

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



**BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNDE YANGIN RİSKLERİNİN
MODELLEME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gönül AYKUTLUĞ

171101704

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ

İSTANBUL

EKİM 2020

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



**BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNDE YANGIN RİSKLERİNİN
MODELLEME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gönül AYKUTLUĞ

171101704

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ

İSTANBUL

EKİM 2020

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 23/10/2020

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan Kepekli
İmzası

Jüri Üyesi
Doç. Dr.Fatih YILMAZ
İmzası

Jüri Üyesi
Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ
İmzası

ETİK BEYAN

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntılarım, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını

23.10.2020
Gönül AYKUTLUĞ

Bildiririm.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ, Sn. Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ, Sn. Öğr. Gör. Tolga BARIŞIK ve tez çalışmamda verilerini kullanmama izin veren Alışveriş Merkezi İşletme Yöneticisi Sn. Ercan KARA ve desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşım İş Güvenliği Uzmanı Sn. Yusuf DİLBER, okul arkadaşlarım Yasemin Havva SEVİM, Zeynep ASLAN, Aslı KARAÇELİK ve aileme ve eğitim hayatında her zaman beni destekleyen, ikinci annem olan Birsen GÜRSEL' e teşekkür ederim.

Bu çalışmada alışveriş merkezlerinde meydana gelebilecek herhangi bir yangında oluşabilecek maddi ve manevi zararların asgari düzeye indirilebilmesi için yangın yükünün farklı bir metotla hesaplanarak, yangın risklerinin fiziksel değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

İstanbul, 2020

Gönül AYKUTLUĞ

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Amacı	1
1.2 Araştırmanın Önemi	2
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Yanma	4
2.1.1 Yanıcı Madde (Yakıt)	4
2.1.1.1 Katı Maddeler	5
2.1.1.2 Sıvı Yanıcı Maddeler	5
2.1.1.3 Gaz Yanıcı Maddeler	6
2.1.1.4 Metaller	6
2.1.2 Isı	7
2.1.2.1 Isı Transferi	9
2.1.2.1.1 Isı İletimi (Kondüksiyon)	10
2.1.2.1.2 Isı Taşınımı (Konveksiyon)	11
2.1.2.1.3 Isınım (Radyasyon)	12
2.1.3 Oksijen	13
2.1.4 Zincirleme Reaksiyon	14
2.2 Yangının Etkileri	14
2.2.1 Duman	14
2.2.2 Zehirli Gazlar	14
2.2.3 Isı ve Alev	16
2.3 Yanma Çeşitleri	16
2.3.1 Yavaş Yanma	16
2.3.2 Hızlı Yanma	17
2.3.3 Parlama ve Patlama Şeklinde Yanma	17
2.3.4 Kendi Kendine Yanma	17
2.4 Yangın Sınıfları	17
2.4.1 A Sınıfı Yangınlar	18
2.4.2 B Sınıfı Yangınlar	18
2.4.3 C Sınıfı Yangınlar	18

2.4.4 D Sınıfı Yangınlar	18
2.4.5 F Sınıfı Yangınlar.....	18
2.5 Yangının Söndürülmesi ve Engellenmesi	19
2.5.1 İnsanlı Yangın Söndürme.....	19
2.5.2 Otomatik Yangın Söndürme	20
2.5.3 İtfaiye Yaklaşım ve Erişim	24
2.6 Mevzuatlar Çerçevesinde Yangın Güvenliği	24
2.6.1 Türkiye’de Yangın Güvenliğine İlişkin Mevzuat	25
2.6.2 Amerika’da Yangın Güvenliğine İlişkin Mevzuat	25
2.6.3 Avrupa’ da Yangın Güvenliğine İlişkin Mevzuat	25
2.6.3.1 Yangın Mühendisi.....	26
2.7 Alışveriş Merkezi ve Alışveriş Merkezlerinde Yangın.....	30
2.7.1 Alışveriş Merkezi Tanımı	30
2.7.2 Dünya ve Türkiye’de Meydana Gelen Alışveriş Merkezi Yangınları	31
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	33
3.1 Örnek Olarak Kullanılan Alışveriş Merkezinin Tanıtımı	33
3.2 Yanıcı Maddeler ve Tonaj.....	33
3.3 Alışveriş Merkezlerinin Yönetmelikte Yeri.....	34
3.4 Isı Radyasyonu ve Isı Transferinde Mevcut Modellerin Genel Görünümü	34
3.4.1 Yarı Ampirik Modeller	35
3.4.1.1 Nokta Kaynak Modelleri.....	36
3.4.1.2 Çok Noktalı Kaynak Modelleri.....	36
3.4.1.3 Yüzey Yayıcı Modelleri.....	36
3.4.1.3.1 Havuz Yangınlarında Kullanılan Formüller ve Sabitler.....	37
3.4.2 Alan Modelleri	40
3.4.3 İntegral Modeller.....	40
4. BULGULAR	42
5. TARTIŞMA	46
6. SONUÇ	53
7. KAYNAKÇA	56

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Yanıcı gazların alt ve üst patlama limitleri	6
Tablo 2: Yanıcı madde örnekleri.....	7
Tablo 3: Endüstride kullanılan bazı maddelerin tutuşma sıcaklıkları	8
Tablo 4: Bazı tutuşturma kaynaklarının verdiği sıcaklıklar	9
Tablo 5: Maddelerin yanma şekli.....	9
Tablo 6: Yangın sınıflarının uluslararası karşılaştırılması	19
Tablo 7: Yangın türlerine göre söndürme metotları ve kullanılacak malzeme	22
Tablo 8: Yangın sınıflarına göre yanıcı madde, söndürme yöntemi ve kullanılan söndürücü	23
Tablo 9: Ortamda bulunan malzemelerin yanma ısıları ve özısı kapasite değerleri.....	40
Tablo 10: Rastgele Seçilen Beş Mağazanın SEP Değerleri	43
Tablo 11: 5 – 100 m arası mesafelerde maksimum görüş kat sayısı.....	44
Tablo 12: 5 – 100 m arasındaki mesafelerde mağazaların ısı akı değerleri	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Yangını meydana getiren unsurlar	4
Şekil 2: Malzemelerden ısı iletimi	10
Şekil 3: Isı taşınımı	11
Şekil 4: Bina içi boşluklarından ısı taşınımı	12
Şekil 5: Işınım yoluyla ısı iletimi	13
Şekil 6: Yangın söndürme tüpü ile yapılan doğrular ve yanlışlar	23
Şekil 7: Yangın söndürme tüpü kullanımı	24
Şekil 8: Dikey bir radyant ısı için görüş faktörü.....	38
Şekil 9: 1 nolu mağazanın krokisi.....	48
Şekil 10: 2 nolu mağazanın krokisi	49
Şekil 11: 3 nolu mağazanın krokisi	49
Şekil 12: 4 nolu mağazanın krokisi	50
Şekil 13: 5 nolu mağazanın krokisi.....	51

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri	
A_p	:	Alevin yüzey alanı	(m ²)
AVM	:	Alışveriş Merkezi	
b	:	Kesikli kaldırma yüksekliği	(m)
BYKHY	:	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik	
c_p	:	Özısı kapasitesi	(J/kgK)
c₈	:	Sabit terim	(kg / m ² s)
D	:	Havuz çapı	(m)
EN	:	Europeane Norm (Avrupa Standartları)	
EPA	:	US. Environmental Protection Agency (Amerikan Çevre Koruma Ajansı)	
F_h	:	Yayılan nesnenin yatay düzlemde görüş kat sayısı	
F_{max}	:	Yayılan nesnenin maksimum görüş kat sayısı	
F_s	:	Alev yüzeyinden yayılan, üretilen ısının oranı	
F_{view}	:	Görüş kat sayısı	
g	:	Yer çekimi ivmesi	(m/s ²)
h_r	:	Alevin uzunluğu ile alevin yarıçapı arasındaki oran	
İSG	:	İş Sağlığı ve Güvenliği	
L	:	Ortalama alev yüksekliği	(m)
m''	:	Durgun hava koşullarında yanan akı	(kg / m ² s)
NFPA	:	National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Kurumu)	

q''	: Isı akısı	(kW/m ²)
SEP	: Yüzey Yayılım Gücü	(J/m ² s)
SEP_{max}	: Maksimum Yüzey Salım Gücü	(J/m ² s)
T_a	: Ortam sıcaklığı	(K)
T_b	: Ulaşılan son sıcaklık	(K)
TS	: Türk Standartları	
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü	
u_c	: Karakteristik rüzgâr hızı	(m/s)
u_w	: Rüzgâr hızı	(m/s)
u*	: Ölçekli rüzgâr hızı	
x_r	: Alevin merkezinden yayılan nesneye olan mesafe (m)	
X	Alevin merkezinden yayılan nesneye olan mesafe ile alevin yarıçapı arasındaki oran	
ΔH_c	: Yanıcı maddenin yanma ısısı	(J/kgK)
ΔH_v	: Yanıcı malzemenin buharlaşma ısısı	(J/kgK)
ρ_{air}	: Hava yoğunluğu	(kg/m ³)
T_a	Atmosferik geçirgenlik	

ÖZET

BİR ALIŞVERİŞ MERKEZİNDE YANGIN RİSKLERİNİN MODELLEME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Son yıllarda sayılarının artmasıyla birlikte, günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelen alışveriş merkezlerinin Dünya ve Türkiye’de yoğun ilgi görmesi, meydana gelebilecek olası bir acil durumda alışveriş merkezi içerisinde bulunan çalışanlar, müşteriler ve ziyaretçiler içinde birtakım güvenlik sorunlarını meydana getirmektedir.

Yapılarda oluşabilecek yangın yükü incelendiğinde alışveriş merkezlerinin yüksek yangın sınıfı grubunda yer aldığı görülmüştür. Araştırmanın temel amacı: alışveriş merkezlerinde meydana gelebilecek herhangi bir yangında oluşabilecek maddi ve manevi zararların asgari düzeylere indirilebilmesi için yangın yükünün farklı bir metotla hesaplanarak, yangının fiziksel risklerinin değerlendirilmesini sağlamaktır. Bu amaçla, diğer yapılacak faaliyetlere ilave edilmesi ve kaynak teşkil etmesi bakımından mühim olacağı muhakeme edilmektedir.

Anahtar sözcükler: Alışveriş Merkezi, Yangın, Yangın Yüğü.

SUMMARY

EVALUATION OF FIRE RISKS USING MODELING METHODS IN A SHOPPING CENTERS

In the recent years, with the increase of the number of shopping centres which are indispensable parts of our lives and the increasing interest they receive, several security problems have appeared for the employees, visitors and customers in them in case of an emergency.

When fire load is investigated in the buildings, it has been determined that shopping centres are in high fire class. The basic purpose of the investigation is to provide the evaluation of physical risks of the fire by calculating the fire load in a different method in order to minimize physical and moral damage that occur in case of a fire in shopping centers. For this purpose, it has been thought that this investigation could have significant contribution to other workshops and provide them with a source.

Key words: Shopping Centers, Fire, Fire Load.

1. GİRİŞ

Yanma olayının kontrolümüz dışına çıkmasının ve tehlikeli bir şekilde büyüyerek yangın evresine geçişinin, yangın oluşumunun da nasıl bir tehlike yaratacağını ve sonuçlarını, önceden kestirmemiz oldukça zordur. Hızla ilerleyen teknoloji, değişen yapılaşma ve tüm bunlara aynı oranda ayak uyduran nüfus artışı ve de yapılarda gözlenen kullanıcı sayısı ele alındığında oluşabilecek ve kontrol altına alınamayacak bir yangın olayının sonuçlarının yani can ve mal kaybının ağır olacağının bir göstergesidir^[1].

Günlük hayatta gün içerisinde defalarca yanma olayını gözlemliyoruz. Örneğin; mutfaklarda kullanılan ocaklar, ısıtma sistemleri, motorlar, soba, mangal vb. birçok günlük olay yanma olayıdır. İnsan hayatını kolaylaştıran ve uygarlığa katkı sağlayan yanma olayı, kontrolden çıktığı durumlarda ise daima yıkıcı sonuçlara, mal kaybına ve en önemlisi can kaybına sebep olmuştur.

Yangın olayı incelendiğinde özellikle insanların güzel vakit geçirmek, alışveriş yapmak ve sosyalleşme amaçlı kullandığı alışveriş merkezlerinde ne gibi olumsuz sonuçlar oluşturduğuna dikkat etmek ve bu olumsuzların azaltılması amacıyla çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir.

1.1 Araştırmanın Amacı

Alışveriş Merkezlerinde meydana gelebilecek herhangi bir yangında oluşabilecek maddi ve manevi zararların asgari düzeye indirilebilmesi için yangın yükünün farklı bir metotla hesaplanarak, yangının fiziksel risklerinin değerlendirilmesi hakkında çalışma yapılacaktır.

Ülkemizde yangın konusunda yeteri kadar çalışmaların yapılmamış olması, yangının etkilerinin göz önünde bulundurulmaması ve gerekli önlemlerin alınmaması sonucunda ciddi boyutlarda maddi, manevi kayıplar söz konusudur. Bu

olumsuzlukların azaltılması ve kayıpların önüne geçilmesi, güvenli mesafelerin öneminin anlaşılması ve iş güvenliği alanında acil durum planlarına, acil kaçış senaryolarına farklı bir bakış açısının sağlanması amaçlanmaktadır.

1.2 Araştırmanın Önemi

Son yıllarda sayılarının artmasıyla birlikte günlük hayatın bir parçası haline gelen alışveriş merkezlerinin dünya çapında yoğun ilgi görmesi, meydana gelebilecek olası bir acil durumda alışveriş merkezleri içerisinde bulunan çalışanlar, müşteriler ve ziyaretçiler içinde bir takım güvenlik sorunlarını meydana getirmektedir. Bu sorunların başında da yangınlar gelmektedir. Bunun en önemli örneği; 26 Mart 2018 Rusya, Kemerova'daki Zimnyaya Vişnya isimli alışveriş merkezinin sinema ve çocuk oyun alanının bulunduğu katta yangın çıkmış olup, o sırada orada bulunan çocukların bir kısmı hayatını kaybetmiş, bir kısmı da hastanede tedavi altına alınmıştır ^[2].

Türkiye'de ise alışveriş merkezlerinin sayısı gün geçtikçe artmakta ve özellikle İstanbul'da bulunan alışveriş merkezlerinin sayısının ülke genelinde bulunan alışveriş merkezleri sayısının toplamının yarısı kadar olduğu ve sayının artan ihtiyaca oranla daha da artacağı tahmin edilmektedir ^[3]. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) gereği yangınlardan korunmak ve etkilerinin azaltılması amacıyla alınması gereken asgari önlemler belirtilmiştir ^[4]. Alışveriş merkezleri incelendiğinde yangın konusunda önlem alınması gereken kuruluşlar arasında ilk sırada yer almaktadır. Yangın yükünün tanımı incelendiğinde, Yangın Yüğü: Yapılarda bulunan yanıcı maddelerin miktarı ile yanma olayına göstermiş olduğu tepki değerinin çarpımları toplamının, tüm yapı alanına bölünmesi sonucunda ulaşılan ve MJ/m² gösterilen orandır ^[4]. Bu tanım incelendiğinde alışveriş merkezlerinde bulunan tekstil ürünleri, mobilyalar vb. gibi yanıcı malzemeler, bunun yanı sıra işletme içerisinde kullanılan sabit materyaller kapı, vb. yanıcı malzemelerdir. Alışveriş merkezlerinin alanı sabit olduğundan işletme içerisine giren yanıcı ve yakıcı malzeme yoğunluğu sürekli olarak değişmektedir. Sebebi ise işletme

içerisinde çalışan ve ziyarete gelen müşterilerin sayısının değişmesidir. Bu değişiklik özellikle hafta içi akşam ve hafta sonlarında artmaktadır.

Literatür taraması yapıldığında Dünya’da ve ülkemizde alışveriş merkezlerinde yangınlarla ilgili herhangi bir çalışma olmadığı, bir yangında yangın yükü hesabı ile meydana gelebilecek zararların etkilerinin azaltılması ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Bu tezle birlikte, bir alışveriş merkezinde yangın yükünün farklı bir metotla (Alan Modelleri) hesaplanarak, yangın etkilerinin azaltılması hususuna dikkat çekilmek istenmektedir.



