+01	2,45E+02
141	1,40E+01	3,66E+01	1,40E+01	2,63E+02	191	1,90E+01	4,43E+01	1,90E+01	2,52E+02
142	1,41E+01	3,94E+01	1,41E+01	2,33E+02	192	1,91E+01	4,34E+01	1,91E+01	2,53E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
193	1,92E+01	4,02E+01	1,92E+01	2,48E+02	243	2,42E+01	5,59E+01	2,42E+01	2,60E+02
194	1,93E+01	3,95E+01	1,93E+01	2,48E+02	244	2,43E+01	5,73E+01	2,43E+01	2,35E+02
195	1,94E+01	4,13E+01	1,94E+01	2,45E+02	245	2,44E+01	5,20E+01	2,44E+01	2,27E+02
196	1,95E+01	4,17E+01	1,95E+01	2,37E+02	246	2,45E+01	4,78E+01	2,45E+01	2,28E+02
197	1,96E+01	4,09E+01	1,96E+01	2,37E+02	247	2,46E+01	4,40E+01	2,46E+01	2,31E+02
198	1,97E+01	4,29E+01	1,97E+01	2,40E+02	248	2,47E+01	3,92E+01	2,47E+01	2,39E+02
199	1,98E+01	4,43E+01	1,98E+01	2,47E+02	249	2,48E+01	3,95E+01	2,48E+01	2,49E+02
200	1,99E+01	4,27E+01	1,99E+01	2,57E+02	250	2,49E+01	4,75E+01	2,49E+01	2,51E+02
201	2,00E+01	4,04E+01	2,00E+01	2,69E+02	251	2,50E+01	5,76E+01	2,50E+01	2,90E+02
202	2,01E+01	3,96E+01	2,01E+01	2,47E+02	252	2,51E+01	5,76E+01	2,51E+01	2,93E+02
203	2,02E+01	3,95E+01	2,02E+01	2,30E+02	253	2,52E+01	5,46E+01	2,52E+01	2,80E+02
204	2,03E+01	3,92E+01	2,03E+01	2,77E+02	254	2,53E+01	5,29E+01	2,53E+01	2,58E+02
205	2,04E+01	3,88E+01	2,04E+01	3,01E+02	255	2,54E+01	5,18E+01	2,54E+01	2,45E+02
206	2,05E+01	3,84E+01	2,05E+01	2,79E+02	256	2,55E+01	5,43E+01	2,55E+01	2,40E+02
207	2,06E+01	3,86E+01	2,06E+01	2,49E+02	257	2,56E+01	5,74E+01	2,56E+01	2,41E+02
208	2,07E+01	4,12E+01	2,07E+01	2,27E+02	258	2,57E+01	5,71E+01	2,57E+01	2,36E+02
209	2,08E+01	4,55E+01	2,08E+01	2,40E+02	259	2,58E+01	5,55E+01	2,58E+01	2,34E+02
210	2,09E+01	4,66E+01	2,09E+01	2,42E+02	260	2,59E+01	5,48E+01	2,59E+01	2,42E+02
211	2,10E+01	4,60E+01	2,10E+01	2,39E+02	261	2,60E+01	5,55E+01	2,60E+01	2,62E+02
212	2,11E+01	4,55E+01	2,11E+01	2,42E+02	262	2,61E+01	5,73E+01	2,61E+01	2,62E+02
213	2,12E+01	5,42E+01	2,12E+01	2,51E+02	263	2,62E+01	5,83E+01	2,62E+01	2,39E+02
214	2,13E+01	6,24E+01	2,13E+01	2,76E+02	264	2,63E+01	5,79E+01	2,63E+01	2,35E+02
215	2,14E+01	6,24E+01	2,14E+01	2,68E+02	265	2,64E+01	5,62E+01	2,64E+01	2,26E+02
216	2,15E+01	5,68E+01	2,15E+01	2,47E+02	266	2,65E+01	5,39E+01	2,65E+01	2,34E+02
217	2,16E+01	5,27E+01	2,16E+01	2,42E+02	267	2,66E+01	5,20E+01	2,66E+01	2,48E+02
218	2,17E+01	5,11E+01	2,17E+01	2,55E+02	268	2,67E+01	5,11E+01	2,67E+01	2,74E+02
219	2,18E+01	4,93E+01	2,18E+01	2,61E+02	269	2,68E+01	5,10E+01	2,68E+01	2,51E+02
220	2,19E+01	5,26E+01	2,19E+01	2,55E+02	270	2,69E+01	5,10E+01	2,69E+01	2,56E+02
221	2,20E+01	6,02E+01	2,20E+01	2,69E+02	271	2,70E+01	5,12E+01	2,70E+01	2,71E+02
222	2,21E+01	6,00E+01	2,21E+01	2,62E+02	272	2,71E+01	5,16E+01	2,71E+01	2,80E+02
223	2,22E+01	5,74E+01	2,22E+01	2,48E+02	273	2,72E+01	5,16E+01	2,72E+01	2,78E+02
224	2,23E+01	5,61E+01	2,23E+01	2,26E+02	274	2,73E+01	5,07E+01	2,73E+01	2,76E+02
225	2,24E+01	4,73E+01	2,24E+01	2,22E+02	275	2,74E+01	4,84E+01	2,74E+01	2,63E+02
226	2,25E+01	3,81E+01	2,25E+01	2,25E+02	276	2,75E+01	4,52E+01	2,75E+01	2,47E+02
227	2,26E+01	3,47E+01	2,26E+01	2,10E+02	277	2,76E+01	4,25E+01	2,76E+01	2,19E+02
228	2,27E+01	3,32E+01	2,27E+01	1,94E+02	278	2,77E+01	4,10E+01	2,77E+01	2,02E+02
229	2,28E+01	3,27E+01	2,28E+01	2,27E+02	279	2,78E+01	3,98E+01	2,78E+01	2,14E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