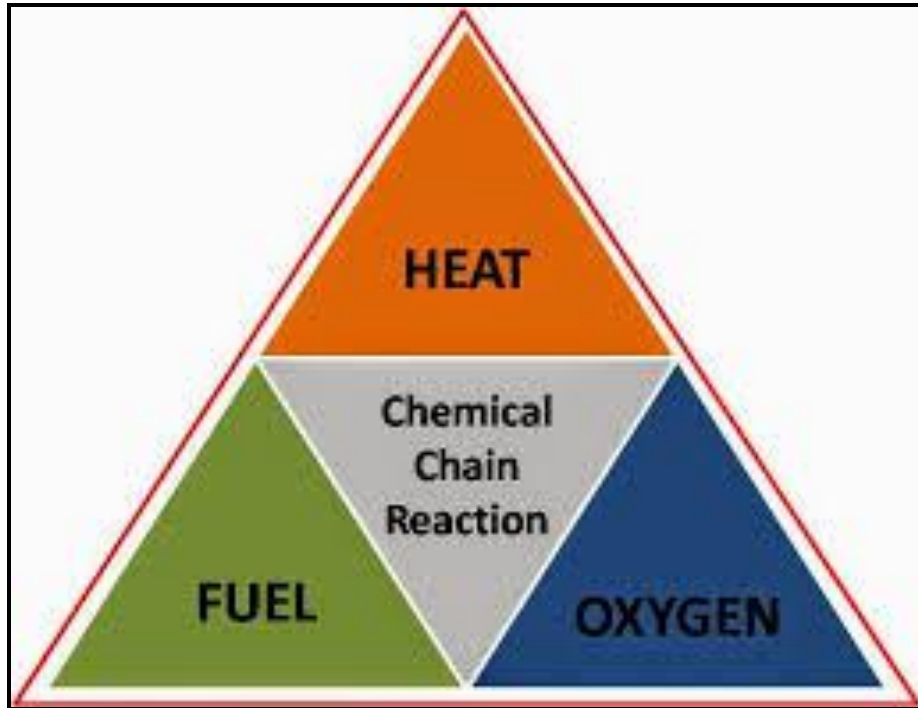
2. GENEL BİLGİLER

2.1 Yanma

Yanma olayı; yanıcı madde, yakıcı madde ve oksijenin bir araya gelmesi ile gerçekleşen ve sonucunda ısı ve ışık elde edilen durumdur ^[5]. Başka bir ifade ile yanıcı malzemenin hidrojenden kurtulması ve oksijenin emilimini sağlayan ve sıcaklık ile akkor olma durumudur ^[6].

2.1.1 Yanıcı Madde (Yakıt)

Yakıt (yanıcı madde), ısı ve oksijen yangının meydana gelmesinde etkili olan üç temel unsurdur ve bunların yangına sebebiyet vermesi için kimyasal tepkime olması gerekmektedir. Kısacası yangın, yanma tepkimesinin beklenmeyen bir şekilde kontrolden çıkıp bir hal almasıdır. Yangının son bulabilmesi için yangını oluşturan unsurlardan herhangi birini ortamda devre dışı bırakmak veya kimyasal tepkimenin yavaşlatılması gerekmektedir ^[7].



Şekil 1: Yangını meydana getiren unsurlar ^[8].

Yangın, yanıcı madde, yakıcı madde ve oksijenin birleşmesi sonucu ortaya çıkan ve faydalanmak için elde edilen yanma olayının kontrolden çıkması ve zarar verecek duruma gelme durumudur ^[9].

Yangın için gerekli olan üç unsurdan birincisi yakıt yani yanıcı maddedir. Yanıcı maddeler yanma potansiyeline sahip maddelerdir.

Bir yangının boyutunu ve yangına nasıl müdahale edebileceğimizi, kontrol altına alabileceğimizi veya yangını nasıl önleyebileceğimizi bilmek ve önlem alabilmek için yanıcı maddeleri ve türleri hakkında bilgi sahibi olmamız gerekmektedir. Yanıcı maddeler dört kategoride incelenebilir ^[10]:

- Katı maddeler,
- Sıvı maddeler
- Gazlar
- Metaller

2.1.1.1 Katı Maddeler

Moleküller arası işbirliği yüksek olan, belirli bir hacme ve şekle sahip olan maddeler katı yanıcı maddeler olarak tabir edilir. Kömür, odun, kumaş, mum, parafin gibi maddeler katı yanıcı maddelere örnektir ^[11].

2.1.1.2 Sıvı Yanıcı Maddeler

Parlama noktası 60,5 – 93°C aralığında olan maddelere yanıcı sıvılar denir. Parlama seviyesi 60,5°C den aşağı olan maddeler ise alev alabilen sıvılardır ^[12]. Yanma yüzeydedir. Yüzey altında yanma gerçekleşmez. Yüzeyde gerçekleşen yanma olayı sonucunda ısı artışı ve yanmanın ilerleyebilmesi için mevcut ortam oluşmuş olur. Yanıcı sıvı maddelerin parlama noktası düştükçe yangın açısından tehlike riskleri artar. Benzin, motorin, alkol, cilalar, gazyağı, mazot, tiner gibi maddeler sıvı yanıcı maddelere örnektir ^[11].

2.1.1.3 Gaz Yanıcı Maddeler

Gazların moleküler arası çekim kuvvetleri çok zayıftır. Diğer yanıcı maddelere göre daha basit ve hızlı bir şekilde yanarlar. Çoğunlukla hidrokarbon bileşikleri (petrol ve türevleri) ve bu bileşiklerin karışımlarından meydana gelirler. İçinde bulundukları kapların ya da tankların dayanım kuvvetine bağlı olarak sıkıştırılıp basınç altında sıvılaştırılabilirler. Basınç kaldırıldığında ise tekrar gaz halini alırlar. Propan, bütan, asetilen, doğalgaz gibi maddeler gaz yanıcı maddelere örnek olarak verilebilir ^[11].

Gazların kapalı hacimlerdeki kaçakları, kıvılcım ile karşılaştığında patlama meydana gelir. Gazların alt patlama limiti ve üst patlama limiti vardır ^[13].

Tablo 1: Yanıcı gazların alt ve üst patlama limitleri ^[12].

Yanıcı Gazın Adı	Alt Patlama Limiti % Hacim UEL	Üst Patlama Limiti % Hacim LEL
LPG	2,1	9,6
Doğalgaz	5	15
Havagazı	4	40
Hidrojen	4	75,6
Asetilen	1,5	82
Karbon monoksit	12,5	74
Kükürt karbonat	1	60

2.1.1.4 Metaller

Metallerde diğer katı maddeler gibi hacimlerine oranla yüzey alanları büyüdükçe yanıcı olma özellikleri artar. Demir tozu veya demir talaşı gibi küçük partiküllere sahip olan maddeler çok hızlı şekilde yanar. Alüminyum gibi metaller ise patlamalarla yanar ^[10].

Tablo 2: Yanıcı madde örnekleri

Katı	Sıvı	Gaz	Metal
Kâğıt	Benzin	Propan	Magnezyum
Ahşap	Mazot	Hidrojen	Alüminyum
Plastik	Alkol	Doğalgaz	Demir
Tekstil	Boya	Asetilen	Lityum

Yanıcı maddelerin özelliklerine göre yanma olayı alevli, korlu veya alev + korlu şeklinde meydana gelebilir. Yanma sonucunda ise farklı miktarda ısı, ışık ve duman açığa çıkabilir ^[14].

Teknik olarak katı ve sıvılar yanmazlar. Fakat dışarı verdikleri buharlar yanma olayını gerçekleştirir. Yakıt olarak kullanmakta olduğumuz ahşaplar dahi alevli yanmazlar; için için yanarlar. Bu nedenle talaş parçaları, kalıp tahtaya kıyasla daha yanıcıdır. Talaş parçalarının oluşturduğu yüzey alanı, kalıp tahtaya oranla daha fazladır ve daha fazla yanıcı buhar açığa çıkartırlar ^[10].

Maddelerin kendiliğinden tutuşma sıcaklık seviyeleri daima aynı değildir ve zaman zaman farklılıklar gösterebilirler. Örneğin; kâğıdın kendiliğinden tutuşma sıcaklığı 420 °C iken, bu durum petrol için 480 °C ‘ dir. Aradaki fark incelendiğinde, bazı durumlarda kâğıt petrolden daha tehlikeli olabilir ^[10].

2.1.2 Isı

Yanma olayının gerçekleşmesi için gerekli olan en önemli etken ısıdır. Yaşantımız içerisinde yanıcı madde ve oksijen devamlı temas halindedir ve yanma olayının gerçekleşmesi için ısıya gereksinim duyulur ^[13].

Yanmanın başlayabilmesi için sıcaklığın, yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığını elde etmesi gerekir ^[13].

Bir cisimden diğ er cisme, sıcaklık farkı nedeniyle aktarılan enerjiye Isı denir. Farklı sıcaklıklara sahip iki cisim yanyana getirildiğ inde genellikle sıcak olan cisimden soğ uk olan cisme doğ ru sıcaklık, enerji aktarımı ger ekleş ir. Isı bir enerji birimiyken, sıcaklıksa cisimdeki ısı enerji miktarının ölçüsüdür. Isı birimi Joule'dur, sıcaklık birimi ise  C'dir. Kızgın yüzeyler, açık alevler, kendiliğ inden yanma, elektrik, statik elektrik, kıvılcım, sürtünme ve doğ al ısı kaynakları (güneş, yıldırım) ısı kaynaklarına birer örnektir.

Tablo 3: Endüstride kullanılan bazı maddelerin tutuşma sıcaklığ ı ^[13] .

Maddenin Adı	Tutuşma Sıcaklığ�ı
Pamuk	400 �C
Pamuklu kumaş (ham bez)	225 �C
Pamuklu kumaş (aprelenmiř)	275 �C
Y�n	600 �C
Naylon 6,66	425 �C (160 �C - 260 �C arası erir)
Polyester	450 �C – 485 �C (256 �C – 292 �C de yumuřar ve damla damla akar)
Tahta	240 �C - 270 �C �am ağ�acı 260 �C
Gazete K�ğ�dı	230 �C
Amonyak	651 �C

Tablo 4: Bazı tutuşturma kaynaklarının verdiği sıcaklıklar ^[13].

Tutuşturma Kaynağının Adı	Verdiği Sıcaklık
Doğalgaz	Hava ile 1875 °C (Oksijen ile 2780 °C)
Propan	Hava ile 1925 °C (Oksijen ile 2800 °C)
Bütan	Hava ile 1905 °C (Oksijen ile 2900 °C)
Kibrit	450 °C – 470 °C
Elektrik Arkı	1093 °C
Sigara	287 °C – 732 °C
Oksijen-Asetilen Kaynağı	3315 °C

Tablo 5: Maddelerin yanma şekli ^[13].

Yanıcı Madde	Madde Özelliği	Yanma Şekli
Katı	Alüminyum, titanyum, magnezyum gibi hafif metaller	Yalnız kor
Katı	Zift, katı yağlar	Yalnız alev
Katı	Odun, kömür	Alev ve kor
Sıvı	Benzin, fuel-oil, alkol, eter	Gaz haline geldikten sonra alevli
Gaz	Hidrojen, asetilen, LPG	Yalnız alev

Isının iletildiği yol, sıcaklığın fazla olduğu yerden sıcaklığın daha az olduğu yere doğrudur. Isı, sıcaklık farkı ne kadar minimum olursa olsun daima ilerler.

2.1.2.1 Isı Transferi

Isının bir nesneden diğerine transferi üç şekilde oluşur:

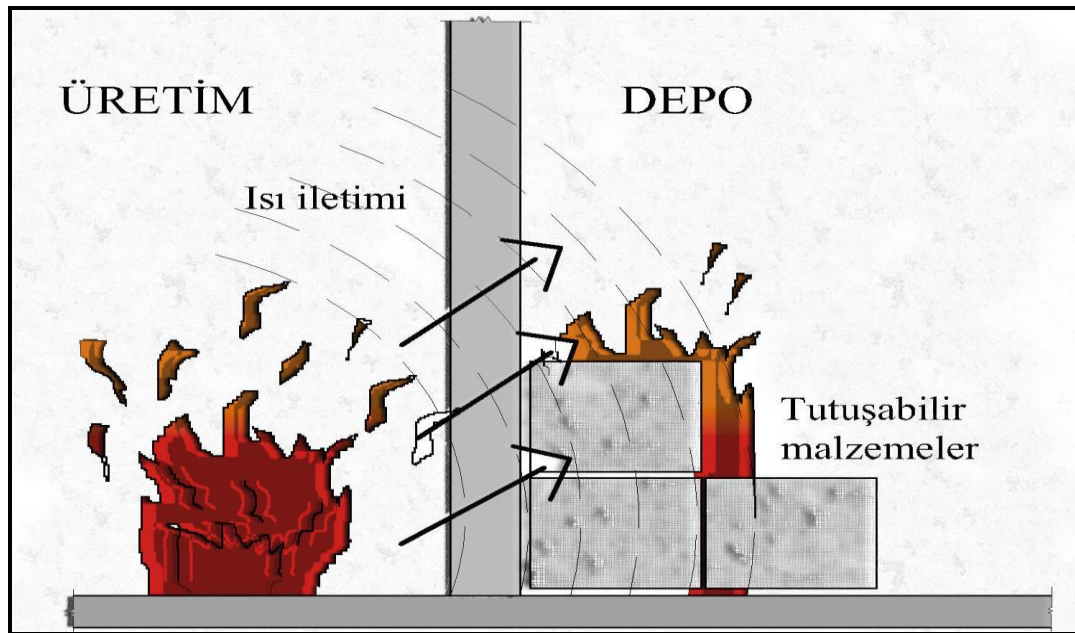
1. İletim,
2. Taşınım,
3. Işınım.

2.1.2.1.1 Isı İletimi (Kondüksiyon)

Isı iletimi, malzemelerin molek leri aracılığı ile ısının taşınmasıdır. Bu çeşit bir ısı taşıma, bir taşıyıcıyı gerektirir ve malzemenin özelliğine bağlıdır. Isıl iletkenlik değeri ile sembolize edilir. Birimi (kcal/hm/°C) veya (W/mK) dır [15]. Yangın sırasında ısı;  elik borular, metal tel ve kanallar gibi iyi iletkenlerle taşınır. Tersine ahşap, mineral y n, cam elyafı ve benzeri malzemeler ısı iletkenliğı açısından zayıftırlar [5].

 t n n sahip olduğı ısıyı kumaşlara aktarması ve ocak demirlerinin üzerinde bulunan tencereye aktarılan ısı örnek olarak verilebilir.

Isı, malzemeler aracılığıyla sıcak bölgelerden soğuk bölgelere doğıru taşınır. Sekil 2’de olduğı gibi; yangın durumunda mek nda oluşan ısı, duvar vasıtasıyla iletilerek bitişikteki mek ndaki yanabilir malzemelere doğıru taşınarak onları tutuşturabilmektedir [16].

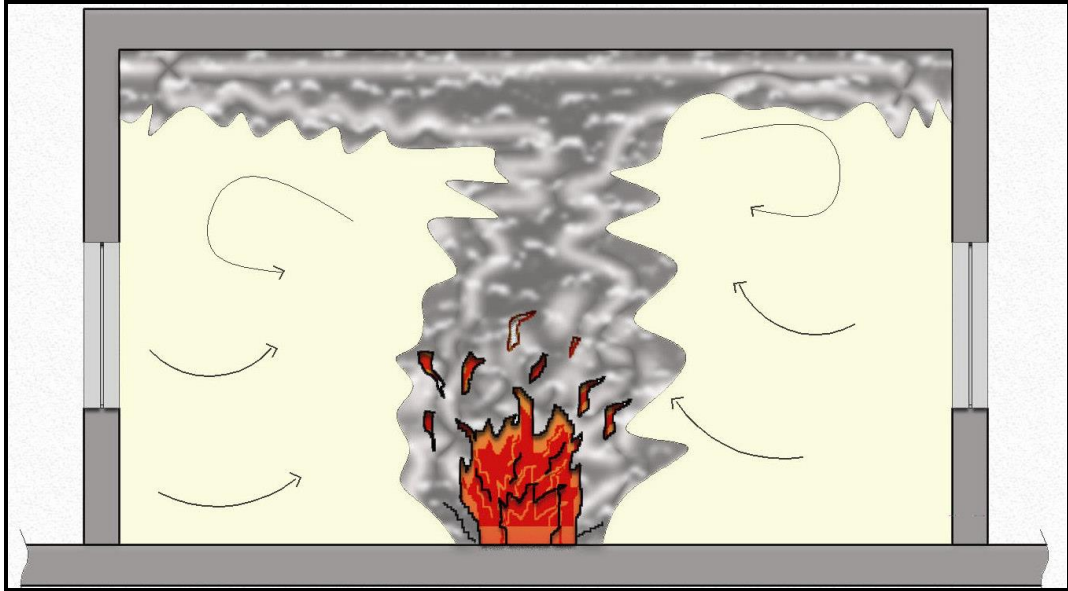


Şekil 2: Malzemelerden ısı iletimi [16].