230	2,29E+01	3,93E+01	2,29E+01	2,70E+02	280	2,79E+01	4,01E+01	2,79E+01	2,20E+02
231	2,30E+01	5,38E+01	2,30E+01	2,95E+02	281	2,80E+01	4,18E+01	2,80E+01	2,30E+02
232	2,31E+01	6,22E+01	2,31E+01	2,93E+02	282	2,81E+01	4,66E+01	2,81E+01	2,68E+02
233	2,32E+01	6,08E+01	2,32E+01	2,45E+02	283	2,82E+01	5,10E+01	2,82E+01	2,86E+02
234	2,33E+01	5,68E+01	2,33E+01	2,06E+02	284	2,83E+01	5,30E+01	2,83E+01	2,55E+02
235	2,34E+01	5,70E+01	2,34E+01	2,09E+02	285	2,84E+01	5,58E+01	2,84E+01	2,45E+02
236	2,35E+01	5,64E+01	2,35E+01	2,27E+02	286	2,85E+01	6,08E+01	2,85E+01	2,52E+02
237	2,36E+01	5,36E+01	2,36E+01	2,55E+02	287	2,86E+01	6,58E+01	2,86E+01	2,45E+02
238	2,37E+01	5,05E+01	2,37E+01	2,80E+02	288	2,87E+01	6,79E+01	2,87E+01	2,34E+02
239	2,38E+01	5,42E+01	2,38E+01	2,90E+02	289	2,88E+01	6,61E+01	2,88E+01	2,37E+02
240	2,39E+01	5,79E+01	2,39E+01	2,79E+02	290	2,89E+01	5,86E+01	2,89E+01	2,32E+02
241	2,40E+01	5,62E+01	2,40E+01	2,59E+02	291	2,90E+01	5,40E+01	2,90E+01	2,59E+02
242	2,41E+01	5,41E+01	2,41E+01	2,69E+02	292	2,91E+01	5,32E+01	2,91E+01	2,70E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
293	2,92E+01	5,24E+01	2,92E+01	2,89E+02	343	3,42E+01	3,98E+01	3,42E+01	2,53E+02
294	2,93E+01	5,05E+01	2,93E+01	2,79E+02	344	3,43E+01	3,90E+01	3,43E+01	2,39E+02
295	2,94E+01	4,77E+01	2,94E+01	2,38E+02	345	3,44E+01	3,89E+01	3,44E+01	2,37E+02
296	2,95E+01	4,55E+01	2,95E+01	2,14E+02	346	3,45E+01	3,90E+01	3,45E+01	2,28E+02
297	2,96E+01	4,49E+01	2,96E+01	2,35E+02	347	3,46E+01	3,94E+01	3,46E+01	2,15E+02
298	2,97E+01	4,52E+01	2,97E+01	2,55E+02	348	3,47E+01	4,01E+01	3,47E+01	2,57E+02
299	2,98E+01	4,62E+01	2,98E+01	2,81E+02	349	3,48E+01	4,05E+01	3,48E+01	2,78E+02
300	2,99E+01	4,72E+01	2,99E+01	2,79E+02	350	3,49E+01	4,03E+01	3,49E+01	2,49E+02
301	3,00E+01	4,82E+01	3,00E+01	2,83E+02	351	3,50E+01	3,95E+01	3,50E+01	2,56E+02
302	3,01E+01	4,88E+01	3,01E+01	2,69E+02	352	3,51E+01	3,89E+01	3,51E+01	2,71E+02
303	3,02E+01	4,88E+01	3,02E+01	2,55E+02	353	3,52E+01	3,88E+01	3,52E+01	2,42E+02
304	3,03E+01	4,88E+01	3,03E+01	2,59E+02	354	3,53E+01	3,91E+01	3,53E+01	2,01E+02
305	3,04E+01	5,04E+01	3,04E+01	2,67E+02	355	3,54E+01	3,98E+01	3,54E+01	1,87E+02
306	3,05E+01	5,19E+01	3,05E+01	2,52E+02	356	3,55E+01	4,05E+01	3,55E+01	2,24E+02
307	3,06E+01	5,19E+01	3,06E+01	2,37E+02	357	3,56E+01	4,07E+01	3,56E+01	2,53E+02
308	3,07E+01	5,19E+01	3,07E+01	2,40E+02	358	3,57E+01	4,09E+01	3,57E+01	2,97E+02
309	3,08E+01	5,08E+01	3,08E+01	2,29E+02	359	3,58E+01	4,10E+01	3,58E+01	3,03E+02
310	3,09E+01	5,11E+01	3,09E+01	2,62E+02	360	3,59E+01	4,15E+01	3,59E+01	2,87E+02
311	3,10E+01	5,21E+01	3,10E+01	2,61E+02	361	3,60E+01	4,24E+01	3,60E+01	2,56E+02
312	3,11E+01	5,05E+01	3,11E+01	2,49E+02	362	3,61E+01	4,28E+01	3,61E+01	2,35E+02
313	3,12E+01	4,86E+01	3,12E+01	2,53E+02	363	3,62E+01	4,26E+01	3,62E+01	2,27E+02
314	3,13E+01	4,75E+01	3,13E+01	2,46E+02	364	3,63E+01	4,22E+01	3,63E+01	2,21E+02
315	3,14E+01	4,67E+01	3,14E+01	2,39E+02	365	3,64E+01	4,23E+01	3,64E+01	2,31E+02
316	3,15E+01	4,58E+01	3,15E+01	2,36E+02	366	3,65E+01	4,45E+01	3,65E+01	2,63E+02
317	3,16E+01	4,50E+01	3,16E+01	2,31E+02	367	3,66E+01	4,80E+01	3,66E+01	3,05E+02
318	3,17E+01	4,43E+01	3,17E+01	2,12E+02	368	3,67E+01	5,50E+01	3,67E+01	2,74E+02
319	3,18E+01	4,40E+01	3,18E+01	2,16E+02	369	3,68E+01	5,70E+01	3,68E+01	2,31E+02
320	3,19E+01	4,40E+01	3,19E+01	2,53E+02	370	3,69E+01	5,17E+01	3,69E+01	2,14E+02
321	3,20E+01	4,41E+01	3,20E+01	2,65E+02	371	3,70E+01	5,56E+01	3,70E+01	2,13E+02
322	3,21E+01	4,42E+01	3,21E+01	2,71E+02	372	3,71E+01	6,95E+01	3,71E+01	2,30E+02
323	3,22E+01	4,46E+01	3,22E+01	2,78E+02	373	3,72E+01	6,84E+01	3,72E+01	2,50E+02
324	3,23E+01	4,54E+01	3,23E+01	2,65E+02	374	3,73E+01	6,71E+01	3,73E+01	2,82E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

325	3,24E+01	4,59E+01	3,24E+01	2,71E+02	375	3,74E+01	6,14E+01	3,74E+01	2,93E+02
326	3,25E+01	4,59E+01	3,25E+01	2,64E+02	376	3,75E+01	5,48E+01	3,75E+01	2,83E+02
327	3,26E+01	4,58E+01	3,26E+01	2,41E+02	377	3,76E+01	5,18E+01	3,76E+01	2,44E+02
328	3,27E+01	4,54E+01	3,27E+01	2,26E+02	378	3,77E+01	5,04E+01	3,77E+01	2,29E+02
329	3,28E+01	4,49E+01	3,28E+01	2,17E+02	379	3,78E+01	4,84E+01	3,78E+01	2,00E+02
330	3,29E+01	4,42E+01	3,29E+01	2,36E+02	380	3,79E+01	4,62E+01	3,79E+01	2,15E+02
331	3,30E+01	4,36E+01	3,30E+01	2,65E+02	381	3,80E+01	4,45E+01	3,80E+01	2,57E+02
332	3,31E+01	4,33E+01	3,31E+01	3,02E+02	382	3,81E+01	4,31E+01	3,81E+01	2,81E+02
333	3,32E+01	4,31E+01	3,32E+01	2,83E+02	383	3,82E+01	4,20E+01	3,82E+01	2,84E+02
334	3,33E+01	4,31E+01	3,33E+01	2,61E+02	384	3,83E+01	4,15E+01	3,83E+01	2,82E+02
335	3,34E+01	4,31E+01	3,34E+01	2,37E+02	385	3,84E+01	4,17E+01	3,84E+01	2,75E+02
336	3,35E+01	4,31E+01	3,35E+01	2,30E+02	386	3,85E+01	4,18E+01	3,85E+01	2,51E+02
337	3,36E+01	4,31E+01	3,36E+01	2,42E+02	387	3,86E+01	4,19E+01	3,86E+01	2,33E+02
338	3,37E+01	4,30E+01	3,37E+01	2,46E+02	388	3,87E+01	4,20E+01	3,87E+01	2,22E+02
339	3,38E+01	4,27E+01	3,38E+01	2,22E+02	389	3,88E+01	4,30E+01	3,88E+01	2,25E+02
340	3,39E+01	4,24E+01	3,39E+01	2,47E+02	390	3,89E+01	5,13E+01	3,89E+01	2,37E+02
341	3,40E+01	4,21E+01	3,40E+01	2,60E+02	391	3,90E+01	5,81E+01	3,90E+01	2,58E+02
342	3,41E+01	4,11E+01	3,41E+01	2,76E+02	392	3,91E+01	5,91E+01	3,91E+01	2,75E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
393	3,92E+01	5,89E+01	3,92E+01	2,84E+02	443	4,42E+01	5,94E+01	4,42E+01	2,96E+02
394	3,93E+01	6,03E+01	3,93E+01	2,74E+02	444	4,43E+01	6,42E+01	4,43E+01	2,99E+02
395	3,94E+01	6,58E+01	3,94E+01	2,42E+02	445	4,44E+01	6,86E+01	4,44E+01	2,95E+02
396	3,95E+01	6,66E+01	3,95E+01	2,40E+02	446	4,45E+01	6,99E+01	4,45E+01	2,86E+02
397	3,96E+01	6,18E+01	3,96E+01	2,56E+02	447	4,46E+01	7,12E+01	4,46E+01	2,83E+02
398	3,97E+01	5,79E+01	3,97E+01	2,64E+02	448	4,47E+01	7,30E+01	4,47E+01	2,80E+02
399	3,98E+01	5,55E+01	3,98E+01	2,56E+02	449	4,48E+01	7,48E+01	4,48E+01	2,60E+02
400	3,99E+01	5,53E+01	3,99E+01	2,54E+02	450	4,49E+01	7,52E+01	4,49E+01	2,38E+02
401	4,00E+01	5,68E+01	4,00E+01	2,53E+02	451	4,50E+01	7,46E+01	4,50E+01	2,83E+02
402	4,01E+01	6,22E+01	4,01E+01	2,49E+02	452	4,51E+01	7,35E+01	4,51E+01	3,00E+02
403	4,02E+01	7,01E+01	4,02E+01	2,51E+02	453	4,52E+01	7,21E+01	4,52E+01	2,67E+02
404	4,03E+01	7,17E+01	4,03E+01	2,46E+02	454	4,53E+01	7,20E+01	4,53E+01	2,35E+02
405	4,04E+01	6,97E+01	4,04E+01	2,50E+02	455	4,54E+01	7,27E+01	4,54E+01	2,29E+02
406	4,05E+01	6,80E+01	4,05E+01	2,50E+02	456	4,55E+01	7,40E+01	4,55E+01	2,32E+02
407	4,06E+01	6,56E+01	4,06E+01	2,47E+02	457	4,56E+01	7,54E+01	4,56E+01	2,58E+02
408	4,07E+01	6,11E+01	4,07E+01	2,44E+02	458	4,57E+01	7,53E+01	4,57E+01	2,76E+02
409	4,08E+01	5,73E+01	4,08E+01	2,50E+02	459	4,58E+01	7,41E+01	4,58E+01	2,89E+02
410	4,09E+01	6,66E+01	4,09E+01	2,58E+02	460	4,59E+01	7,47E+01	4,59E+01	2,79E+02
411	4,10E+01	7,48E+01	4,10E+01	2,54E+02	461	4,60E+01	7,62E+01	4,60E+01	2,76E+02
412	4,11E+01	7,66E+01	4,11E+01	2,60E+02	462	4,61E+01	7,52E+01	4,61E+01	2,61E+02
413	4,12E+01	7,27E+01	4,12E+01	2,65E+02	463	4,62E+01	7,11E+01	4,62E+01	2,38E+02
414	4,13E+01	6,80E+01	4,13E+01	2,66E+02	464	4,63E+01	6,71E+01	4,63E+01	2,31E+02
415	4,14E+01	6,75E+01	4,14E+01	2,69E+02	465	4,64E+01	6,56E+01	4,64E+01	2,46E+02
416	4,15E+01	6,71E+01	4,15E+01	2,67E+02	466	4,65E+01	6,57E+01	4,65E+01	2,71E+02
417	4,16E+01	6,34E+01	4,16E+01	2,62E+02	467	4,66E+01	6,88E+01	4,66E+01	3,07E+02
418	4,17E+01	6,15E+01	4,17E+01	2,60E+02	468	4,67E+01	8,03E+01	4,67E+01	3,39E+02
419	4,18E+01	6,08E+01	4,18E+01	2,57E+02	469	4,68E+01	7,13E+01	4,68E+01	3,46E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

420	4,19E+01	6,02E+01	4,19E+01	2,53E+02	470	4,69E+01	6,56E+01	4,69E+01	2,98E+02
421	4,20E+01	5,99E+01	4,20E+01	2,58E+02	471	4,70E+01	6,37E+01	4,70E+01	2,68E+02
422	4,21E+01	6,09E+01	4,21E+01	2,76E+02	472	4,71E+01	6,58E+01	4,71E+01	2,58E+02
423	4,22E+01	6,42E+01	4,22E+01	2,92E+02	473	4,72E+01	7,10E+01	4,72E+01	2,54E+02
424	4,23E+01	6,82E+01	4,23E+01	2,94E+02	474	4,73E+01	7,42E+01	4,73E+01	2,43E+02
425	4,24E+01	6,89E+01	4,24E+01	2,76E+02	475	4,74E+01	7,18E+01	4,74E+01	2,41E+02
426	4,25E+01	6,71E+01	4,25E+01	2,64E+02	476	4,75E+01	6,92E+01	4,75E+01	2,60E+02
427	4,26E+01	6,66E+01	4,26E+01	2,61E+02	477	4,76E+01	6,81E+01	4,76E+01	3,00E+02
428	4,27E+01	6,75E+01	4,27E+01	2,57E+02	478	4,77E+01	6,45E+01	4,77E+01	2,92E+02
429	4,28E+01	7,03E+01	4,28E+01	2,43E+02	479	4,78E+01	5,99E+01	4,78E+01	2,64E+02
430	4,29E+01	7,08E+01	4,29E+01	2,35E+02	480	4,79E+01	5,88E+01	4,79E+01	2,50E+02
431	4,30E+01	7,04E+01	4,30E+01	2,43E+02	481	4,80E+01	6,02E+01	4,80E+01	2,41E+02
432	4,31E+01	6,90E+01	4,31E+01	2,46E+02	482	4,81E+01	6,04E+01	4,81E+01	2,37E+02
433	4,32E+01	7,07E+01	4,32E+01	2,54E+02	483	4,82E+01	6,04E+01	4,82E+01	2,35E+02
434	4,33E+01	6,99E+01	4,33E+01	2,79E+02	484	4,83E+01	6,07E+01	4,83E+01	2,45E+02
435	4,34E+01	6,56E+01	4,34E+01	2,98E+02	485	4,84E+01	6,10E+01	4,84E+01	2,51E+02
436	4,35E+01	6,47E+01	4,35E+01	2,82E+02	486	4,85E+01	6,11E+01	4,85E+01	2,48E+02
437	4,36E+01	6,82E+01	4,36E+01	2,48E+02	487	4,86E+01	6,11E+01	4,86E+01	2,59E+02
438	4,37E+01	7,13E+01	4,37E+01	2,26E+02	488	4,87E+01	6,10E+01	4,87E+01	2,59E+02
439	4,38E+01	7,30E+01	4,38E+01	2,31E+02	489	4,88E+01	6,14E+01	4,88E+01	2,78E+02
440	4,39E+01	7,50E+01	4,39E+01	2,56E+02	490	4,89E+01	6,41E+01	4,89E+01	3,19E+02
441	4,40E+01	7,42E+01	4,40E+01	2,82E+02	491	4,90E+01	7,12E+01	4,90E+01	3,04E+02
442	4,41E+01	6,53E+01	4,41E+01	2,85E+02	492	4,91E+01	7,34E+01	4,91E+01	2,92E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
493	4,92E+01	6,68E+01	4,92E+01	2,82E+02	543	5,42E+01	5,82E+01	5,42E+01	2,08E+02
494	4,93E+01	6,27E+01	4,93E+01	2,78E+02	544	5,43E+01	5,89E+01	5,43E+01	1,98E+02
495	4,94E+01	6,07E+01	4,94E+01	2,71E+02	545	5,44E+01	5,92E+01	5,44E+01	2,23E+02
496	4,95E+01	6,11E+01	4,95E+01	2,56E+02	546	5,45E+01	5,91E+01	5,45E+01	2,52E+02
497	4,96E+01	6,65E+01	4,96E+01	2,33E+02	547	5,46E+01	5,90E+01	5,46E+01	2,69E+02
498	4,97E+01	7,28E+01	4,97E+01	2,38E+02	548	5,47E+01	5,91E+01	5,47E+01	2,83E+02
499	4,98E+01	7,29E+01	4,98E+01	2,35E+02	549	5,48E+01	5,88E+01	5,48E+01	2,90E+02
500	4,99E+01	6,85E+01	4,99E+01	2,69E+02	550	5,49E+01	5,92E+01	5,49E+01	2,84E+02
501	5,00E+01	6,94E+01	5,00E+01	2,97E+02	551	5,50E+01	6,21E+01	5,50E+01	2,64E+02
502	5,01E+01	7,29E+01	5,01E+01	3,00E+02	552	5,51E+01	6,66E+01	5,51E+01	2,44E+02
503	5,02E+01	7,21E+01	5,02E+01	2,48E+02	553	5,52E+01	6,74E+01	5,52E+01	2,54E+02
504	5,03E+01	6,84E+01	5,03E+01	2,20E+02	554	5,53E+01	6,37E+01	5,53E+01	2,91E+02
505	5,04E+01	6,68E+01	5,04E+01	2,33E+02	555	5,54E+01	6,16E+01	5,54E+01	3,15E+02
506	5,05E+01	6,60E+01	5,05E+01	2,44E+02	556	5,55E+01	6,21E+01	5,55E+01	3,20E+02
507	5,06E+01	6,40E+01	5,06E+01	2,52E+02	557	5,56E+01	6,24E+01	5,56E+01	3,16E+02
508	5,07E+01	6,21E+01	5,07E+01	2,64E+02	558	5,57E+01	6,23E+01	5,57E+01	3,15E+02
509	5,08E+01	6,19E+01	5,08E+01	2,84E+02	559	5,58E+01	6,15E+01	5,58E+01	3,08E+02
510	5,09E+01	6,52E+01	5,09E+01	3,00E+02	560	5,59E+01	6,35E+01	5,59E+01	3,20E+02
511	5,10E+01	6,70E+01	5,10E+01	3,20E+02	561	5,60E+01	7,42E+01	5,60E+01	2,73E+02
512	5,11E+01	6,42E+01	5,11E+01	2,96E+02	562	5,61E+01	8,92E+01	5,61E+01	2,50E+02
513	5,12E+01	5,99E+01	5,12E+01	2,70E+02	563	5,62E+01	9,65E+01	5,62E+01	2,69E+02
514	5,13E+01	5,85E+01	5,13E+01	2,56E+02	564	5,63E+01	8,98E+01	5,63E+01	2,68E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