2.1.2.1.2 Isı Taşınımı (Konveksiyon)

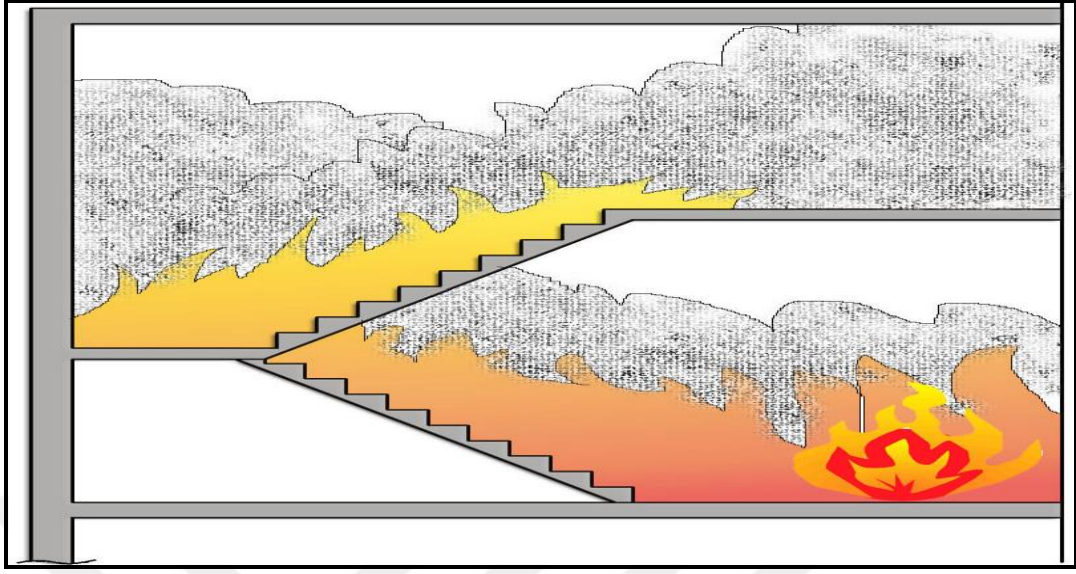
Isı taşınımı hava hareketiyle ısının taşınmasıdır. Yangın sırasında ısınmış hava yangından uzağa yayılır ve taşınır; kapılara, hava kanallarındaki perdelere v.b. boşluklara nüfuz eder ^[5].

Yangın anında, meydana çıkan dumanlar, alev ile tavana ulaşırlar. Sıcak dumanlar tavan boyunca ilerleyerek tavan yüzeyinin tamamını ısıtırlar. İlerleme boyunca temas ettikleri tüm yanabilir maddeleri tutuşturabilirler (Şekil 3) ^[16].



Şekil 3: Isı taşınımı ^[16].

Yangınlarda meydana gelen duman ve zehirli gazların dışarı atılabilmesi için, binaların içerisinde güvenli yerlerde, baca ve boşluklar tasarlanmalıdır. Şekil 4’de olduğu gibi bina içerisinde meydana gelen yangın, gerçekleştiği alandan taşınım gücüyle farklı alanlara yükselerek ilerler. Merdiven boşlukları, asansör boşlukları ve kanallar, yangının tüm katlara ulaşmasında bir baca gibi davranırlar ^[16].



Şekil 4: Bina içi boşluklarından ısı taşınımı ^[16].

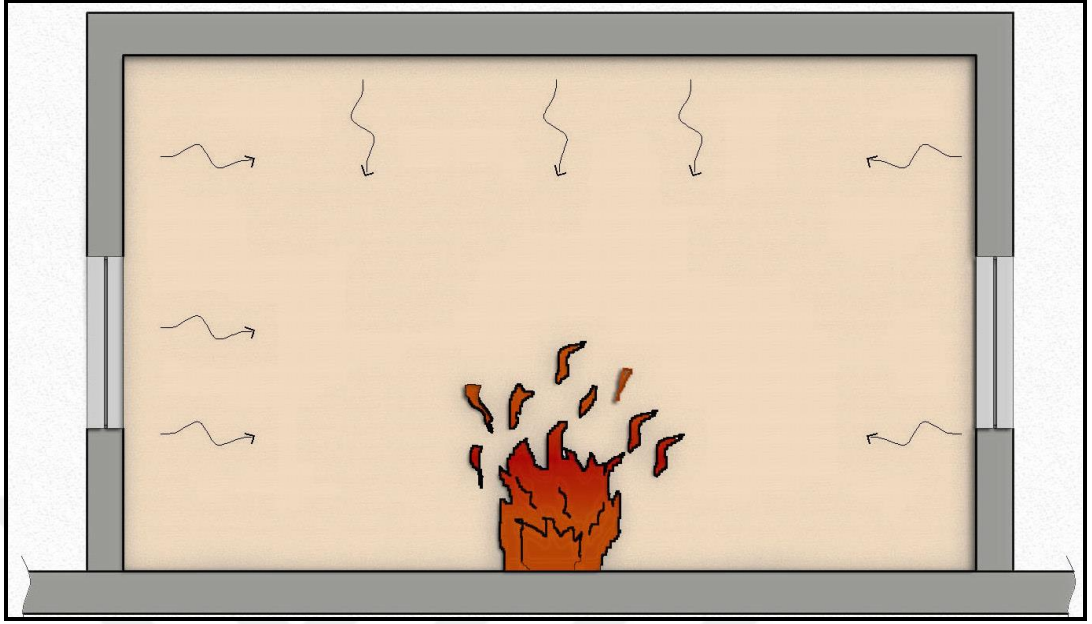
2.1.2.1.3 Işınım (Radyasyon)

Işıma ile sıcaklık elektromanyetik dalgalar aracılığıyla iletilir. Yangın anında sıcak yüzeylerden ısının yayılabilmesinde, yanıcıların bu yüzeye olan mesafesi önemli olmaktadır ^[5]. Ayrıca, ışımaya maruz madde, yüzeyinin beyaz, siyah, gri olmasına bağlı olarak bu yayılımdan etkilenir. Sadece hava gibi bazı renksiz gazlar geçirgenlerdir ^[17].

Radyasyon yolu ile transfer olan enerji, cisimler arasındaki mesafe ve aralarındaki sıcaklık farkında bağlıdır ^[18]. Işınım ile ısı alışverişi en hızlı (ışık hızında) olundur ve boşlukta yavaşlamaz. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi bu şekildedir.

Pekçok yangında ısıtım; yangının büyümesinde ve gelişiminde güçlü bir etmendir. Yangını büyüttüğü gibi içerideki tüm yüzeyleri yavaş yavaş (bazen çok hızlı) sararak ısıyı yükseltmektedir. Yangının meydana geldiği bir ortamda duvar ve tavan yüzeylerin ısı enerjisi yaymaları ortamdaki ısı artışına önemli bir etkendir (Şekil 5) ^[16].

Yangının yayılımı ve gelişmesi; duvar, tavan ve döşeme yüzeylerindeki sıcaklık artışı, tutuşabilir malzemelerin yanma oranı ile ilerleme göstermektedir ^[16].



Şekil 5: Işınım yoluyla ısı iletimi ^[16].

2.1.3 Oksijen

Herhangi bir yanıcı maddenin yanabilmesinde havayla beraber belirli bir oranda karışması gerekmektedir. Bu oran belli bir aralık değerini ifade eder ve her yanıcı madde için farklı değerler söz konusudur ^[19].

Oksijen kendi halinde yanmayan, belirli bir renge ve kokuya sahip olmayan, fakat yanmayı gerçekleştiren bir gazdır. Havada %21 oranında oksijen bulunur.

Oksijenin kaynağı hava olurken; bazı yanıcı maddelerin, yapıları gereği oksijen barındırdıkları bilinmektedir ^[20].

Yanma sürecinin devam etmesi ve yanıcı maddenin kimyasal reaksiyona girebilmesi için; yeterli miktardaki oksijen sürekli olarak ortamda bulunmalıdır. Bu durumda, yanmanın olduğu alanda havalandırmanın bulunması gerekmektedir ^[19]. Ortamda yanma olayının gerçekleşebilmesi için gerekli olan ortalama oksijen miktarı %16 civarındadır. Eğer bu değer %16'nın altına inmeye başlarsa yanma işlemi

yavaşlamaya, sonrasında ise son bulur. Oksijen miktarı %14'ün altına düştüğünde ise yanma işlemi meydana gelmez. Oksijenin kesildiği yerde, yangın söner.

2.1.4 Zincirleme Reaksiyon

Zincirleme reaksiyon, yanıcı madde ile oksijen arasındaki kimyasal reaksiyondur. Yanma olayının devam edebilmesi için zincir reaksiyonunun beslenmesi gerekmektedir.

2.2 Yangın Etkileri

Yangının etkileri 3 şekilde ortaya çıkar:

2.2.1 Duman

Kontrol altındaki yangınlar, yanma işleminin gerçekleşmesi için yeterli oksijene ve havaya sahiptirler. Bu sebepten dolayı da kontrol altındaki yangınlarda çok az miktarda duman görülür. Kontrol altına alınamayan yangınlarda oksijen eksikliği görünür ve bu durum içten yanma olayını gerçekleştirerek ağır bir duman yayılımı açığa çıkarır ^[21].

Yanıcı maddelerin bir kısmının içerisinde karbon ve katran bulunur. Bazı maddeleri ise çıkardığı dumanın kokusundan tanımlayabiliriz. Yangın esnasında meydana gelen duman, gözlerde tahrişe, daha da ilerleyen yangın aşamalarında ise boğaz ve burunda tahrişler meydana getirir ^[21].

2.2.2 Zehirli Gazlar

Yangın anında, yangının meydana getirdiği dumanların içerisinde zehirli gazlar mevcuttur. Yangınlarda can kayıplarının başlıca sebebi de bu zehirli gazlardır. Yanıcı maddelerin yanma esnasında açığa çıkardığı gazlar ise;

- Kâğıt, odun, ahşap yangınlarında: formaldehit, formik asit, karbonik asit, asetik asit, karbon monoksit,
- Plastik yangınlarında: karbon monoksit, hidroklorik asit, siyanid, azot oksitler,
- Kauçuk yangınlarında: kükürt dioksit, kükürtlü hidrojen, karbon monoksit,
- İpek yangınlarında: amonyak, siyanid,
- Yün yangınlarında: karbon monoksit, kükürtlü hidrojen, kükürt dioksit, siyanid gazı açığa çıkar.

Belirtilen bu gazlar, yanma işlemi sırasında açığa çıkan gazların bir kısmını oluşturmaktadır. Açığa çıkan bu gazlardan en etkililerini ve etki değerlerini ele alacak olursak;

- Karbon monoksit (CO): Rengi ve kokusu olmayan, içeriğinde karbon, oksijen ve hidrojen bulunan organik maddelerin tam anlamı ile yanmamasından dolayı meydana gelir. Hava ile %12-75 oranında bir araya gelmesi sonucu patlayarak yanar. Az maruz kalınması durumunda baş ağrısı, yoğun şekilde maruz kalınmasında ise ölümlere sebep olur.
- Karbon di oksit (CO₂): Rengi ve kokusu olmayan, yanmaz ve az zehirli olan bir gazdır. Yoğunluk olarak havadan 1,529 kez daha ağırdır. %0,1 – 0,5 konsantrasyonlarında baş ağrısına sebep olur. Yoğunluk, % 8-9 olduğunda karbondioksitten ölüm çok fazla yaşanmasa da boğulmaya neden olmaktadır. Kalıcı olarak tehlikesi ise solunum sistemini uyarmasıdır. Karbondioksit seviyesi %2 iken normal solunum %50 artış gösterir, %3 iken %100 artar ve böylece gaz daha hızlı şekilde solunum sistemine girer.
- Kükürtdioksit (SO₂): Zehirli, yanmaz ve tahriş edici bir gaz olan kükürtdioksitin yoğunluğu 2,264'tür. Yoğun bir sülfür kokusu vardır ve solunması zararlıdır.
- Kükürtlü hidrojen (H₂S): Karbonmonoksitten daha zehirlidir. Havadan ağırdır ve çürük yumurta kokusu ile tanınmaktadır. Yoğunluğu 0,04 – 0,07 iken baş ağrısı, solunum rahatsızlıkları, ileri şekilde yoğunluğunda ise merkezi sinir sistemini bozarak felce sebep olur.

- Amonyak (NH_3): Yanar, renksiz, çok keskin bir kokuya sahip olan, zehirli, havadan daha hafif, yoğunluğu ise 0,597 olan bir gazdır. %15-26 oranındaki havada yanar. %0,25-0,65 yoğunluğunda bulunduğu ortamda yarım saatte öldürücü olabilir. Gaz, burun ve boğaz tahrişine yol açar. Suyu eğiliminin kuvvetli olması sebebi ile amonyak buharları su spreyi ile atmosferden emilir.
- Siyanid (HCN): Çok zehirli, yanabilen bir gazdır. Havadan ağırdır ve badem kokuludur. Havada %5-40 oranında yanıcıdır. %0,3 yoğunluğunda ise öldürücüdür.
- Akrolin (C_3H_4): Petrol ürünlerinin yanması esnasında açığa çıkan gazdır. Havadan daha ağırdır. Havada %2,8-31 sınırında bulunması yanıcıdır. Bir milyonda on yoğunluğunda öldürücü olabilir ^[21].

2.2.3 Isı ve Alev

Sıcaklığın yüksek olması sebebi ile susuzluk, solunum yollarında yanma, kalp artışlarında ise artışlar meydana gelir. Serbest bir şekilde yanmakta olan maddelerde alevler görülür. Alevlerin etkileri incelendiğinde, insan vücudunda 1. , 2. ve 3. derece yanıklara sebebiyet verdiği görülür ^[21].

2.3 Yanma Çeşitleri

Yanma dört şekilde gerçekleşir:

2.3.1 Yavaş Yanma

Yavaş yanma içten yanmadır. Oksijen yeterli olmadığı durumlarda, yanıcı maddenin gerekli miktarda ısı, buhar veya gaz aktaramadığı anlarda meydana gelir. Canlıların hücre solunumu, demirin paslanması ve yiyeceklerin çürümesi yavaş yanmaya örnek olarak verilebilir.

2.3.2 Hızlı Yanma

Hızlı yanma, yanma olayının tüm adımlarının bir araya gelmesi ile meydana çıkan durumdur. Yanma olayının adımları alev, ısı, ışık ve korlaşmadır. Parafin, naftalin, odun ve kömürün yanması gibi olaylar birer hızlı yanmadır.

2.3.3 Parlama ve Patlama Şeklinde Yanma

Yanan maddelerin bir anda parlaması sonucu çeşitli gazlar açığa çıkar. Açığa çıkan bu gazlar hacim genişlemesine sebep olur ve etrafını zorlar, parlamalar patlamalar ile sonuçlanır. Bu şekilde patlamaların gerçekleşmesi için parlama limitlerinde yanıcı, toz, buhar ve gazların hava ile karşılaşması ve patlayıcı karışımı meydana getiren bir ateşleme enerjinin açığa çıkması gerekir.

2.3.4 Kendi Kendine Yanma

Kendiliğinden yanma olayı, yavaş yanma olayının zamanla hızlı yanma olayına geçiş yapmasıdır. Özellikle bitkisel kaynaklı yağlı maddeler normal hava ısısı ve oksijeni içerisinde kolaylıkla birleştirmekte ve bu birleşme sırasında ise daha da artış gösteren ısı açığa gelmektedir. Zamanla doğru orantılı olarak artış gösteren ısı, bir süre sonra alevlenme derecesine ulaşarak maddenin kendiliğinden yanmasına sebep olur. Örneğin; bezir yağı ile temas ettirilmiş bir bez parçası yukarıda açıklandığı şekilde bir müddet sonra alev alarak yanar.

2.4 Yangın Sınıfları

Kullanılacak yangınla mücadele teknikleri yanıcı maddenin türüne göre değişir; bu yüzden yanıcı maddelerin kategorilerini bilmek gerekir. Ülkemiz mevzuatları incelendiğinde yangınlar dört sınıfta (A,B, C, ve D sınıfı) kategorilendirilirken, TS EN 2 ve TS EN 2 /A1'e göre ise yangın çeşitleri 5 sınıfta (A, B, C, D ve F Sınıfı) kategorilendirilmiştir [22,23,24].

Yangın türü, yanan maddeye göre belirlenir.

2.4.1 A Sınıfı Yangınlar

Odun, kömür, kâğıt, ot, doküman ve plastik gibi katı madde yangınlarıdır.