515	5,14E+01	6,07E+01	5,14E+01	2,39E+02	565	5,64E+01	7,67E+01	5,64E+01	2,75E+02
516	5,15E+01	6,31E+01	5,15E+01	2,17E+02	566	5,65E+01	7,17E+01	5,65E+01	2,67E+02
517	5,16E+01	6,23E+01	5,16E+01	2,28E+02	567	5,66E+01	7,39E+01	5,66E+01	2,57E+02
518	5,17E+01	6,02E+01	5,17E+01	2,69E+02	568	5,67E+01	8,02E+01	5,67E+01	2,57E+02
519	5,18E+01	5,91E+01	5,18E+01	2,91E+02	569	5,68E+01	8,07E+01	5,68E+01	2,70E+02
520	5,19E+01	5,88E+01	5,19E+01	3,51E+02	570	5,69E+01	6,96E+01	5,69E+01	2,72E+02
521	5,20E+01	5,91E+01	5,20E+01	3,59E+02	571	5,70E+01	6,32E+01	5,70E+01	2,84E+02
522	5,21E+01	5,96E+01	5,21E+01	3,46E+02	572	5,71E+01	6,42E+01	5,71E+01	2,81E+02
523	5,22E+01	5,97E+01	5,22E+01	3,04E+02	573	5,72E+01	6,77E+01	5,72E+01	2,70E+02
524	5,23E+01	5,94E+01	5,23E+01	2,83E+02	574	5,73E+01	7,08E+01	5,73E+01	2,60E+02
525	5,24E+01	5,88E+01	5,24E+01	2,45E+02	575	5,74E+01	6,99E+01	5,74E+01	2,55E+02
526	5,25E+01	5,77E+01	5,25E+01	2,06E+02	576	5,75E+01	6,90E+01	5,75E+01	2,37E+02
527	5,26E+01	5,64E+01	5,26E+01	2,06E+02	577	5,76E+01	7,11E+01	5,76E+01	2,35E+02
528	5,27E+01	5,55E+01	5,27E+01	2,04E+02	578	5,77E+01	7,63E+01	5,77E+01	2,39E+02
529	5,28E+01	5,51E+01	5,28E+01	2,19E+02	579	5,78E+01	7,98E+01	5,78E+01	2,48E+02
530	5,29E+01	5,44E+01	5,29E+01	2,53E+02	580	5,79E+01	8,05E+01	5,79E+01	2,55E+02
531	5,30E+01	5,37E+01	5,30E+01	3,25E+02	581	5,80E+01	8,13E+01	5,80E+01	3,06E+02
532	5,31E+01	5,33E+01	5,31E+01	3,63E+02	582	5,81E+01	8,22E+01	5,81E+01	3,38E+02
533	5,32E+01	5,33E+01	5,32E+01	3,72E+02	583	5,82E+01	8,23E+01	5,82E+01	3,35E+02
534	5,33E+01	5,36E+01	5,33E+01	3,44E+02	584	5,83E+01	8,19E+01	5,83E+01	2,95E+02
535	5,34E+01	5,39E+01	5,34E+01	3,00E+02	585	5,84E+01	8,13E+01	5,84E+01	2,78E+02
536	5,35E+01	5,41E+01	5,35E+01	3,29E+02	586	5,85E+01	8,05E+01	5,85E+01	2,76E+02
537	5,36E+01	5,41E+01	5,36E+01	3,51E+02	587	5,86E+01	8,14E+01	5,86E+01	2,85E+02
538	5,37E+01	5,39E+01	5,37E+01	3,25E+02	588	5,87E+01	8,29E+01	5,87E+01	2,78E+02
539	5,38E+01	5,37E+01	5,38E+01	2,96E+02	589	5,88E+01	8,34E+01	5,88E+01	2,72E+02
540	5,39E+01	5,40E+01	5,39E+01	2,56E+02	590	5,89E+01	8,27E+01	5,89E+01	2,67E+02
541	5,40E+01	5,47E+01	5,40E+01	2,32E+02	591	5,90E+01	8,16E+01	5,90E+01	2,61E+02
542	5,41E+01	5,63E+01	5,41E+01	2,18E+02	592	5,91E+01	8,03E+01	5,91E+01	2,58E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
593	5,92E+01	7,82E+01	5,92E+01	2,51E+02	643	6,42E+01	8,23E+01	6,42E+01	2,77E+02
594	5,93E+01	7,50E+01	5,93E+01	2,42E+02	644	6,43E+01	8,11E+01	6,43E+01	2,80E+02
595	5,94E+01	6,89E+01	5,94E+01	2,42E+02	645	6,44E+01	7,89E+01	6,44E+01	2,85E+02
596	5,95E+01	6,20E+01	5,95E+01	2,52E+02	646	6,45E+01	7,62E+01	6,45E+01	2,73E+02
597	5,96E+01	6,02E+01	5,96E+01	2,47E+02	647	6,46E+01	7,42E+01	6,46E+01	2,64E+02
598	5,97E+01	5,91E+01	5,97E+01	2,52E+02	648	6,47E+01	7,31E+01	6,47E+01	2,93E+02
599	5,98E+01	6,11E+01	5,98E+01	2,70E+02	649	6,48E+01	7,26E+01	6,48E+01	3,02E+02
600	5,99E+01	6,59E+01	5,99E+01	2,78E+02	650	6,49E+01	7,21E+01	6,49E+01	3,57E+02
601	6,00E+01	6,77E+01	6,00E+01	2,88E+02	651	6,50E+01	7,08E+01	6,50E+01	3,69E+02
602	6,01E+01	6,77E+01	6,01E+01	2,96E+02	652	6,51E+01	6,89E+01	6,51E+01	3,22E+02
603	6,02E+01	6,94E+01	6,02E+01	2,90E+02	653	6,52E+01	6,77E+01	6,52E+01	2,73E+02
604	6,03E+01	7,26E+01	6,03E+01	2,81E+02	654	6,53E+01	6,72E+01	6,53E+01	2,26E+02
605	6,04E+01	7,48E+01	6,04E+01	2,31E+02	655	6,54E+01	6,73E+01	6,54E+01	2,33E+02
606	6,05E+01	7,31E+01	6,05E+01	2,45E+02	656	6,55E+01	6,79E+01	6,55E+01	2,45E+02
607	6,06E+01	6,77E+01	6,06E+01	2,50E+02	657	6,56E+01	6,84E+01	6,56E+01	2,51E+02
608	6,07E+01	6,46E+01	6,07E+01	2,57E+02	658	6,57E+01	6,88E+01	6,57E+01	2,42E+02
609	6,08E+01	6,47E+01	6,08E+01	2,65E+02	659	6,58E+01	6,89E+01	6,58E+01	2,61E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

610	6,09E+01	6,73E+01	6,09E+01	2,74E+02	660	6,59E+01	6,90E+01	6,59E+01	2,60E+02
611	6,10E+01	6,99E+01	6,10E+01	2,67E+02	661	6,60E+01	6,92E+01	6,60E+01	2,91E+02
612	6,11E+01	6,91E+01	6,11E+01	2,61E+02	662	6,61E+01	6,94E+01	6,61E+01	3,14E+02
613	6,12E+01	6,63E+01	6,12E+01	2,45E+02	663	6,62E+01	6,91E+01	6,62E+01	3,54E+02
614	6,13E+01	6,52E+01	6,13E+01	2,30E+02	664	6,63E+01	6,78E+01	6,63E+01	3,02E+02
615	6,14E+01	6,60E+01	6,14E+01	2,33E+02	665	6,64E+01	6,61E+01	6,64E+01	2,59E+02
616	6,15E+01	6,60E+01	6,15E+01	2,39E+02	666	6,65E+01	6,47E+01	6,65E+01	2,30E+02
617	6,16E+01	6,53E+01	6,16E+01	2,71E+02	667	6,66E+01	6,37E+01	6,66E+01	2,34E+02
618	6,17E+01	6,44E+01	6,17E+01	3,03E+02	668	6,67E+01	6,29E+01	6,67E+01	2,45E+02
619	6,18E+01	6,34E+01	6,18E+01	3,01E+02	669	6,68E+01	6,22E+01	6,68E+01	2,69E+02
620	6,19E+01	6,30E+01	6,19E+01	2,83E+02	670	6,69E+01	6,14E+01	6,69E+01	3,00E+02
621	6,20E+01	6,36E+01	6,20E+01	2,78E+02	671	6,70E+01	6,06E+01	6,70E+01	3,33E+02
622	6,21E+01	6,48E+01	6,21E+01	2,98E+02	672	6,71E+01	6,00E+01	6,71E+01	3,08E+02
623	6,22E+01	6,52E+01	6,22E+01	3,08E+02	673	6,72E+01	5,99E+01	6,72E+01	2,83E+02
624	6,23E+01	6,44E+01	6,23E+01	2,85E+02	674	6,73E+01	6,01E+01	6,73E+01	2,50E+02
625	6,24E+01	6,36E+01	6,24E+01	2,57E+02	675	6,74E+01	6,03E+01	6,74E+01	2,35E+02
626	6,25E+01	6,44E+01	6,25E+01	2,53E+02	676	6,75E+01	6,05E+01	6,75E+01	2,37E+02
627	6,26E+01	6,55E+01	6,26E+01	2,41E+02	677	6,76E+01	6,05E+01	6,76E+01	2,47E+02
628	6,27E+01	6,62E+01	6,27E+01	2,44E+02	678	6,77E+01	6,05E+01	6,77E+01	2,72E+02
629	6,28E+01	6,66E+01	6,28E+01	2,58E+02	679	6,78E+01	6,05E+01	6,78E+01	2,97E+02
630	6,29E+01	6,86E+01	6,29E+01	2,74E+02	680	6,79E+01	6,04E+01	6,79E+01	3,11E+02
631	6,30E+01	7,33E+01	6,30E+01	2,98E+02	681	6,80E+01	6,03E+01	6,80E+01	3,19E+02
632	6,31E+01	7,98E+01	6,31E+01	2,96E+02	682	6,81E+01	6,03E+01	6,81E+01	3,13E+02
633	6,32E+01	8,13E+01	6,32E+01	2,73E+02	683	6,82E+01	6,02E+01	6,82E+01	2,81E+02
634	6,33E+01	7,80E+01	6,33E+01	2,55E+02	684	6,83E+01	6,03E+01	6,83E+01	2,59E+02
635	6,34E+01	7,64E+01	6,34E+01	2,50E+02	685	6,84E+01	6,03E+01	6,84E+01	2,45E+02
636	6,35E+01	7,65E+01	6,35E+01	2,49E+02	686	6,85E+01	6,03E+01	6,85E+01	2,53E+02
637	6,36E+01	7,44E+01	6,36E+01	2,46E+02	687	6,86E+01	6,02E+01	6,86E+01	2,58E+02
638	6,37E+01	7,07E+01	6,37E+01	2,35E+02	688	6,87E+01	6,02E+01	6,87E+01	2,65E+02
639	6,38E+01	6,82E+01	6,38E+01	2,22E+02	689	6,88E+01	6,01E+01	6,88E+01	2,61E+02
640	6,39E+01	6,74E+01	6,39E+01	2,15E+02	690	6,89E+01	6,01E+01	6,89E+01	2,50E+02
641	6,40E+01	7,04E+01	6,40E+01	2,27E+02	691	6,90E+01	5,99E+01	6,90E+01	2,46E+02
642	6,41E+01	7,84E+01	6,41E+01	2,47E+02	692	6,91E+01	5,98E+01	6,91E+01	2,52E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
693	6,92E+01	5,97E+01	6,92E+01	2,60E+02	743	7,42E+01	5,99E+01	7,42E+01	2,42E+02
694	6,93E+01	5,97E+01	6,93E+01	2,61E+02	744	7,43E+01	5,99E+01	7,43E+01	2,46E+02
695	6,94E+01	5,97E+01	6,94E+01	2,79E+02	745	7,44E+01	5,99E+01	7,44E+01	2,53E+02
696	6,95E+01	5,98E+01	6,95E+01	2,87E+02	746	7,45E+01	6,00E+01	7,45E+01	2,49E+02
697	6,96E+01	5,98E+01	6,96E+01	2,73E+02	747	7,46E+01	6,03E+01	7,46E+01	2,59E+02
698	6,97E+01	5,97E+01	6,97E+01	2,72E+02	748	7,47E+01	6,11E+01	7,47E+01	3,05E+02
699	6,98E+01	5,95E+01	6,98E+01	2,67E+02	749	7,48E+01	6,20E+01	7,48E+01	3,11E+02
700	6,99E+01	5,92E+01	6,99E+01	2,60E+02	750	7,49E+01	6,28E+01	7,49E+01	3,01E+02
701	7,00E+01	5,88E+01	7,00E+01	2,57E+02	751	7,50E+01	6,34E+01	7,50E+01	2,72E+02
702	7,01E+01	5,85E+01	7,01E+01	2,55E+02	752	7,51E+01	6,35E+01	7,51E+01	2,46E+02
703	7,02E+01	5,83E+01	7,02E+01	2,56E+02	753	7,52E+01	6,34E+01	7,52E+01	2,41E+02
704	7,03E+01	5,83E+01	7,03E+01	2,51E+02	754	7,53E+01	6,32E+01	7,53E+01	2,21E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