2.4.2 B Sınıfı Yangınlar

Benzin, benzol, makine yağları, laklar, yağlı boyalar, katran ve asfalt gibi sıvı madde yangınlarıdır.

2.4.3 C Sınıfı Yangınlar

Metan, propan, bütan, LPG, asetilen, havagazı ve hidrojen gibi yanıcı gaz yangınlarıdır.

2.4.4 D Sınıfı Yangınlar

Lityum, sodyum, potasyum, alüminyum ve magnezyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddeler gibi metaller yangınıdır.

2.4.5 F Sınıfı Yangınlar

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı pişirme yağlarının yangınlarıdır.

Elektrik yangınları C sınıfı yangınlar içerisinde değerlendirilmelidir. Bunun nedeni elektrik enerjisinden doğan ısı, kısa devre gibi nedenlerle artarak iletkenlerin birbirine temas etmesini önleyen petrol ürünü yalıtkan maddelerin yanmasını ve zehirli gaz çıkarmasını sağlayacaktır ^[18].

Uluslararası standartlarda, yangın sınıfları ve türleri daha farklı değerlendirilmektedir.

Tablo 6: Yangın sınıflarının uluslararası karşılaştırılması

Amerikan	Avrupa	Avustralya/Asya	Yakıt/Isı Kaynağı
A Sınıfı	A Sınıfı	A Sınıfı	Sıradan Yanıcı
B Sınıfı	B Sınıfı	B Sınıfı	Yanıcı Sıvılar
C Sınıfı	C Sınıfı	C Sınıfı	Yanıcı Gazlar
	Sınıflandırılmayan	E Sınıfı	Elektrikli Ekipmanlar
D Sınıfı	D Sınıfı	D Sınıfı	Yanıcı Metaller
K Sınıfı	F Sınıfı	F Sınıfı	Yemeklik Yağ veya Yağ

2.5 Yangının Söndürülmesi ve Engellenmesi

Kontrolden çıkan yanma olayının (yangının) önlenmesi, kontrol altına alınabilmesi ve söndürülmesinde temel etmen yanıcı maddenin, ısının ve oksijenin kontrol altına alınmasıdır. Müdahale işlemi gerçekleştirilirken dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi de rüzgâr akım yönü arkaya alınarak söndürme işleminin gerçekleştirilmesidir.

Soğutarak, havayı keserek veya yanıcı maddeyi ortamdan uzaklaştırarak söndürme sağlanabilir.

Söndürücü ekipmanlarının kullanımında üç esas teknik bulunmaktadır. Sırasıyla incelendiğinde ilki; yangın söndürme cihazlarının kullanıcılar tarafından kullanılması; binalara otomatik yangın söndürme modellerinin kurulması diğer bir adımken; Son olarak kullanılan teknik ise yangının itfaiye ekipleri tarafından kontrol altına alınması ve söndürülmesidir ^[25].

2.5.1 İnsanlı Yangın Söndürme

İnsanlar tarafından kullanılan yangın söndürme cihazları oldukça önemlidir. Kullanılan bu cihazların yanıcı maddenin özelliğine göre; uygun özellikte seçilmesi, yeteri kadar sayıda bulunması ve olması gereken alanlarda bulundurulması yangının

son bulması açısından büyük önem arz etmektedir. İnsanlar tarafından kullanılabilecek yangın söndürme cihazlarının kullanımının nasıl yapılacağı hakkında insanların alması gereken eğitimden bina yöneticisi mesuldür. Bunlar ^[24];

- * Bina içi hortum sistemi,
- * Bina dışı hortum (hidrant) sistemi,
- * Taşınabilir söndürücüleridir.

2.5.2 Otomatik Yangın Söndürme

Otomatik söndürme sistemleri, yangın meydana geldiği anda herhangi bir kullanıcıya gerek olmaksızın kendiliğinden aktif olurlar. Sprinkler sistemi oldukça sık kullanılan bir çeşittir. Yalnız, diğer hususi riskler için farklı çeşitte otomatik söndürme modelleri de kullanılmaktadır. Bunlar ^[24];

- Otomatik sprinkler sistemleri,
- Otomatik su sisi söndürme sistemleri,
- Otomatik temiz gazlı söndürme sistemleri,
- Otomatik CO₂ gazlı söndürme sistemleridir.
- Köpüklü söndürme sistemleri
- Sabit kimyasal söndürme sistemleridir.

Söndürme sistemlerinde kullanılan malzemeler:

Su: Yangın söndürme sistemlerinde sıklıkla su kullanılmaktadır. Söndürücü olarak su kullanımı yapılan durumlarda; yangının söndürülmesi bakımından avantajlı ve dezavantajlı etkilerinin bulunması ve kimyasal, fiziksel ve çevresel özellikleri ele alınarak sistemli bir şekilde uygulanmalıdır. En önemlileri; donma, iletkenlik, soğutma, boğma, dağıtma, perdeleme, taşıma ve artı basınç etkileridir. Suyun yangın söndürücü olarak uygulandığı birçok durumda, belirtilen etkilerden birçoğu aynı anda veya birbiri peşi sıra gerçekleştiğinden, su çoklu etkisi olan bir söndürücüdür^[26].

Köpük: Hava kabarcıkları ile genişletilmiş, sudan veya yanıcı sıvı maddelerden daha hafif kimyasal maddelere köpük denir. Hava ile temas etmesi genişterek yanıcı sıvının üzerini örter ve hava ile temasını keser ^[26].

Düşük, orta, yüksek genleşmeli, protein, sentetik temelli ve film oluşturuıcı şeklinde türleri bulunmaktadır ^[26].

Köpüklü-su; su veya deniz suyu ile karışmış köpük sıvısının oluşturduğu akışkandır.

Farklı çeşitteki köpük yapıcı özlerinin köpüklü su oluşturmak için su ile birleştirilmesiyle üretilen köpük sıvısıdır. Protein, floraprotein, sentetik esaslı ya da özel amaçlı farklı etkenlerden oluşmuş çeşitte olabilir ^[26].

Köpüklü-su, A sınıfı ve B sınıfı yangınların söndürülmesinde tesirlidir. Özellikle, yakıt depoları, depo dağıtım yerleri, fazla oranda yanıcı madde bulunduran araç yerlerinde kullanılır ^[26].

Söndürücü gazlar: Söndürücü gazlar; bireysel müdahalelerde kullanılan taşınabilir söndürme cihazları ya da elle kullanılan gazlı, sabit hortum tertibatlarına dahil olmamakta, yalnızca kurulu sabit borulu, otomatik ya da elle başlatılan modelleri içermektedir ^[26].

Örnek olarak; temiz, halokarbon, sabit/dengeli söndürücü gazlar ve karbondioksittir.

Bahsedilen gazlı söndürme modelleri, söndürme prensipleri neticesinde, oksijen olmadan yanabilen, Sodyum, Potasyum, Magnezyum, Titanyum, Zirkonyum, Uranyum, Plutonyum gibi aktif olmayan metal yangınlarında; metalhidrantların; bazı peroksitlerin, beyaz fosfor ve selüloz nitrat; barut gibi piroforik maddelerin yanma olaylarında etkisizdir ^[26].

Kuru kimyasal söndürücü toz: Toz şeklinde kullanıldığında, yangının söndürülmesinde tesirli, boraks, sodyum bikarbonat, monamonyum fosfat, potasyum bikarbonat, potasyum klorid esaslı, zehirli olmayan toz karışımlarıdır. Kuru kimyevi

söndürücü tozlar, A, B, C sınıfı yangın olaylarının son bulmasında, bitmesinde etkilidirler ^[26].

Kuru kimyasal tozlu söndürme modelleri söndürülmek istenen sahanın üzerini kaplar, havada askıda kalarak, hem yanmakta olan, hemde yanmaya hazırlanan yanıcı maddelerle yanmayı durdurucu kimyasal reaksiyona girer ve oksijenle olan bağlantıyı yok eder. Yanmanın ve yeniden tutuşmanın önüne geçerek, yangının son bulmasını sağlar. Bundan dolayı, kimyasal etkiye bağlı olarak zincirleme reaksiyonu durdurma ve boğma tesirine sahiptir ^[26].

Kuru ve sıvı kimyasallı söndürücülerin, ölüme sebebiyet verecek tesirleri olmasa da, solunum yoluyla, cilde teması ve göze kaçma gibi durumlardan kaçınılmalıdır ^[26]. Halonların atmosfere olan olumsuz etkilerinden sebeple söndürme modellerinde kullanılmamaktadır ^[27].

Tablo 7: Yangın türlerine göre söndürme metotları ve kullanılacak malzeme ^[28].

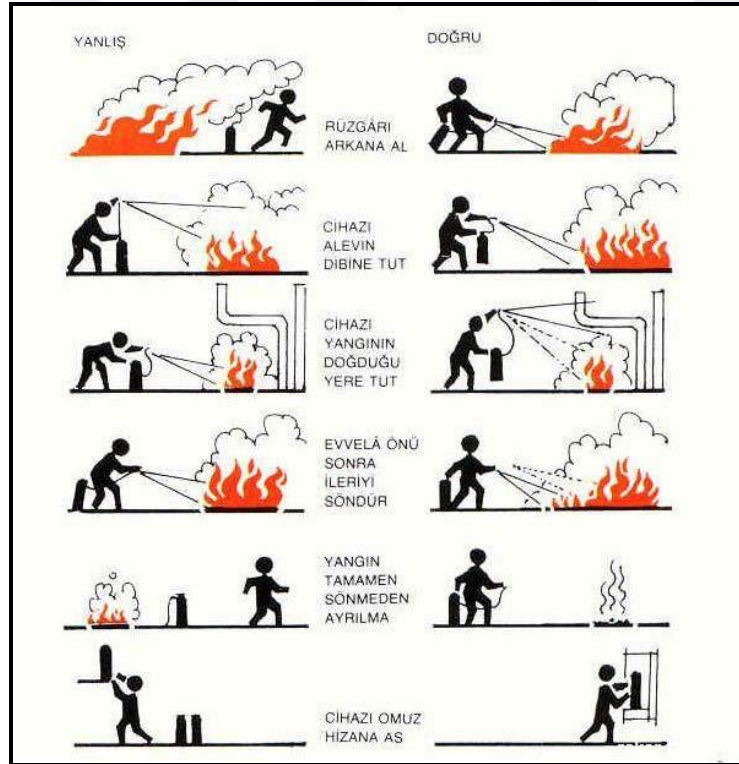
Yangın Sınıfı	Söndürme Metodu	Kullanılacak Malzeme
A	Soğutma	Su ve su esaslı cihazları, kuru kimyevi tozlu cihazlar
B	Havayı kesme	Kum, toprak, köpüklü, karbonhidratlı ve kuru kimyasal tozlu cihazlar
C	Yanıcı maddeyi ortadan kaldırma	Önce yanıcı madde olan gaz kapatılmalı, daha sonra etrafta tutuşturduğu ve yanmasına sebep olduğu maddelerin türüne uygun söndürme uygulanmalıdır.
D	Kimyasal reaksiyon	Yanan metale uygun kimyasal söndürme maddesi kullanılır.

Yangınları söndürmek için birden fazla yöntem ve söndürücü kullanılır.

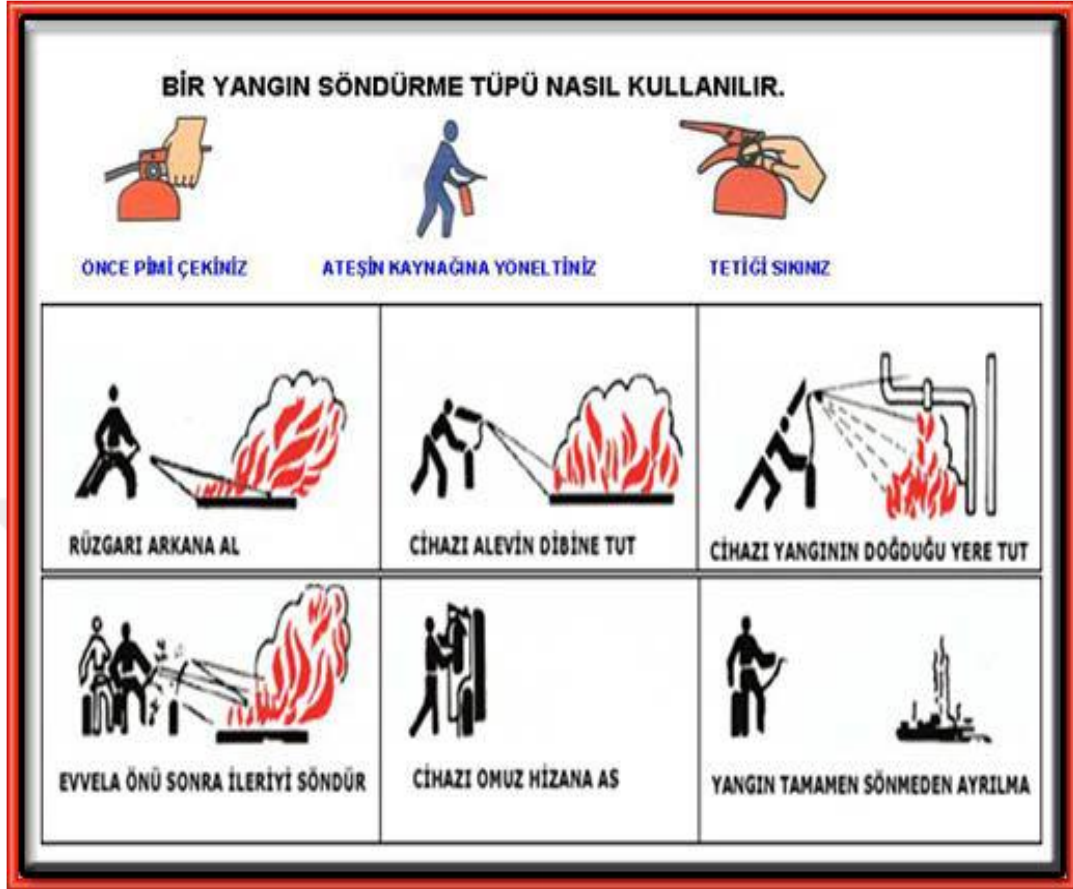
Tablo 8: Yangın sınıflarına göre yanıcı madde, söndürme yöntemi ve kullanılan söndürücü [28].

Yangın Çeşitleri	A	B	C	D	E
Cinsi	Katı	Sıvı	Gaz	Metaller	Elektrik
Yanıcı Madde	Odun, ahşap, kumaş, kâğıt	Akaryakıt, boya, tiner, yağ	Metan, propan, LPG	Magnezyum, sodyum, alüminyum	Elektrik
Söndürme Yöntemi	Soğutma, yanmayı engelleme	Engelleme, boğma, soğutma	Engelleme	Soğutma, boğma	İlk iş elektriğin kesilmesi
Kullanılan Söndürücü	Su, ABC tozlu ve köpüklü söndürücü	ABC ve BC tozlu, halon gazlı, CO ₂ ve köpüklü söndürücü	ABC ve BC tozlu, CO ₂ ve halon gazlı söndürücü	Sadece D tozu söndürücü	ABC ve B tozlu, halokarbon gazlı söndürücü

Yangının son bulabilmesi için yanma olayını iyi tanımak, söndürme işleminden önce yanmayı oluşturan öğeleri kontrol ederek yangının meydana gelmesini önlemek gerekmektedir.



Şekil 6: Yangın söndürme tüpü ile ilgili yapılan 'doğrular' ve 'yanlışlar' [29]



Şekil 7: Yangın söndürme tüpü kullanımı [29].

2.5.3 İtfaiye Yaklaşım ve Erişim

İtfaiye erişimi, yapının arsadaki konumunu etkilemesi nedeniyle tasarımın başlangıcında düşünülmelidir [24].

2.6 Mevzuatlar Çerçevesinde Yangın Güvenliği

Yangın hata yapmaya izin vermeyen, hayati bir olaydır. Bu sebeple yaşayan her insanın sorumluluğu vardır. Yapılan yanlışların en aza indirilmesi ve sıfır hataya ulaşılması için mevzuatlar oluşturulmuştur. Uygulama hatalarını ortadan kaldırmak ve yangın halinde en az zayıyla sonuca ulaşmak için çözümler hem Dünya’da hem de Türkiye’de mevzuatlarla standardize edilmiştir.

2.6.1 Türkiye’de Yangın Güvenliğine İlişkin Mevzuat

Ülkemizde yangın güvenliği ile ilgili çalışmalar BYKHY ve Türk Standartları’nda belirtilen usullere göre yapılmaktadır. Türk Standartları, Türk Standartları Enstitüsü tarafından yürürlüğe konulmuş standartlardır ^[22]. Bu standartların çoğu NFPA kodlarından ve EN standartlarından tercüme edilmiştir. 15 Mart 2018 tarihinde revize edilip Türkiye’de kullanılmak üzere yürürlüğe giren yönetmelik ise BYKHY’dir. Ülkemizde mevcut yapı, bina ve tesisle birlikte açık ve kapalı yer işletmelerinde yapılacak olan yangının önlenmesi ve son bulmasını, yangın sonucunda ortaya çıkan ve insanların yaşam faaliyetlerini tehlikeye düşüren riskleri (zehirleyici gaz, boğucu duman v.b.) en az oranda olması için gereken dizayn, inşa, kullanım, bakım ve işletim temellerini içermektedir. Bu yönetmelik, içerik olarak 12 kısım ve bu kısımlar altındaki bölümleriyle toplam 176 madde ve 14 adet ekten oluşmaktadır.

Alışveriş merkezlerinde yangın yükü risklerinin değerlendirilmesi hususunda ülke mevzuatları ‘yangın yükü’ ve ‘alışveriş merkezi’ başlıkları altında ele alınmıştır.

2.6.2 Amerika’da Yangın Güvenliğine İlişkin Mevzuat

ABD’de yangın güvenliği ve yangından korunma uygulamalarını belirleyen Ulusal Yangından Korunma Kurumu (National Fire Protection Association, NFPA)’dur. NFPA, kuralları ABD’de lokal seviyede kılavuz, federal seviyede ise birleştirici bir kurumdur. NFPA yangın güvenliği ve yangından korunmayla alakalı doğrudan veya dolaylı her türlü konunun (yangın bilimi, yangından korunma, yangın söndürme, toplum yangın güvenliği, teknik eğitim vb.) ABD’de nasıl olması gerektiği ile ilgili çalışmalar yapar. NFPA standartları dört yılda bir güncellenir ve güncellenen standartlar numara ve yılları ile belirtilir ^[30].

2.6.3 Avrupa’ da Yangın Güvenliğine İlişkin Mevzuat

Avrupa ülkelerinde yangın güvenliği Avrupa Normları (EN) üzerinde başlatılmıştır. Avrupa ülkeleri arasında pek çok farklılık olsa da benzerlik bulunmaktadır. Çevre sorunları; yeni mimari, değişen toplumsal ihtiyaçlar, yeni teknoloji ve yeni sorunları

da beraberinde getirmektedir. Tüm ülkeler çevre konusunda yeni zorluklarla karşı karşıyadır. Bu değişimlere paralel olarak; yangın güvenliği mühendisliği de Avrupa’da giderek yaygınlaşan ve geleneksel olmayan yaklaşımlara dönüşmektedir^[31].

Yangın Korunum Mühendisliği (Fire Protection Engineering), Yangın Güvenliği Mühendisliği (Fire Safety Engineering) veya kısaca Yangın Mühendisliği; insanları, mülkleri ve çevreyi korumak için, bilimsel ve mühendislik ilkelerini, kuralları ve uzman kararlarını uygulayan mühendislik dalıdır. Avrupa’da “Yangın Korunum Mühendisliği” ülkemizde ise “Yangın Mühendisliği” ifadesi daha çok kullanılmaktadır^[32].

Yangın mühendisliği, gerek yangın güvenliği düzeyinin değerlendirilmesi ve gerekli yangın güvenlik önlemlerinin belirlenerek, tedbirlerin tasarlanarak hesaplanması için mühendislik ilkelerinin uygulanması yoluyla risk değerlendirilmesinin gerçekleştirme yaklaşımıdır^[32].

2.6.3.1 Yangın Mühendisi

Günümüzde, çalışma ortamlarının yangından korunmasını sağlamakla görevli olan ve sayıları giderek artan yangın riski değerlendirmesi yapan yangın korunum mühendisleri, binalarda can güvenliğini tehdit edecek tehlikeleri yok etmeye çalışmaktadırlar. Kimin yangın riski değerlendirmesi yapmak için yeterli olduğu ve kimin yangın korunum mühendisi olduğu konusunda tartışmalar sürmektedir. Birçok kişi, bütün yangın riski değerlendirmelerinin yetkin kişiler tarafından yapılması için bir yasal düzenleme yapılmasının gerekli olduğunu düşünmektedir^[33]. Kendilerini “Yangın mühendisleri” olarak adlandıranlar iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi, sistem tasarımı yapan, danışmanlık yapan, proje hazırlayan ve uygulayan kişilerdir.

İkincisi ise yapı kodlarını, performansa dayalı tasarımı, yangın güvenliği stratejisini ve benzeri konuları ele alan yangın mühendisleridir. Genelde yangın mühendisi olarak adlandırılanlar ikinci gruba girenlerdir. Ancak bazen diğer grup da kendilerini

yangın mühendisleri olarak adlandırmaktadır. Yangın mühendisliği eğitim programları; yangın güvenliği teknolojilerinden, lisans, yüksek lisans ve doktora düzeyindeki yangın güvenliği mühendisliğine kadar uzanır. Yangın güvenliği eğitimi, yangın korunum sistemlerinin kurulması, çalıştırılması ve bakımı ile ilgili becerilere odaklanmaktadır. Yangın güvenliği mühendisliği eğitimi, yangın güvenliği bilimi ve mühendisliği kavramlarını ve ilkelerini anlama ve uygulama becerileri üzerine odaklanmıştır.

Teorik becerilerin geliştirilmesine yönelik olup, matematik ve fen derslerinin temeli üzerine inşa edilmiş mühendislik temelleri ve tasarım derslerini içermektedir ^[31].

Yangın mühendisi aşağıda belirtilen konularda yeterli olmalıdır ^[34]:

- Yanma sonucu oluşan çeşitli yan ürünlerin yapısını ve özelliklerini öğrenmelidir.
- Yangınların nasıl çıktığını, yapıların içinde ve dışında nasıl yayıldığını, nasıl fark edileceklerini, nasıl kontrol edilmesi gerektiğini ve nasıl söndürüleceğini bilmelidir.
- Maddelerin, yapıların, makine ve cihazların yangına nasıl tepki vereceğini, yangın sırasında farklı bir sürecin gelişip gelişmeyeceğini tahmin edebilmelidir.
- Odalarda yangının gelişmesini, yangının gerçekleştiği odanın dışında, yapı içinde veya dışında yayılmasını hesaplayabilmeli, binalarda ve benzeri yapılarda yangın ve dumanın hareketini değerlendirebilmelidir.
- Yangınlarda tutuşabilirlik, alevin yayılması, ısının serbest kalma hızı, duman ve toksik gazların üretimi gibi özellikleri inceleyebilmelidir.
- Yük taşıma kapasitesi ve ayırma işlevi bakımından yangından hasarlanan çelik ve ahşap inşaatların direncini hesaplayabilmelidir.
- Kontrol sistemlerinin ve söndürme sistemlerinin çalışma esaslarını, itfaiyenin ve bina içindekilerin hareket şekilleri ve gerekli sureler konusunda deneyimli olmalıdır.
- Yangın ve duman kontrol sistemlerinin etkisini, detektörlerin yapısına ve yerine bağlı olarak algılama surelerini değerlendirebilmelidir.
- Tahliye ve kurtarma tasarım ve uygulama esaslarını bilmelidir.

- Dumanın hareketi, sıcaklığı, detektör ve sprinkler tetikleyicileri, mekândan acil çıkış süreleri, yangın ve zehirli maddelerin yaratacağı etkileri, hatta insan davranışını tahmin edebilen bilgisayar modellerine sahip olmalı ve kullanabilmelidir. Mühendislik yaklaşımı ile malzemelerin özelliklerinin verilmesi, hesaplanabilmesi, tasarım yöntemlerinin, üzerinde anlaşılmış ve uyumlu bir temelde geçerli olmasını içerir. Yangın korunum mühendisliğine ait sadece bir kısım mevzular geliştirilmiştir. Global, tutarlı bir metodun geliştirilmesi için önemli bir araştırma çabasının üzerinde çalışılması gerekir. Performans temelli tasarımı destekleyen mühendislik analizi; sağlam prensipler üzerine kurulmasını, sunulan teknik çözümlerin doğrulukla uygulanabilmesini gerektirir ^[35].

Özellikle İstanbul'daki yapılanma hızla artmakta ve bu yapılanma daha da karmaşık hale geldiği görünmektedir. Yüksek yapılarda, AVM ve diğer mega projelerde meydana gelebilecek yangınların sonucunda yaşanacak mal ve can kayıpları geleneksel, alışkın olduğumuz yapılardaki yangın kayıplarına göre çok daha fazla ve sonuçları daha ağır olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı karmaşık yapılarda yangın mühendisliği yöntemleri kullanılmalı ve yangınların getireceği sonuçlar ele alınarak tehlikeler belirlenmeli, hesaplanmalı, acil durum planları ve yapıların yangın risk haritaları oluşturulmalıdır.

Yangın mühendisliği; yangın mühendisliğine giriş, yangın mühendisliği ve pasif yangın tasarımı olarak da isimlendirilir. Çünkü insanın yanma olayına karşı direnci peşinen hesaplanabilir. Bu dizaynın zıttı ise aktif yangın güvenliği yaklaşımıdır. Aktif yangın güvenliği yaklaşımında, güvenli yaklaşım; yapı tasarlandıktan sonra yangın sistemleri, alarmlar, algılama sistemleri ve yağmurlama sistemleri kurularak yapının yangına karşı güvenli hale getirilmesi amaçlanır. Bu metot olabildiğince riskli ve aynı zamanda ilerleyen dönemde problemlidir. Bu yaklaşımda inşa sistemi incelenmez, yeteri kadar irdelenmez. Emsal olarak, şiddetli bir yer sarsıntısı olması esnasında çıkabilecek bir yanma olayı, elektrik kesintisine sebep olacak ve aktif söndürme mekanizmalarını sistem dışı olmasını sağlayacak ve yapı, yangına karşı

savunmasız bırakacaktır. Yüz ölçümü olarak birinci dereceden deprem bölgesi olan ülkemizde ise tek çözüm olarak aktif sistemler kullanılmaktadır.

Yapılar, depremden gelen yanal yüklere göre tasarlandığı gibi yangından sebeple oluşabilecek düşey ve yatay iç kuvvetler ele alınarak tasarlanmalıdır. Dolayısı ile yapı elemanı boyutları sistem değerlendirmesinde yangının etkisiyle değişebilir. Yangının yapı üzerindeki etki hesaplaması üç adımda gerçekleştirilebilir. Bunlar;

- a) Yangın dinamiği
- b) Isı transferi
- c) Isı- mekanik yapı sistemi analizi

Yangın dinamiği; yangının oluşma şekli, meydana getirdiği ısı ve duman ile ilgilidir. Yapı içinde bulunan yanıcı malzemeler ile pencere ve diğer açıklıklardan gelen oksijen ile bağlantılıdır.

Isı transfer analizi; yangın sonucunda meydana çıkan sıcaklığın yapı unsurlarındaki sıcaklık dağılımını hesap eder ve doğrudan unsurun malzeme çeşidi (çelik, beton ya da ahşap) ve en kesit ebatları ile alakalıdır. Büyük en kesitli ve ısı iletkenliği düşük olan bir yapı elemanında sıcaklık daha az olur. Çelik elemanlarda ise iletkenlik fazla olduğundan sıcaklık dereceleri yangın sıcaklığına yakın olur. Bu sebepten birçok çelik elemanda sıcaklık artışını azaltan intumesan boya ve taş yününe denk yangın izolasyonları kullanılır.

Isı-mekanik yapı sistemi; sıcaklığı artan unsurların bir inşa sistemi içerisindeki tutumu hesaplanır. Isı mekanik analizi teknikleri deprem mühendisliğinde kullanılanlarla denklik taşır. Farklı olarak, yapı elemanlarının sıcaklık artışından dolayı genleşmeleri ve farklı kesit zonları (iç kuvvetler) oluşturmaları denge denklemlerini değiştirir. Ayrıca, yangın süresince yapı malzemelerinin rijitlik ve mukavemetlerinde azalmadan dolayı ısı-mekanik analiz yöntemlerinde yapı sistemi yüksek derecede doğrusal olmayan (elastik olmayan) davranış oluşturur ve bu tutumu çözümleyebilen teknikler kullanılır.

2.7 Alışveriş Merkezi ve Alışveriş Merkezlerinde Yangın

2.7.1 Alışveriş Merkezi Tanımı

Yaşadığımız 21. yüzyılda nüfusun artması ve mekânsal büyüme gösteren şehirlerde çok yönlü ve hızlı yaşanan değişimler yaşam standartlarını sınırlandırmaya ve zorlaştırmaya başlamıştır. Bununla birlikte, şehirlerde sosyal, kültürel ve ekonomik çapta yaşanan çok yönlü etkileşim ve gelişmeler ile birlikte mekanlar arası ulaşılabilirlik ve hareketliliğin oluşması, yeni istekleri ve gereksinimleri de beraberinde getirmiş olup, çeşitli ve yeni sosyal mekanların meydana gelmesine sebebiyet vermiştir ^[36]. Bu bağlamda AVM ler hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir.

AVM oluşumu ilk olarak ABD ve Avrupa’da görülmeye başlanmış olup, geleneksel alışveriş olgusu tanımını değiştiren süpermarketlerdir ^[37]. Zamanla alışveriş merkezleri pasaj ve büyük mağazalara dönüşmüştür ^[38]. Pasajlar ve büyük mağazalarla başlayan bu serüven zamanla ‘‘kentsel mekan-alışveriş mekanı bütünlüğündeki ayrılmalara, günümüzün kapalı kutu içerisindeki AVMlerde tepe noktasına ulaştırmıştır ^[39,36].

AVM’ler sadece ticari faaliyetlere ev sahipliği yapmanın yanında kullanıcılara kapalı ve korunaklı bir yaya ortamı sağlamasının yanı sıra sosyal ve kültürel faaliyetleri barındırmaları gerektiğini belirtmiştir ^[40].

Bir grup perakende ve ticari kuruluşun proje içerisinde çözülmüş otoparkı ile bir bütün olarak tasarlanması, geliştirilmesi ve işletilmesi olarak tanımlayabileceğimiz alışveriş merkezleri bilinen çarşı kültürünün yapay olarak iyileştirilerek meydana getirilmiş biçimidir. Amaç, bir araya getirilmiş mağazaların çekim gücünden ve albenisinden faydalanarak insanları alışveriş merkezlerine yönlendirmektir ^[41].

Uluslararası Alışveriş Merkezleri Konseyi (ICSC)’ ye göre alışveriş merkezleri tek yapı ya da yapılar grubundan meydana gelmiştir. Alışveriş merkezleri içerilerinde çeşitli perakende türlerinin tamamını veya birkaçını kapsayan kapalı veya açık bağımsız çarşılardır ^[42].

Alışveriş merkezleri; insanlara güzel zaman geçirtmek, ihtiyaçlarını karşılamak, sosyalleşmek, konfor ve güvenlik sağlamak amacıyla birçok perakende mağazasının bir arada bulunduğu açık ya da kapalı ticari yapı kompleksidir ^[41].

2.7.2 Dünya ve Türkiye’de Meydana Gelen Alışveriş Merkezi Yangınları

Son yıllarda sayılarının artmasıyla birlikte günlük hayatın bir parçası haline gelen alışveriş merkezlerinin dünya çapında yoğun ilgi görmesi, meydana gelebilecek olası bir acil durumda alışveriş merkezleri içerisinde bulunan çalışanlar, müşteriler ve ziyaretçiler içinde bir takım güvenlik sorunlarını beraberinde getirmektedir. İnsanlar giyimden ev tekstiline, kitaptan sinemaya, spordan yemeğe kadar birçok ihtiyacını alışveriş merkezleri içerisinde gerçekleştirebilmektedir. İnsanların rahat ve konforlu bir yaşam sürdürebilmeleri alışveriş merkezlerinde yangın yükünün artmasına neden olmuştur. Bu sorunların başında da yangınlar gelmektedir.

Dünya’da meydana gelen alışveriş merkezi yangınlarının en önemli örneği; 26 Mart 2018 Rusya, Kemerova’daki Zimnyaya Vişnya isimli alışveriş merkezinin sinema ve çocuk oyun alanının bulunduğu katta yangın çıkmış olup, o sırada orada bulunan çocukların bir kısmı hayatını kaybetmiş, bir kısmı da hastanede tedavi altına alınmıştır ^[2].

Londra’nın kuzeydoğusundaki Walthamstow bölgesinde yerel saatle 08:00 sularında alışveriş merkezinde yangın meydana gelmiş ve maddi hasarla sonuçlanmıştır ^[43].