705	7,04E+01	5,85E+01	7,04E+01	2,44E+02	755	7,54E+01	6,28E+01	7,54E+01	2,34E+02
706	7,05E+01	5,89E+01	7,05E+01	2,34E+02	756	7,55E+01	6,25E+01	7,55E+01	2,48E+02
707	7,06E+01	5,96E+01	7,06E+01	2,27E+02	757	7,56E+01	6,26E+01	7,56E+01	2,58E+02
708	7,07E+01	6,02E+01	7,07E+01	2,37E+02	758	7,57E+01	6,31E+01	7,57E+01	2,63E+02
709	7,08E+01	6,03E+01	7,08E+01	2,65E+02	759	7,58E+01	6,34E+01	7,58E+01	2,97E+02
710	7,09E+01	5,98E+01	7,09E+01	3,07E+02	760	7,59E+01	6,35E+01	7,59E+01	3,99E+02
711	7,10E+01	5,89E+01	7,10E+01	3,21E+02	761	7,60E+01	6,39E+01	7,60E+01	3,55E+02
712	7,11E+01	5,81E+01	7,11E+01	3,10E+02	762	7,61E+01	6,43E+01	7,61E+01	2,87E+02
713	7,12E+01	5,77E+01	7,12E+01	2,80E+02	763	7,62E+01	6,46E+01	7,62E+01	2,57E+02
714	7,13E+01	5,76E+01	7,13E+01	2,44E+02	764	7,63E+01	6,49E+01	7,63E+01	2,48E+02
715	7,14E+01	5,75E+01	7,14E+01	2,15E+02	765	7,64E+01	6,52E+01	7,64E+01	2,43E+02
716	7,15E+01	5,75E+01	7,15E+01	1,96E+02	766	7,65E+01	6,55E+01	7,65E+01	2,50E+02
717	7,16E+01	5,76E+01	7,16E+01	2,17E+02	767	7,66E+01	6,56E+01	7,66E+01	2,63E+02
718	7,17E+01	5,76E+01	7,17E+01	2,60E+02	768	7,67E+01	6,57E+01	7,67E+01	2,70E+02
719	7,18E+01	5,78E+01	7,18E+01	2,98E+02	769	7,68E+01	6,56E+01	7,68E+01	2,64E+02
720	7,19E+01	5,81E+01	7,19E+01	3,44E+02	770	7,69E+01	6,55E+01	7,69E+01	2,55E+02
721	7,20E+01	5,83E+01	7,20E+01	3,70E+02	771	7,70E+01	6,56E+01	7,70E+01	2,49E+02
722	7,21E+01	5,84E+01	7,21E+01	3,09E+02	772	7,71E+01	6,59E+01	7,71E+01	2,50E+02
723	7,22E+01	5,84E+01	7,22E+01	2,63E+02	773	7,72E+01	6,63E+01	7,72E+01	2,55E+02
724	7,23E+01	5,84E+01	7,23E+01	2,54E+02	774	7,73E+01	6,67E+01	7,73E+01	2,57E+02
725	7,24E+01	5,82E+01	7,24E+01	2,47E+02	775	7,74E+01	6,69E+01	7,74E+01	2,52E+02
726	7,25E+01	5,80E+01	7,25E+01	2,39E+02	776	7,75E+01	6,68E+01	7,75E+01	2,44E+02
727	7,26E+01	5,79E+01	7,26E+01	2,36E+02	777	7,76E+01	6,67E+01	7,76E+01	2,42E+02
728	7,27E+01	5,79E+01	7,27E+01	2,36E+02	778	7,77E+01	6,60E+01	7,77E+01	2,54E+02
729	7,28E+01	5,78E+01	7,28E+01	2,45E+02	779	7,78E+01	6,50E+01	7,78E+01	2,66E+02
730	7,29E+01	5,78E+01	7,29E+01	2,59E+02	780	7,79E+01	6,63E+01	7,79E+01	2,68E+02
731	7,30E+01	5,80E+01	7,30E+01	2,58E+02	781	7,80E+01	7,76E+01	7,80E+01	2,64E+02
732	7,31E+01	5,82E+01	7,31E+01	2,62E+02	782	7,81E+01	8,40E+01	7,81E+01	2,62E+02
733	7,32E+01	5,84E+01	7,32E+01	2,58E+02	783	7,82E+01	8,64E+01	7,82E+01	2,57E+02
734	7,33E+01	5,84E+01	7,33E+01	2,74E+02	784	7,83E+01	9,31E+01	7,83E+01	2,53E+02
735	7,34E+01	5,85E+01	7,34E+01	2,81E+02	785	7,84E+01	9,69E+01	7,84E+01	2,85E+02
736	7,35E+01	5,85E+01	7,35E+01	2,67E+02	786	7,85E+01	9,47E+01	7,85E+01	2,76E+02
737	7,36E+01	5,87E+01	7,36E+01	2,53E+02	787	7,86E+01	8,73E+01	7,86E+01	2,59E+02
738	7,37E+01	5,89E+01	7,37E+01	2,49E+02	788	7,87E+01	8,45E+01	7,87E+01	2,62E+02
739	7,38E+01	5,91E+01	7,38E+01	2,58E+02	789	7,88E+01	9,03E+01	7,88E+01	2,51E+02
740	7,39E+01	5,93E+01	7,39E+01	2,53E+02	790	7,89E+01	9,16E+01	7,89E+01	2,40E+02
741	7,40E+01	5,96E+01	7,40E+01	2,47E+02	791	7,90E+01	8,70E+01	7,90E+01	2,24E+02
742	7,41E+01	5,98E+01	7,41E+01	2,40E+02	792	7,91E+01	8,26E+01	7,91E+01	2,44E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
793	7,92E+01	8,35E+01	7,92E+01	2,71E+02	843	8,42E+01	7,91E+01	8,42E+01	2,40E+02
794	7,93E+01	8,72E+01	7,93E+01	2,74E+02	844	8,43E+01	7,83E+01	8,43E+01	2,40E+02
795	7,94E+01	9,11E+01	7,94E+01	2,69E+02	845	8,44E+01	7,78E+01	8,44E+01	2,44E+02
796	7,95E+01	9,69E+01	7,95E+01	2,64E+02	846	8,45E+01	7,72E+01	8,45E+01	2,44E+02
797	7,96E+01	9,90E+01	7,96E+01	2,51E+02	847	8,46E+01	7,66E+01	8,46E+01	2,50E+02
798	7,97E+01	9,84E+01	7,97E+01	2,44E+02	848	8,47E+01	7,60E+01	8,47E+01	2,57E+02
799	7,98E+01	9,59E+01	7,98E+01	2,51E+02	849	8,48E+01	7,57E+01	8,48E+01	2,65E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