Azerbaycan’ın başkenti Bakü’de bir alışveriş merkezinde gece 00:40 sularında başlayan yangında üç kişi hastaneye kaldırılmıştır ^[44].

Irak’ın en büyük alışveriş merkezi Erbil’deki Family Mall’e ait depoda çıkan yangında can kaybı yoktur ^[45].

Suudi Arabistan’ın Cidde kentindeki Emir Sultan Caddesi’nde bulunan alışveriş merkezinde 29 kişi yaralanmış olup, 4 kişinin durumu ağır olduğu belirtilmiştir ^[46].

Türkiye’de ise alışveriş merkezlerinin sayısı gün geçtikçe artmakta ve özellikle İstanbul’da bulunan alışveriş merkezlerinin sayısının ülke genelinde bulunan alışveriş merkezleri sayısının toplamının yarısı kadar olduğu ve sayının artan ihtiyaca oranla daha da artacağı tahmin edilmektedir [3].

Türkiye’de meydana gelen alışveriş yangınları incelendiğinde genellikle maddi hasarla sonuçlandığı, can kaybının meydana gelmediği görülmüştür.

Kocaeli’nin Darıca ilçesinde bulunan bir AVM’nin çatısında başlayan yangın AVM içerisindeki dükkânlara da sıçramış olup, AVM’nin 2 katı kullanılamaz hale gelmiştir ve maddi kayıplar söz konusudur. Yangının sebebi bilinmemektedir [47].

Amasya’nın Merzifon ilçesindeki 5 katlı bir alışveriş merkezinde çıkan yangında 2 kadın dumandan etkilenerek hayatını kaybetmiş olup, durumu ağır 4 yaralı bulunmaktadır [48].

İstanbul Tuzla’da bulunan bir alışveriş merkezinin jeneratör dairesinde çıkan yangın, itfaiye ekiplerinin hızlı müdahalesi sayesinde kısa sürede söndürülmüş olup, can kaybı veya yaralanma yaşanmamıştır [49].

İstanbul Beşiktaş’ta bulunan bir AVM’nin giyim mağazasında henüz belirlenemeyen bir sebeple yangın çıkmış olup, maddi hasar meydana gelmiştir [50].

İstanbul’un Kadıköy ilçesinde Yenisahra’da bulunan bir AVM’nin bodrum katında bulunan bilgisayar kablolarının tutuşmasıyla meydana gelen yangın, Pendik’te bulunan bir alışveriş merkezinde bulunan bir restorana ait havalandırma sisteminde meydana gelen yangın, Karum’da ufak çapta oluşmuş baca yangını, İstanbul Güngören’de bulunan AVM’nin içinde bulunan spor salonunun soyunma ve saunasında çıktığı belirtilen yangın örnek olarak verilebilir [51, 52, 53, 54].

Günümüzde sıklıkla tercih edilen aynı zamanda riskli bir yapı çeşidi olması, yangın güvenliği açısından özel koşullar gerektirmesi sebebiyle tez çalışmasında alışveriş merkezleri seçilmiştir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada örnek olarak seçilen alışveriş merkezinde yer alan mağazalardan birkaçının içerisinde yer alan yanıcı malzemelerin güvenli mesafedeki ısı akıları, yüzey yayılım güçleri hesaplanmıştır.

3.1 Örnek Olarak Kullanılan Alışveriş Merkezinin Tanıtımı

Bu çalışma kapsamında verilerini kullanacağım alışveriş merkezi 80000 m²'lik alana kurulu, 130 mağazasıyla yerli ve yabancı turistler tarafından ziyaret edilen, insanların rahatlıkla ulaşabileceği merkezi bir konumda olan ve ücretsiz otopark hizmeti veren bir alışveriş merkezidir.

Örnek olarak kullanılan alışveriş merkezi incelendiğinde hafta içi ortalama müşteri yoğunluğu 15000 kişi iken, bu yoğunluk hafta sonu 25000 kişi civarında olmaktadır. Özellikle müşterilerin akşamları iş çıkışında alışveriş merkezinde hem alışveriş yaptıkları, hem de yeme-içme gibi temel ihtiyaçlarını giderdikleri, alışveriş merkezi içerisinde düzenlenen sosyal etkinliklere katıldıkları görülmüştür.

3.2 Yanıcı Maddeler ve Tonaj

Alışveriş merkezi içerisinde yer alan 130 mağaza ve depoları sırasıyla incelenmiş olup, birkaç mağazanın içlerinde yer alan yanıcı malzemelerin envanterleri tutulmuştur. Bu işlemler yapılırken mağazada demirbaş ve hareketli olan yangın yüklerine rastlanılmıştır. Sabit olan yangın yükleri mağaza içlerinde yer alan raf malzemeleri, dolaplar, mobilyalar, yer yer bazı mağazalarda zeminler ahşap parke olmakla beraber kapı ve bölmeler belirlenmiştir. Hareketli yangın yükleri incelendiğinde ise tekstil ürünleri, perdeler, kitaplar, oyuncaklar, ayakkabı ve benzeri gün içerisinde mağaza içlerinde satılan emtialardır.

3.3 Alışveriş Merkezlerinin Yönetmelikte Yeri

Bir binada yangın çıkma ihtimali; binanın kullanım amacına, bina yapısında kullanılan malzemelerin cinsine, binanın kat yüksekliğine, o binada yaşayan kişilerin yaşlarına, sosyo-ekonomik düzeylerine bağlı olarak da değişmektedir ^[55].

Binanın kurulma biçimi ve yararlanılan materyallere göre yangın yükü binadan binaya farklılık meydana getirmektedir. Detaylıca ele alındığında her yapının yangın yükü kendine hastır. Yangın yükü yüksek olan binanın, yangın riskinin olma ihtimali ve yayılma hızı da yüksektir. Yapılarda yangın yükü dört kategoride incelenebilir ^[56].

1. Düşük yangın yükü (Konutlar, otoparklar),
2. Orta yangın yükü (Apartmanlar, eğitim yapıları, oteller, yurtlar, cezaevleri, idari yapılar, hastaneler, büro yapıları, lokantalar),
3. Yüksek yangın yükü (Alışveriş merkezleri, kapalı çarşılar, pasajlar, büyük mağazalar, çok amaçlı salonlar, spor salonları, küçük fabrikalar, atölyeler, depolar),
4. Çok yüksek yangın yükü (Endüstri yapıları, kimyevi madde depoları) ^[1].

Alışveriş merkezleri incelendiğinde yüksek yangın yüküne sahip sınıfta yer almaktadır. Bu çalışmada, alışveriş merkezlerinde meydana gelebilecek herhangi bir yangında oluşabilecek maddi ve manevi zararların asgari düzeye indirilebilmesi için yangın yükünün Alan Modelleri hesaplanarak, yangının fiziksel risklerinin değerlendirmesi yapılacaktır.

3.4 Isı Radyasyonu ve Isı Transferinde Mevcut Modellerin Genel Görünümü ^[57]

Yangın esnasında meydana gelen ısı, zamana bağlı olarak değişim göstermekle birlikte, yangının büyüklüğünde yanıcı malzemelerin türü ile de ilgilidir. Örnek olarak; ahşapların yanma sırasında 1 ile 4 MW arasında ısı gücü açığa çıkarmaları gösterilebilir. Yangının büyüklüğünü etkileyen diğer bir faktör ise, yanıcı malzemelerin bulundukları ortamdır. Yanıcı malzemelerin birbirleri arasındaki mesafenin az olması, yangının daha da büyümesine neden olmaktadır. Malzemelerin

üst üste yığıldığı depolarda en yüksek yangın büyüklük değerine ulaşıldığı örnek olarak gösterilebilir [58].

Bir yangından ısı transferi, etrafındaki nesnelere zarar verme potansiyeli olan bir ısı akısına neden olur.

Isı akısı belirlenmeden önce salınan miktarını tahmin etmek gerekir. Bunun içinde katı alev yaklaşımı kullanılır, yani yanma ısısının bir kısmı alevin görünür alev yüzey alanından yayılır. Bununla birlikte, alevler sadece yüzey alanlarından radyasyon yaymazlar. Yayılan ısı akısı, yayılımın meydana geldiği mesafeye göre değişir.

Jet yangınları, havuz yangınları ve ateş topları hakkında mevcut tüm modellere genel bir bakışın sağlanması kısmı incelenirken; bazı durumlarda hesaplanan sonuçların büyüklük sırasını kontrol etmek için sadece deneylerin sonuçları analitik korelasyonlar olmadan verilir; çünkü bazı durumlarda hesaplamalar yanlıştır.

Havuz yangınlarında ısı akısını tahmin etmek için matematiksel araçlar ve modeller kullanılmaktadır. Bu modeller üç sınıfa ayrılabilir.

3.4.1 Yarı Ampirik Modeller

Yarı ampirik modelleme, jet yangınları ve havuz yangınlarıyla ilişkili bir mesafedeki ısı akısını tahmin etmek için kullanılan model olmasına rağmen basit bir tekniktir. Basitliklerinden dolayı, yarı ampirik modeller genellikle yangının kendisinin ayrıntılı bir tanımını sağlamaktan ziyade sadece alev şekli ve radyasyon gibi miktarları tahmin etmek için tasarlanmıştır.

Jet yangınları ve havuz yangınlarının yarı deneysel modellemelerinin çoğu, alev şekillerinin ve ısı akısının tahminine odaklanmıştır. Böyle bir modelin uygunluğunu ve uygulanabilirliğini değerlendirirken en önemli husus, türetilmesinde kullanılan deneysel verilerin aralığıdır. Üç tür model vardır:

3.4.1.1 Nokta Kaynak Modelleri

Bu metot, herhangi bir şekil tahmini girişiminde bulunmayan ve ısı radyasyonunun kaynağının bir nokta olduğunu kabul eder.

Tespit edilen tek nokta kaynak modeli, başlangıçta ses altı fişekleri üreten dikey parlama yığınlarının tasarımı için geliştirilmiş API modelidir.

3.4.1.2 Çok Noktalı Kaynak Modelleri

Yayılan nokta kaynaklarını, modellenen bir alev merkezi hattı yörüngesi boyunca dağıtarak, alev şeklinin yayılan ısı akısı üzerindeki etkisini modellemeye çalışır.

Bazı çok noktalı kaynak modelleri, örneğin, tahmini bir alev ekseni boyunca bir sayı noktası gibi birden fazla radyasyon kaynağı kullanarak alev geometrisini dikkate almaya çalışır.

3.4.1.3 Yüzey Yayıcı Modelleri

Isının alevi modelleyen katı bir nesnenin (genellikle bir koninin veya silindirin eğik bir frustumunun) yüzeyinden yayıldığını varsayar.

Yarı ampirik modeller, deneysel verilere bağlıdır. Korelasyonlar yangının brüt özelliklerini tanımlayabilir. Örneğin; bir yangının uzayda yerini temsil etmek için, alev uzunluğu ve yangının merkez hattının yörüngesi için korelasyonlar türetilir. Alternatif olarak yangın, bu tür korelasyonlardan elde edilen yangın geometrisinin, yüzey yayma gücü için ikincil korelasyonlarla veya yanma enerjisi girdisinin fraksiyonu ile radyasyon olarak yayılan alevin birleştirilmesi ile temsil edilebilir.

Yarı deneysel modeller, matematiksel olarak basit oldukları ve kolayca kolay anlaşılabilirlikleri için rutin tehlike değerlendirme amaçları için idealdir. Herhangi bir yarı deneysel modelin ön koşulu, güvenilir tahmin sağlamasıdır. Ayrıca, modellerin kısa çalışma sürelerine sahip basit bilgisayar programlarında kolayca yapılandırılması da önemli olabilir. Böylece, sadece modelin temelini oluşturan

deneylerde incelenen özel yangın tipine uygulanabilirler. Ayrıca, model içindeki renklenmelerin türetilmesinde boyutsal analiz kullanılmış olsa da, bu korelasyonların uygulanması sınırlı olacaktır.

Havuz yangınlarının yüzey yayılım gücünü varsaymanın bir yöntemi model alevin yüzeyin tamamı üzerinde tek bir SEP'e sahip olmasıdır.

Havuz yangınlarının ısı akısını hesaplamak için genelde aşağıdaki metodoloji kullanılır [59];

- Öncelikle yanma hızı hesaplanır.
- Sonrasında yüzeyin yayabileceği maksimum güç hesaplanır.
- Olay anındaki yayılan yüzey gücü,
- Görüş faktörü ve
- Isı akısı hesaplanır.

3.4.1.3.1 Havuz Yangınlarında Kullanılan Formüller ve Sabitler

Isı akı değerini hesaplamak için aşağıda verilen formüller sırası ile kullanılmıştır.

$$D = (4 \cdot A_p / \pi)^{1/2} \quad (\text{m})$$

$$\dot{m}'' = c_8 \cdot \Delta H_c (\Delta H_v + c_p (T_b - T_a)) \quad (\text{kg} / \text{m}^2 \text{s})$$

$$u_c = (g \cdot \dot{m}'' \cdot D / \rho_{\text{air}})^{1/3} \quad (\text{m/s})$$

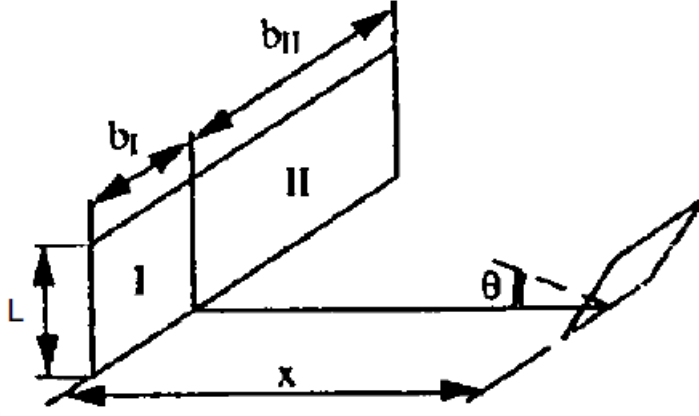
$$u^* = u_w / u_c$$

$$L / D = 55 \cdot (\dot{m}'' / (\rho_{\text{air}} \cdot (g \cdot D)^{1/2}))^{0,67} \cdot (u^*)^{-0,21}$$

$$\text{SEP}_{\text{max}} = F_s \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c (1 + 4L/D) \quad (\text{J} / \text{m}^2 \text{s})$$

$$q'' = \text{SEP}_{\text{max}} \cdot F_{\text{view}} \cdot \tau_a \quad (\text{J} / \text{m}^2 \text{s})$$

5-100 metre arasındaki mesafelerde F_{view} (görüş kat sayısını) hesaplamak için, AVM içerisinde yer alan beş adet mağaza vitrininden dikey bir dikdörtgen şeklinde termal radyasyonun orta boşluğa, atrium, kat koridorları, yürüyen merdiven kısımlarında ısı yayılımını varsayarak hesaplandı.



Şekil 8: Dikey bir radyant ısı için görüş faktörü [60,61,62].

$$h_r = L/b$$

$$x_r = X/b$$

$$A = 1/(h_r^2 + x_r^2)^{1/2}$$

$$B = h_r/(1 + x_r^2)^{1/2}$$

$$F_h = 1/2\pi [\tan^{-1}(1/x_r) - A x_r \tan^{-1}A]$$

$$F_v = 1/2\pi [h_r A \tan^{-1}A + (B/h_r) \tan^{-1}B]$$

$$F_{\max} = (F_h^2 + F_v^2)^{1/2}$$

Yukarıda belirtilen formüllerle hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sırasında yanıcı malzemeler katı madde olduklarından dolayı buharlaşma entalpisi çok düşüktür ve bu nedenle işlemlerde katı maddelerin buharlaşma entalpileri göz ardı edilmiştir.

Yine ortamda bulunan yanıcı malzemelerin yanma ısıları ve özısı değerleri birbirlerinden farklıdır. Hesaplamalarda ΔH_c ve c_p değerlerinin ortalamaları alınıp, kullanılmıştır. Bu adımlar gerçekleştirilirken Raoult Yasası'ndan faydalanılmıştır.

Ortam sıcaklığı, $T_a = 15^\circ\text{C} = 288,15\text{ K}$

c_8 : 0,001

($\text{kg} / \text{m}^2\text{s}$) [57]

ΔH_c : Ortamda bulunan malzemelerin ortalama yanma ısısı

C_p : Ortamda bulunan malzemelerin ortalama özısı kapasitesi

ΔH_v : Katılarda buharlaşma entalpisi çok düşük olduğundan işlemlerde buharlaşma entalpisi göz ardı edilmiştir.

Ulaşılan son sıcaklık, T_b : 1200 K ^[57]

g : 9,81 (m/s²)

ρ_{air} : 1,2243 (kg/m³) 15°C’de ^[57]

F_s : 0,4 ^[57]

u_w : 0,05 (m/s) ^[63]

Atmosferik geçirgenlik, T_a =1

L =3 m

b =4 m

SEP (Yüzey Yayılım Gücü): termal olarak ışıma ile iletilen güçtür. Birimi J/m²s ‘dir.

Hesaplamalar yapılırken kısıtları olan bir model kullanıldı ve matematiksel olarak işlemler yapıldı.

Tablo 9: Ortamda bulunan malzemelerin yanma ısıları ve öz ısı kapasiteleri

Malzemeler	ΔH_c (Yanma Isısı, MJ/kg)	c_p (Özısı kapasitesi, J/kgK)
Ahşap	12,40	1850
Tekstil	16,33	1340
Plastik	47,74	1900
Kâğıt	16,20	1400
Suni deri	27,00	2440

3.4.2 Alan Modelleri

Bu model, akışkan akışının zaman ortalamalı Navier-Stokes denklemlerinin çözümlerine dayanmaktadır. Bunlar, kısmi diferansiyel formda, akan sıvıda kütle, momentum ve skaler miktarların korunmasını tanımlayan denklemlerdir. Genelde çoğu saha modeli, yanma olmadığında sıvı akışını tahmin etmede iyidir. Yanma problemlerinin modellenmesi daha zordur. Bu tür akışlarda meydana gelen önemli fiziksel ve kimyasal süreçleri tanımlamak için ek alt modeller dahil edilmelidir. Alan modelleri matematiksel olarak karmaşıktır, büyük bilgisayar programlarında yer alır ve büyük bilgisayar sistemlerinde önemli çalışma sürelerine sahiptir. Alan modelleri birçok alt model içerir.

Dikkate alınan geometride gerçekçi akış alanları üreten türbülans modelleri, türbülanslı dalgalanmaların reaksiyon üzerindeki etkisini test edebilen gazlı tür modelleri, gaz yanma modelinden türetilen anlık tür konsantrasyonlarına dayanan kurum üretimi ve oksidasyon modelleri ve izotermal olmayan tür dağılımlarını, alev içindeki radyasyonun yeniden emilimini ve test edilen türbülanslı dalgalanmaların etkisini idare edebilen ısıma ısı transfer modelidir.

3.4.3 İntegral Modeller

İntegral modeller, yarı ampirik modeller ve saha modelleri (CFD modellemesi) arasında bir metottur. Fiziğin daha titiz bir tanıtımını içeren modeller, bunların yarı deneysel modellerden daha geniş bir çevre aralığında kullanılmasına izin verir. İntegral modeller, alan modelleri ile aynı şekilde matematiksel olarak formüle edilir. Bir akış içindeki kütle, momentum ve skaler miktarların korunmasını tanımlayan denklemleri çözerler ve prensipte türbülans yapısının alt modellerini, yanma ve ısı transfer sürecini içerebilirler. Bu denklem çözümlerinin alan modellerinden çok daha az bilgisayar zamanı gerektireceği şekilde basitleştirilmiş bir biçimde yani integral modellerde ifade edilir.

Bir havuz yangını; yanıcı malzemenin sıfır veya çok düşük başlangıç momentumuna sahip olduğu koşullar altında yanıcı malzemeyi buharlaştıran yatay bir havuzun üzerinde yanan türbülanslı bir difüzyon yangını olarak ifade edilebilir ^[64].



4. BULGULAR

Tez çalışmasında mevcut bir alışveriş merkezinde yer alan birkaç mağaza içerisinde bulunan yanıcı malzemeler kullanılmıştır. Rastgele seçilen mağazalar içerisinde bulunan yanıcı malzeme ile ortamda bulunan kişiler arasındaki mesafeler 5-100 metre arasında 5'er metre alınarak ortamda oluşan ısı akısı değerleri ve Yüzey Yayılım Güçleri (SEP'ler) Ampirik Modelleme kullanılarak hesaplanmıştır.

Yangının fiziksel etki alanının belirlenmesi amacıyla EPA, bir çalışma yaparak tehlikeli mesafeleri 2 kW/m²'lik alanlara bölmüştür. Rastgele seçilen beş mağazadan elde edilen ısı akısı değerleri ile EPA'nın belirlemiş olduğu ısınım ısı akı değerleri ile mukayesesi tartışma bölümünde belirtilmiştir.

Tablo 10: Rastgele Seçilen Beş Mağazanın SEP değerleri

Örnek	Mağaza İçinde Bulunan Malzeme ve Miktarları (kg)	$A_p(m^2)$	ΔH_c (MJ/kg)	c_p (J/kgK)	D (m)	m'' (kg/m ² s)	u_c (m/s)	u^*	L / D	SEP (kW/m ²)
1 Nolu Mağaza	Ahşap: 3000 Tekstil: 6000 Plastik: 150 Kâğıt: 20	181	15,56	1516,01	15,19	0,011	1,10	0,046	0,84	15,70
2 Nolu Mağaza	Ahşap: 500 Tekstil: 1000 Plastik: 160 Kâğıt: 4	121	18,04	1548,56	12,42	0,013	1,09	0,046	1,00	18,76
3 Nolu Mağaza	Ahşap: 2000 Kâğıt: 5000 Plastik: 20	141	15,21	1529,63	13,40	0,011	1,06	0,047	0,87	14,94
4 Nolu Mağaza	Ahşap: 4000 Plastik: 3 Kâğıt: 750 Suni deri: 4000	1255	19,41	2075,94	39,98	0,010	1,47	0,034	0,60	22,84
5 Nolu Mağaza	Ahşap: 1000 Plastik: 510 Tekstil: 1000 Kâğıt: 5	160	21,14	1656,46	14,28	0,014	1,17	0,043	1,02	23,30

Tablo 11: 5-100 arası mesafelerde maksimum görüş kat sayısı

L (m)	b (m)	X (m)	X_r= X/b	h_r= L/b	A	B	F_h	F_v	F_{max}
3	4	5	1,25	0,75	0,69	0,47	1,40	5,36	5,54
3	4	10	2,50	0,75	0,38	0,28	0,32	1,87	1,90
3	4	15	3,75	0,75	0,26	0,19	0,12	0,89	0,90
3	4	20	5,00	0,75	0,20	0,18	0,00	0,66	0,66
3	4	25	6,25	0,75	0,16	0,12	0,00	0,35	0,35
3	4	30	7,50	0,75	0,13	0,10	0,06	0,24	0,25
3	4	35	8,75	0,75	0,11	0,09	0,08	0,18	0,20
3	4	40	10,00	0,75	0,10	0,08	0,00	0,15	0,15
3	4	45	11,25	0,75	0,09	0,07	-0,02	0,12	0,12
3	4	50	12,50	0,75	0,08	0,06	0,00	0,09	0,09
3	4	55	13,75	0,75	0,07	0,05	0,05	0,06	0,08
3	4	60	15,00	0,75	0,07	0,05	-0,06	0,06	0,09
3	4	65	16,25	0,75	0,06	0,05	0,03	0,06	0,07
3	4	70	17,50	0,75	0,06	0,04	-0,05	0,04	0,06
3	4	75	18,75	0,75	0,05	0,04	0,06	0,04	0,07
3	4	80	20,00	0,75	0,05	0,04	0,00	0,037	0,037
3	4	85	21,25	0,75	0,047	0,04	0,001	0,035	0,035
3	4	90	22,50	0,75	0,044	0,03	0,008	0,024	0,025
3	4	95	23,75	0,75	0,042	0,03	0,002	0,0247	0,247
3	4	100	25,00	0,75	0,040	0,03	0,00	0,022	0,022

Tablo 12: 5-100 m arasındaki mesafelerde mağazaların ısı akısı değerleri

X (m)	F_{view}	q'' (kW/m ²)				
		1 Nolu Mağaza	2 Nolu Mağaza	3 Nolu Mağaza	4 Nolu Mağaza	5 Nolu Mağaza
5	5,54	86,99	103,93	82,77	126,53	129,08
10	1,90	29,83	35,64	28,39	43,40	44,27
15	0,90	14,13	16,88	13,45	20,56	20,97
20	0,66	10,36	12,38	9,86	15,07	15,38
25	0,35	5,50	6,57	5,23	7,99	8,16
30	0,25	3,93	4,69	3,74	5,71	5,83
35	0,20	3,14	3,75	2,99	4,57	4,66
40	0,15	2,36	2,81	2,24	3,43	3,50
45	0,12	1,88	2,25	1,79	2,74	2,80
50	0,09	1,41	1,69	1,35	2,06	2,10
55	0,08	1,26	1,50	1,20	1,83	1,86
60	0,09	1,41	1,69	1,35	2,06	2,10
65	0,07	1,10	1,31	1,05	1,60	1,63
70	0,06	0,94	1,13	0,90	1,37	1,40
75	0,07	1,10	1,31	1,05	1,60	1,63
80	0,037	0,58	0,69	0,55	0,85	0,86
85	0,035	0,55	0,66	0,52	0,80	0,82
90	0,025	0,39	0,47	0,37	0,57	0,58
95	0,247	3,88	4,63	3,69	5,64	5,76
100	0,022	0,35	0,41	0,33	0,50	0,51

5. TARTIŞMA

Yangın incelendiğinde; yangının insanlar üzerinde boğulma, zehirlenme ve termal radyasyon etkilerinin olduğu görülmektedir. Ortamda yanan maddelerin çıkarmış olduğu dumanla birlikte görüş mesafeleri azalmakta ve insanlar solunum sıkıntısı çekerek boğulma riski ile karşı karşıya kalmaktadır.

Yanan maddenin cinsine göre ortamda çıkan gazlar farklılık göstermekte olup, birçok olumsuz yanları bulunmaktadır. İnsanlar tarafından solunumun hayati tehlike oluşturması etkileri söz konusudur.

Havanın sirküle olamayacağı, kapalı bir yerde kalan ve kaçamayan bir kişinin dumandan etkilenerek ölümü beklenen bir durumdur. Geçmişte yaşanmış örnekleri hem Dünya’da hem de Türkiye’deki AVM yangınlarında vardır. Amasya’da bir AVM’de meydana gelen yangında 2 kişinin dumandan etkilenerek boğulup ölmesi, 4 kişinin durumlarının ağır olarak hastaneye kaldırılması ya da Rusya’daki Vinşya isimli alışveriş merkezinde meydana gelen yangında bir kısım çocukla beraber orada bulunan insanların hayatlarını kaybetmesi örnek olarak verilebilir^[48,2].

AVM içerisinde herhangi bir yangın durumunda, kaçabilenleri engelleyebilecek etkenleri incelediğimizde ise; ısı yayılımından dolayı termal radyasyon karşımıza çıkmaktadır. İnsanlar ısı ışıınımına yani radyasyon etkisine karşı çok hassastırlar. Isının ışıınımı olan alevin etkisiyle yanabilirler. Araştırmanın amacına bakıldığında; AVM içerisinde meydana gelen herhangi bir yangında , yangından kaçabilecek durumda olan yani kat koridorlarında, yürüyen merdivenlerde bulunan müşteri, ziyaretçi ve çalışanların ısı yayılımından en az etkilenecek şekilde yangının fiziksel risklerinin değerlendirilmesidir.

Termal radyasyon; ortamda bulunan ısı kaynağı ile ışıma alan malzeme arasındaki radyant ısı transferinden dolayı insanlarda acı kavramının oluşmasına sebebiyet vermektedir. Ortamda sıcaklığın artmasına paralel olarak acı şiddetlenir ve bunun

neticesinde yanıklar meydana gelir. “İnsanın acı eşik değeri 43 °C’dir. Deri bu sıcaklığın üzerine çıkacak şekilde ısıtılırsa acı hissedilecektir. Sıcaklık ne kadar çok artar ve yanan alan ne kadar büyük olursa, hissedilen acı da o kadar yüksek olur. Deride kızarıklıkla birlikte, sıcaklık 48 °C’ye ulaştığında birinci dereceden yanıklar oluşmaya başlar” [65]. Yangının büyümesiyle birlikte deyim yerindeyse son aşamada insan vücudunda yanık dereceleri artar. Isı kaynağı veya aleve olan mesafe, maruz kalma süresi yanık derecelerini belirler. Yanıklar 1., 2. ve 3. dereceden olmak üzere üçe ayrılır.

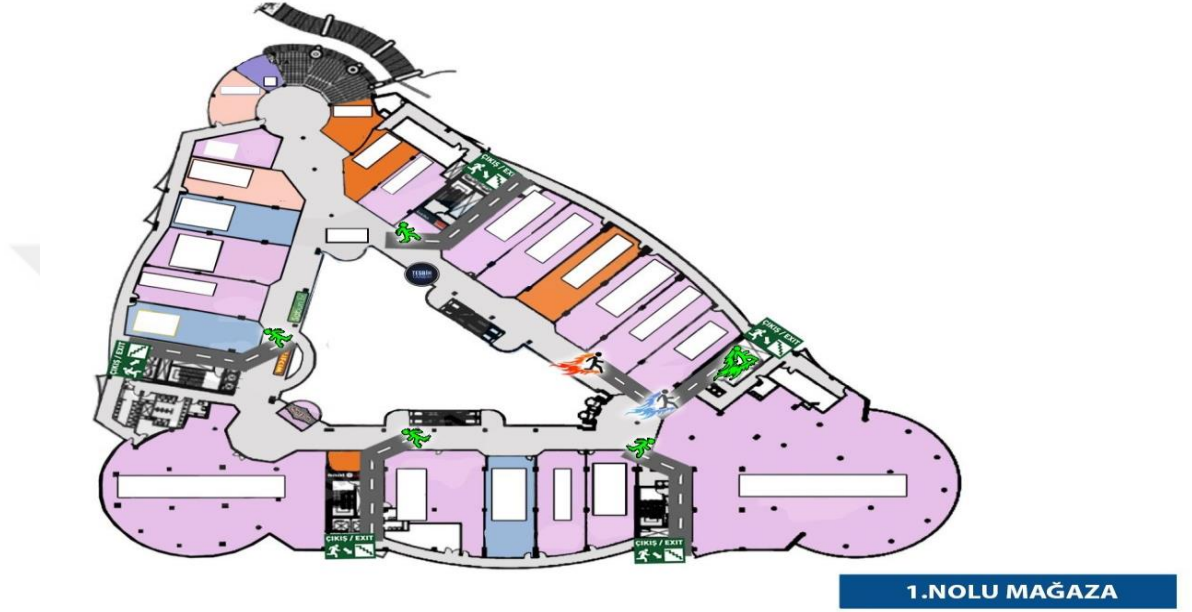
EPA, Amerikan Çevre Koruma Kurumu’dur. EPA, yanma anında zehirli ve yanıcı materyallerin salınım durumundaki tehlike mesafelerini, yanıcı malzemelerin yanma anındaki ısı etki değerlerini 2 kW/m² olarak belirlemiştir. Acı eşiği ve 1. derece yanıklar için ısı akı değeri 2 kW/ m², 2. derece yanıklar için ısı akı değeri 5 kW/m² ve 3. derece yanıklar için belirli bir süre maruz kalınması durumunda ısı akı değeri 10 kW/m² olarak belirlemiştir.

Tez çalışması kapsamında mevcut AVM’den rastgele seçilen beş mağazadan elde edilen ısı akı değerleri , EPA tarafından belirlenen ısı akı değeri olan 2 kW/m² ile karşılaştırması yapılmıştır. Rastgele seçilen beş mağazada da ısı akılarının birbirinden farklı değerlerde olduğu görülmüştür. Yangının çıktığı mesafe ile kişiler arasındaki mesafeler incelendiğinde EPA’nın belirlemiş olduğu mesafeye en uygun;

- 1 nolu mağazada 45. metrede
- 2 nolu mağazada 50. metrede,
- 3 nolu mağazada 45. metrede,
- 4 nolu mağazada 65. metrede,
- 5 nolu mağazada ise 65. metrede uyulduğu görülmüştür.