800	7,99E+01	9,28E+01	7,99E+01	2,64E+02	850	8,49E+01	7,55E+01	8,49E+01	2,53E+02
801	8,00E+01	9,06E+01	8,00E+01	2,74E+02	851	8,50E+01	7,54E+01	8,50E+01	2,30E+02
802	8,01E+01	8,93E+01	8,01E+01	2,70E+02	852	8,51E+01	7,53E+01	8,51E+01	2,44E+02
803	8,02E+01	8,86E+01	8,02E+01	2,60E+02	853	8,52E+01	7,52E+01	8,52E+01	2,61E+02
804	8,03E+01	8,82E+01	8,03E+01	2,47E+02	854	8,53E+01	7,50E+01	8,53E+01	2,93E+02
805	8,04E+01	8,78E+01	8,04E+01	2,42E+02	855	8,54E+01	7,44E+01	8,54E+01	3,15E+02
806	8,05E+01	8,70E+01	8,05E+01	2,38E+02	856	8,55E+01	7,33E+01	8,55E+01	2,76E+02
807	8,06E+01	8,53E+01	8,06E+01	2,34E+02	857	8,56E+01	7,23E+01	8,56E+01	2,29E+02
808	8,07E+01	8,48E+01	8,07E+01	2,31E+02	858	8,57E+01	7,17E+01	8,57E+01	2,23E+02
809	8,08E+01	8,43E+01	8,08E+01	2,28E+02	859	8,58E+01	7,15E+01	8,58E+01	2,12E+02
810	8,09E+01	8,08E+01	8,09E+01	2,28E+02	860	8,59E+01	7,15E+01	8,59E+01	2,50E+02
811	8,10E+01	7,76E+01	8,10E+01	2,50E+02	861	8,60E+01	7,16E+01	8,60E+01	2,85E+02
812	8,11E+01	7,82E+01	8,11E+01	2,59E+02	862	8,61E+01	7,18E+01	8,61E+01	2,94E+02
813	8,12E+01	7,85E+01	8,12E+01	2,43E+02	863	8,62E+01	7,19E+01	8,62E+01	3,42E+02
814	8,13E+01	8,37E+01	8,13E+01	2,31E+02	864	8,63E+01	7,20E+01	8,63E+01	3,18E+02
815	8,14E+01	8,93E+01	8,14E+01	2,19E+02	865	8,64E+01	7,20E+01	8,64E+01	2,79E+02
816	8,15E+01	9,23E+01	8,15E+01	2,13E+02	866	8,65E+01	7,18E+01	8,65E+01	2,40E+02
817	8,16E+01	9,49E+01	8,16E+01	2,35E+02	867	8,66E+01	7,15E+01	8,66E+01	2,30E+02
818	8,17E+01	9,57E+01	8,17E+01	2,65E+02	868	8,67E+01	7,12E+01	8,67E+01	2,39E+02
819	8,18E+01	9,51E+01	8,18E+01	3,10E+02	869	8,68E+01	7,09E+01	8,68E+01	2,34E+02
820	8,19E+01	9,45E+01	8,19E+01	3,26E+02	870	8,69E+01	7,07E+01	8,69E+01	2,35E+02
821	8,20E+01	9,33E+01	8,20E+01	3,72E+02	871	8,70E+01	7,07E+01	8,70E+01	2,56E+02
822	8,21E+01	9,07E+01	8,21E+01	3,98E+02	872	8,71E+01	7,09E+01	8,71E+01	2,48E+02
823	8,22E+01	8,65E+01	8,22E+01	3,53E+02	873	8,72E+01	7,10E+01	8,72E+01	2,45E+02
824	8,23E+01	8,31E+01	8,23E+01	3,11E+02	874	8,73E+01	7,11E+01	8,73E+01	2,33E+02
825	8,24E+01	8,05E+01	8,24E+01	2,90E+02	875	8,74E+01	7,11E+01	8,74E+01	2,41E+02
826	8,25E+01	7,84E+01	8,25E+01	2,74E+02	876	8,75E+01	7,10E+01	8,75E+01	2,61E+02
827	8,26E+01	7,69E+01	8,26E+01	2,71E+02	877	8,76E+01	7,08E+01	8,76E+01	2,69E+02
828	8,27E+01	7,57E+01	8,27E+01	2,65E+02	878	8,77E+01	7,04E+01	8,77E+01	2,56E+02
829	8,28E+01	7,50E+01	8,28E+01	2,66E+02	879	8,78E+01	6,98E+01	8,78E+01	2,38E+02
830	8,29E+01	7,54E+01	8,29E+01	2,64E+02	880	8,79E+01	6,92E+01	8,79E+01	2,21E+02
831	8,30E+01	7,62E+01	8,30E+01	2,56E+02	881	8,80E+01	6,87E+01	8,80E+01	2,30E+02
832	8,31E+01	7,68E+01	8,31E+01	2,39E+02	882	8,81E+01	6,84E+01	8,81E+01	2,43E+02
833	8,32E+01	7,74E+01	8,32E+01	2,34E+02	883	8,82E+01	6,82E+01	8,82E+01	2,59E+02
834	8,33E+01	8,00E+01	8,33E+01	2,42E+02	884	8,83E+01	6,80E+01	8,83E+01	2,90E+02
835	8,34E+01	8,37E+01	8,34E+01	2,42E+02	885	8,84E+01	6,77E+01	8,84E+01	3,08E+02
836	8,35E+01	8,59E+01	8,35E+01	2,56E+02	886	8,85E+01	6,74E+01	8,85E+01	2,97E+02
837	8,36E+01	8,60E+01	8,36E+01	2,49E+02	887	8,86E+01	6,72E+01	8,86E+01	2,60E+02
838	8,37E+01	8,55E+01	8,37E+01	2,47E+02	888	8,87E+01	6,70E+01	8,87E+01	2,58E+02
839	8,38E+01	8,46E+01	8,38E+01	2,44E+02	889	8,88E+01	6,69E+01	8,88E+01	2,40E+02
840	8,39E+01	8,32E+01	8,39E+01	2,36E+02	890	8,89E+01	6,68E+01	8,89E+01	2,36E+02
841	8,40E+01	8,16E+01	8,40E+01	2,38E+02	891	8,90E+01	6,67E+01	8,90E+01	2,41E+02
842	8,41E+01	8,02E+01	8,41E+01	2,44E+02	892	8,91E+01	6,65E+01	8,91E+01	2,44E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
893	8,92E+01	6,62E+01	8,92E+01	2,27E+02	943	9,42E+01	7,59E+01	9,42E+01	2,60E+02
894	8,93E+01	6,59E+01	8,93E+01	2,27E+02	944	9,43E+01	7,64E+01	9,43E+01	2,54E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

895	8,94E+01	6,57E+01	8,94E+01	2,37E+02	945	9,44E+01	7,74E+01	9,44E+01	2,35E+02
896	8,95E+01	6,57E+01	8,95E+01	2,61E+02	946	9,45E+01	7,90E+01	9,45E+01	2,39E+02
897	8,96E+01	6,59E+01	8,96E+01	2,79E+02	947	9,46E+01	8,11E+01	9,46E+01	2,58E+02
898	8,97E+01	6,63E+01	8,97E+01	2,77E+02	948	9,47E+01	8,21E+01	9,47E+01	2,94E+02
899	8,98E+01	6,67E+01	8,98E+01	2,77E+02	949	9,48E+01	8,09E+01	9,48E+01	3,18E+02
900	8,99E+01	6,72E+01	8,99E+01	2,67E+02	950	9,49E+01	7,93E+01	9,49E+01	3,16E+02
901	9,00E+01	6,79E+01	9,00E+01	2,51E+02	951	9,50E+01	7,89E+01	9,50E+01	2,73E+02
902	9,01E+01	6,85E+01	9,01E+01	2,36E+02	952	9,51E+01	7,91E+01	9,51E+01	2,46E+02
903	9,02E+01	6,91E+01	9,02E+01	2,25E+02	953	9,52E+01	7,94E+01	9,52E+01	2,44E+02
904	9,03E+01	6,95E+01	9,03E+01	2,06E+02	954	9,53E+01	7,98E+01	9,53E+01	2,32E+02
905	9,04E+01	6,98E+01	9,04E+01	1,96E+02	955	9,54E+01	8,01E+01	9,54E+01	2,25E+02
906	9,05E+01	6,99E+01	9,05E+01	2,04E+02	956	9,55E+01	8,01E+01	9,55E+01	2,38E+02
907	9,06E+01	6,98E+01	9,06E+01	2,27E+02	957	9,56E+01	8,00E+01	9,56E+01	2,58E+02
908	9,07E+01	6,96E+01	9,07E+01	2,42E+02	958	9,57E+01	7,94E+01	9,57E+01	2,88E+02
909	9,08E+01	6,92E+01	9,08E+01	2,86E+02	959	9,58E+01	7,88E+01	9,58E+01	3,07E+02
910	9,09E+01	6,87E+01	9,09E+01	2,97E+02	960	9,59E+01	7,86E+01	9,59E+01	2,90E+02
911	9,10E+01	6,83E+01	9,10E+01	2,79E+02	961	9,60E+01	7,85E+01	9,60E+01	2,61E+02
912	9,11E+01	6,81E+01	9,11E+01	2,63E+02	962	9,61E+01	7,83E+01	9,61E+01	2,50E+02
913	9,12E+01	6,82E+01	9,12E+01	2,63E+02	963	9,62E+01	7,75E+01	9,62E+01	2,50E+02
914	9,13E+01	6,91E+01	9,13E+01	2,60E+02	964	9,63E+01	7,59E+01	9,63E+01	2,56E+02
915	9,14E+01	7,07E+01	9,14E+01	2,52E+02	965	9,64E+01	7,48E+01	9,64E+01	2,57E+02
916	9,15E+01	7,38E+01	9,15E+01	2,41E+02	966	9,65E+01	7,96E+01	9,65E+01	2,51E+02
917	9,16E+01	7,79E+01	9,16E+01	2,31E+02	967	9,66E+01	9,38E+01	9,66E+01	2,42E+02
918	9,17E+01	8,14E+01	9,17E+01	2,33E+02	968	9,67E+01	9,99E+01	9,67E+01	2,47E+02
919	9,18E+01	8,34E+01	9,18E+01	2,33E+02	969	9,68E+01	9,89E+01	9,68E+01	2,49E+02
920	9,19E+01	8,40E+01	9,19E+01	2,40E+02	970	9,69E+01	9,46E+01	9,69E+01	2,45E+02
921	9,20E+01	8,45E+01	9,20E+01	2,40E+02	971	9,70E+01	9,16E+01	9,70E+01	2,54E+02
922	9,21E+01	8,40E+01	9,21E+01	2,67E+02	972	9,71E+01	9,03E+01	9,71E+01	2,65E+02
923	9,22E+01	8,09E+01	9,22E+01	3,15E+02	973	9,72E+01	8,65E+01	9,72E+01	2,75E+02
924	9,23E+01	7,70E+01	9,23E+01	3,18E+02	974	9,73E+01	8,57E+01	9,73E+01	2,63E+02
925	9,24E+01	7,48E+01	9,24E+01	3,21E+02	975	9,74E+01	8,94E+01	9,74E+01	2,61E+02
926	9,25E+01	7,39E+01	9,25E+01	2,86E+02	976	9,75E+01	9,15E+01	9,75E+01	2,56E+02
927	9,26E+01	7,37E+01	9,26E+01	2,88E+02	977	9,76E+01	9,17E+01	9,76E+01	2,51E+02
928	9,27E+01	7,37E+01	9,27E+01	2,83E+02	978	9,77E+01	9,17E+01	9,77E+01	2,41E+02
929	9,28E+01	7,36E+01	9,28E+01	2,65E+02	979	9,78E+01	9,04E+01	9,78E+01	2,22E+02
930	9,29E+01	7,35E+01	9,29E+01	2,55E+02	980	9,79E+01	8,59E+01	9,79E+01	2,16E+02
931	9,30E+01	7,50E+01	9,30E+01	2,42E+02	981	9,80E+01	8,10E+01	9,80E+01	2,24E+02
932	9,31E+01	7,79E+01	9,31E+01	2,42E+02	982	9,81E+01	7,73E+01	9,81E+01	2,44E+02
933	9,32E+01	7,92E+01	9,32E+01	2,41E+02	983	9,82E+01	7,55E+01	9,82E+01	2,64E+02
934	9,33E+01	7,60E+01	9,33E+01	2,29E+02	984	9,83E+01	7,52E+01	9,83E+01	2,77E+02
935	9,34E+01	7,18E+01	9,34E+01	2,46E+02	985	9,84E+01	7,78E+01	9,84E+01	2,76E+02
936	9,35E+01	7,23E+01	9,35E+01	2,53E+02	986	9,85E+01	8,14E+01	9,85E+01	2,82E+02
937	9,36E+01	8,23E+01	9,36E+01	2,53E+02	987	9,86E+01	8,27E+01	9,86E+01	2,82E+02
938	9,37E+01	8,31E+01	9,37E+01	2,55E+02	988	9,87E+01	8,26E+01	9,87E+01	2,94E+02
939	9,38E+01	7,90E+01	9,38E+01	2,57E+02	989	9,88E+01	8,21E+01	9,88E+01	3,07E+02
940	9,39E+01	7,68E+01	9,39E+01	2,61E+02	990	9,89E+01	8,11E+01	9,89E+01	3,05E+02

EK-3. (devamı) FDS'den elde edilen veri seti

Çizelge 3.1. (devamı) Doğrulama modeline ait 100 saniyelik pyrosimden elde edilen veri seti

941	9,40E+01	7,60E+01	9,40E+01	2,69E+02	991	9,90E+01	7,99E+01	9,90E+01	2,94E+02
942	9,41E+01	7,58E+01	9,41E+01	2,73E+02	992	9,91E+01	7,90E+01	9,91E+01	2,77E+02
s.no	Time	Device	Time	HRR	s.no	Time	Device	Time	HRR
993	9,92E+01	7,83E+01	9,92E+01	2,53E+02					
994	9,93E+01	7,73E+01	9,93E+01	2,39E+02					
995	9,94E+01	7,61E+01	9,94E+01	2,37E+02					
996	9,95E+01	7,55E+01	9,95E+01	2,35E+02					
997	9,96E+01	7,62E+01	9,96E+01	2,59E+02					
998	9,97E+01	7,75E+01	9,97E+01	2,95E+02					
999	9,98E+01	7,79E+01	9,98E+01	3,07E+02					
1000	9,99E+01	7,69E+01	9,99E+01	2,89E+02					
1001	1,00E+02	7,49E+01	1,00E+02	2,68E+02					

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CİVELEK, Evser
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1978, Trabzon
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 402 32 68
 Faks : ---
 e-mail : evser.civelek@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Mimarlık Bölümü	Devam ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık Bölümü	2004
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık Bölümü	2001
Lise	Anıttepe Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-Halen	MSB Ank.İnş.Eml.Blg.Bşk.lığı	Kontrol Müh.
2003-2004	Lineadecor	Yetkili Satış Sorumlusu
2002-2003	Emaç İnşaat	Proje Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Beyhan, F., Civelek, E. (2017). An Investigation On Performance Based Design Determining The Effect Of Facade Geometry On The Fire Ways. *3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS7), Dubai.*

2. İnternet: Beyhan, F., Civelek, E., Çetin, S. (2018). Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yangını Değerlendirme Raporu. URL: <http://tgub.org.tr/teknik-raporlar>. “Son Erişim Tarihi: 25 Haziran 2020”
3. Beyhan, F., Civelek, E., Çetin, S. (2019). S. Yangın ve Yangın Güvenliği Ön Lisans Ders Kitabı. *Anadolu Üniversitesi Basımevi*, Eskişehir.
4. Beyhan, F., Civelek, E., Çetin, S. (2019). A Research On Performance-Based Fire Safety Design Challenges In Architecture. *Urban Design And Art Conference , 7th International Multimedia Event, Belgrade*.
5. Civelek, E., Beyhan, F. (2019). Investigation of Energy Efficient Facade Systems in the Context of Fire Safety. *4th Sustainable Buildings Symposium (ISBS)*

Hobiler

Yüzme, Basketbol, Halk Oyunları, Tenis



GAZİ GELECEKTİR..