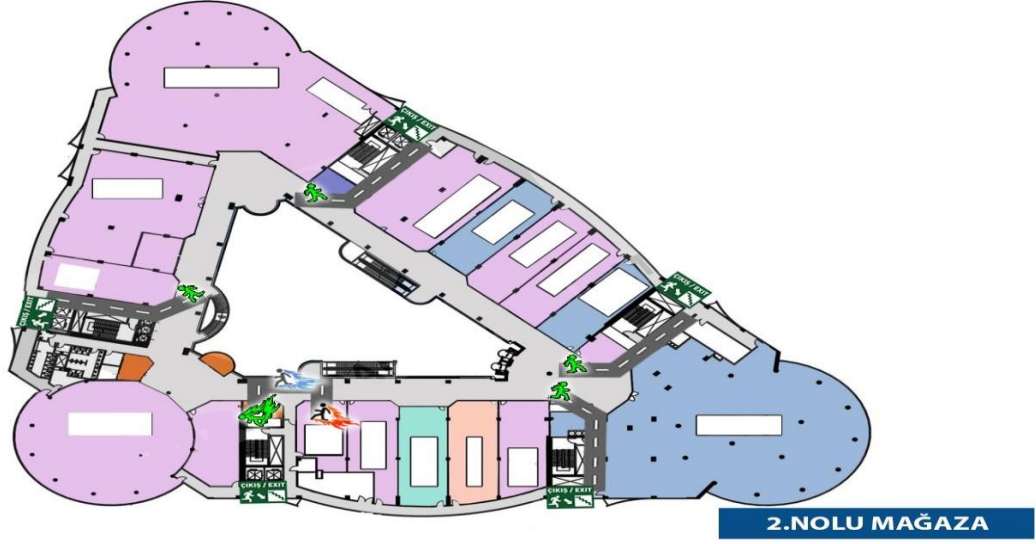
Yangının başlangıç noktası ile kişiler arasında mesafelerin arttıkça kişilerin acı hissetme olasılıklarının düştüğü, bununla birlikte ortamda kişilerde yanıkların olmasının düşük olduğu görülmektedir. Isı etki değerlerinin fazla olmasının

sebepleri incelendiğinde; mağazanın alanı, içerisinde bulunan yanıcı malzemenin cinsi ve ortamda bulunma miktarlarıdır.



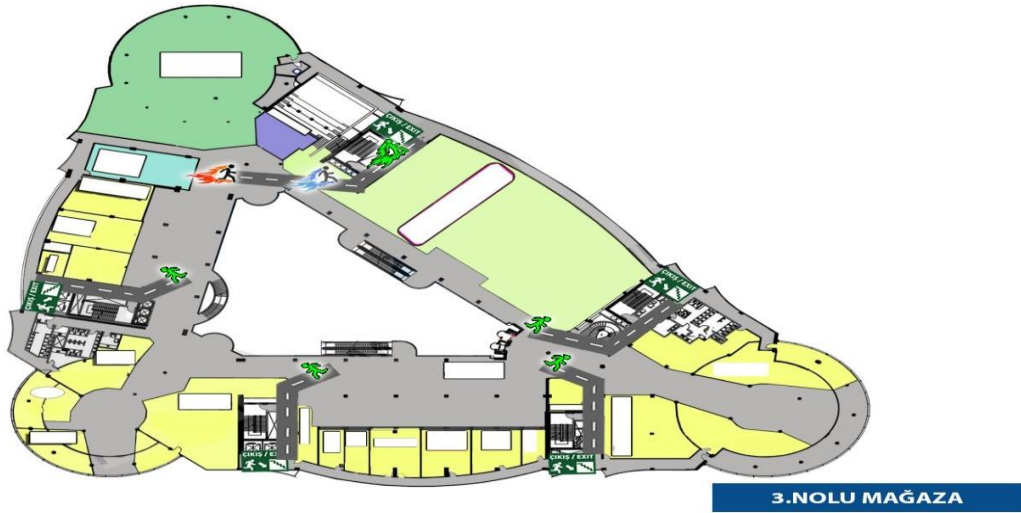
Şekil 9: 1 Nolu Mağazanın Krokisi

1 nolu mağazayı incelediğimizde yangın durumunda katta bulunan insanların ilk 45 metreye kadar birinci derece yanıklarla birlikte ikinci ve üçüncü dereceden yanıklarla içiçe oldukları görülmektedir. Kırk beşinci metreden itibaren ısı akısı değerlerinin düştüğü ve EPA'nın belirlemiş olduğu değerin altında kaldığı görülmektedir.



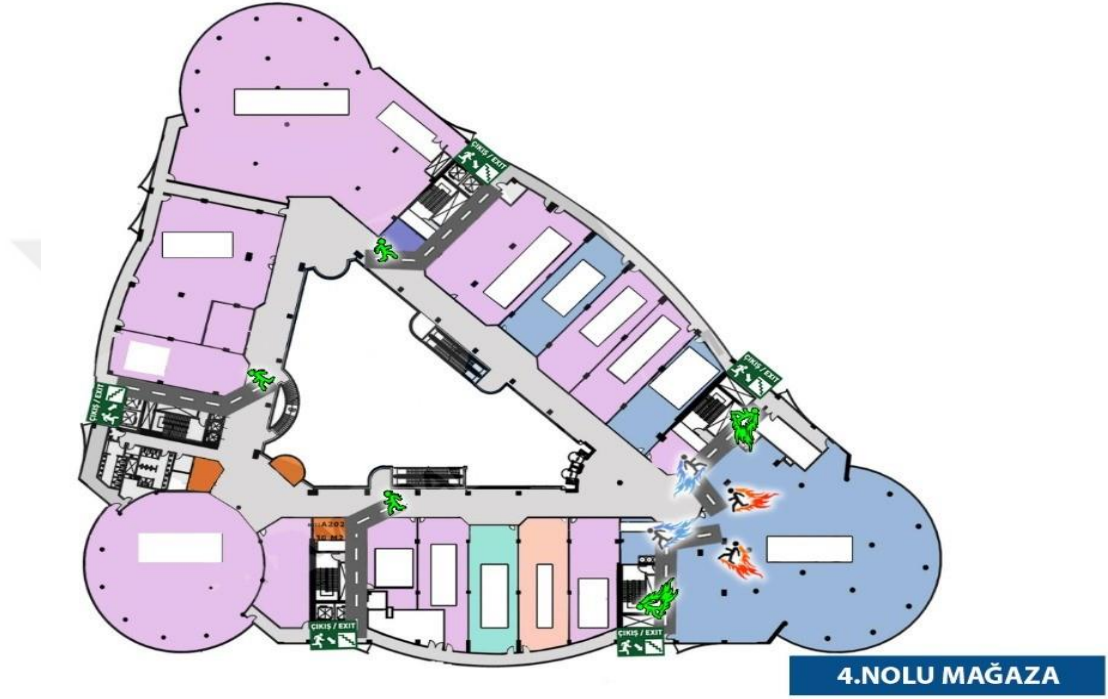
Şekil 10: 2 Nolu Mağazanın Krokisi

2 nolu mağaza incelendiğinde ise güvenli mesafelerin 50. metreden itibaren başladığı görülmektedir.



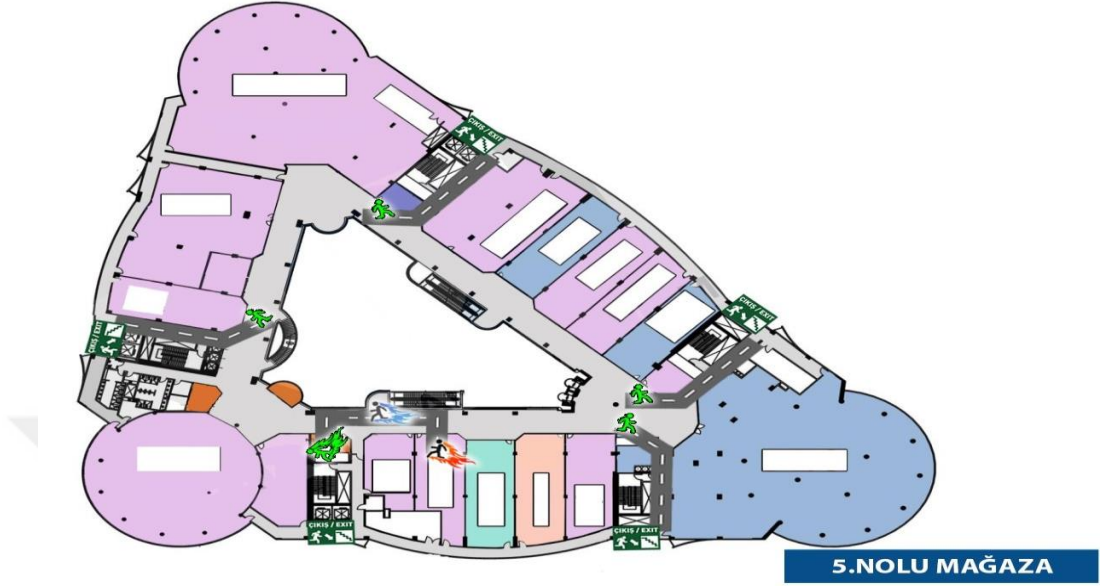
Şekil 11: 3 Nolu Mağazanın Krokisi

3 nolu mağazanın verilerine bakıldığında yangına 45. metrede maruz kalan kişinin güvenli bir mesafeye sahip olduğu ve termal radyasyondan etkilenmeden bulunulan ortamdan kaçma durumlarının olduğu görülmektedir.



Şekil 12: 4 Nolu Mağazanın Krokisi

4 nolu mağazada herhangi bir yangın durumunun meydana gelmesi halinde kat koridorlarında veya yürüyen merdivenlerde bulunan kişilerin 55. Metreden itibaren güvenli mesafelerde olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 13: 5 Nolu Mağazanın Krokisi

5 nolu mağazaya 55 metre uzaklıktayken kişilerin güvenli mesafede oldukları görülmektedir.

Bu beş mağaza kendi içinde karşılaştırıldığında güvenli mesafelerin farklı uzaklıklarda meydana gelmesinin sebebi; mağaza içlerinde yer alan yanıcı, yakıcı materyallerin miktarı ve mağaza büyüklüklerinin etkili olduğu görülmektedir.

Yangının çıktığı alanda ortalama ilk 50 metrelik mesafede bulunan kişilerde yanıkların oluşması, güvenli mesafeye ulaşana kadar yangın ileri safhalarından etkilenmeleri söz konusudur. Bununla birlikte mevcut AVM'nin krokisi incelendiğinde AVM'de 5 adet acil çıkış kapısı bulunmaktadır. Mağazaların konumları itibarı ile acil çıkış kapılarına olan uzaklıklarına bakıldığında 2 ve 4 nolu mağazaların acil çıkış kapılarının yanında yer aldığı, diğer 3 mağazanın da acil çıkış kapılarına ulaşım mesafelerinin yaklaşık 15 metre olduğu görülmektedir. Seçilen bu mağazaların güvenli noktalara geçişleri açısından uygun noktalarda oldukları görülmektedir, yalnız bu durum diğer mağazalar için geçerli değildir. Güvenli mesafelere olan uzaklık arttıkça yangının fiziksel etkilerinden kaçınma durumları

mevcut değildir. Bunun neticesinde de AVM içerisinde EPA'yla kıyaslama yapınca güvenli mesafelerin istenilen düzeyde olduğunu söylemek mümkün değildir.

Alışveriş merkezleri tasarlanırken proje aşamasında öncelikli olarak kaçış yolları ile ilgili krokiler oluşturulması gerekmektedir. Tasarım aşamasında herhangi bir acil durumda özellikle yangın durumunda AVM içerisinde yer alan personeller, müşteri ve ziyaretçilerin bulundukları ortamdan en az etkilenebilecekleri tarzda acil kaçış yolları tasarlanmalı, bununla ilgili gerekli işaretlemeler yapılmalı ve krokiler üzerinde gösterilmelidir.

Yangın riskinin kabul edilebilir değerlerde olması, yangının meydana geldiği mekânın durumu ve işlevi ile ilgilidir ^[62]. Bu bağlamda; alışveriş merkezleri dikkate alındığında hem içerisinde bulunan yanıcı, yakıcı malzeme hem de çalışan, ziyaretçi, müşteri bakımından riski yüksektir. Ortam sıcaklığının artması ve termal radyasyondaki ısı akısı hem güvenli kaçış süresini hem de kişilerde yanık oluşumuna sebebiyet verir. Bu sebeple AVM tasarımı yapılırken 2 kW/m^2 büyüklüğündeki ısınım ısı akı değerini aşmamalıdır.

6. SONUÇ

Yangın; kontrolden çıkmış yanma olayının, önlem alınamayan, kolaylıkla söndürülemeyen, tehlike yaratan ve sonucunda maddi, manevi ve can kayıplarına sebep olan ve birçok zarar meydana getiren bir olaydır. Alınabilecek tüm önlemlere rağmen yangın ve patlamaların meydana gelmemesi mümkün olmadığı için yangın sonucunda karşı karşıya kalabileceğimiz maddi ve manevi zararların en aza indirilmesi amacıyla adımlar atılmalıdır.

Dünya’da ve Türkiye’de meydana gelen alışveriş merkezi yangınlarını incelediğimizde yangınların sebeplerinin genellikle elektrik kabloları, mutfak bacalarından ve havalandırmadan kaynaklı oldukları görülmüştür ve bu yangınlar sonucunda maddi ve manevi kayıplar meydana gelmiştir. Bu bağlamda; tez çalışmasının temelini yangının etkilerinden biri olan termal radyasyonu ele alarak iş sağlığı ve güvenliği alanında AVM’lerde yangın konusunda farklı risk değerlendirme modelleriyle incelenerek yeni bir bakış açısı getirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışması sırasında termal radyasyonun etkileri incelenmiştir. Bu bağlamda; Yellow Book’ta bahsedilen Yarı Ampirik Model kullanılmıştır. Yarı Ampirik Modeli’nde bahsedilen Yüzey Yayılım Güçleri (SEP’ler) ve ısı transferi olan radyant ısı akı değerleri mevcut AVM içerisinde rastgele seçilen beş adet mağaza içerisinde yer alan yanıcı malzemeler kullanılarak hesaplanmıştır.

Yangın yerinde, yangının merkezi radyant ısının ana kaynağıdır. Yangının merkezi ve üzerindeki alevler ısı ışıınımı yapar. Işıma ısı, düz çizgiler halinde ilerler. Yangın veya alevlerin görüşünde olan herşey ısınır. Rastgele seçilen mağazalar ele alındığında ısı kaynağı ile ortamda bulunan kişinin arasındaki mesafeler arttıkça ısı akısı değerlerinin düştüğü görülmüştür. Radyant ısı mesafenin karesiyle ters orantılıdır. Isı akısı değerlerinin az olması, kişinin bulunduğu ortamın güvenli bir mesafe olduğunun işaretidir. Mağaza içlerinde kullanılan veriler dikkate alındığında güvenli mesafelerin ortalama elli metreden itibaren başladığı görülmüştür.

Yangının fiziksel etki alanının belirlenmesi amacıyla EPA bir çalışma yapmış olup, ısı etki değerlerini 2 kW/m^2 lik alanlarla sınırlamıştır. Güvenlik sınırı 2 kW/m^2 dir. Mağazalardaki ısı akısı değerlerine bakınca mesafenin artması ile kişilerin bulundukları alanın güvenli bölge, mesafe olduğu söylenir. Mevcut mağazalarla kıyaslama yapıldığında referans olarak alınan belli noktaların tehlikeli mesafede olduğu görülmektedir. Örnek olarak 1 nolu mağazada beş metre içerisindeki değer $86,99 \text{ kW/m}^2$ iken, kırkbeş metrede ise $1,88 \text{ kW/m}^2$ olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer mağazalar ile de karşılaştırma yapıldığında buna benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Burada ortaya çıkan sonuç ortamda bulunan yanıcı malzemenin cinsine bağlı olmakla birlikte, ortamda kaçış için yeterli güvenli mesafenin olmamasıdır.

Mevcut alışveriş merkezi incelendiğinde; bölüm bölüm, alanın değişmesiyle birlikte güvenli mesafelerin sağlanamadığı ve bunun neticesinde ortamda termal radyasyona maruz kalınması durumunda öncelikle 1. derece yanıkların oluşması, sonrasında yangının şiddetlenmesi ile birlikte yanık derecesinde artacağı görülmektedir. Bunun neticesinde AVM içerisinde bulunan acil çıkışların yetersiz olduğu, acil çıkışlara ulaşım kısmında güvenli mesafenin EPA'ya uygun olmaması dikkatleri çekmiştir. BYKHY'de alışveriş merkezleri ile ilgili yeterince hükümlerin bulunmaması, acil durum planlarında güvenli mesafelerin oluşturulmamasına, AVM dizaynında uygun genişliklerin oluşturulmamasına sebebiyet vermektedir. AVM dizaynında bina tasarım aşamasında güvenli mesafelere uygun olarak tasarlanması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuç; özellikle AVM' lerde acil durum planlarında yangın güvenliği planı gözden geçirilip, test ve revize edilmelidir. Yangının termal radyasyon etkileri incelendiğinden, zehirli gazlar ve boğulma etkilerinin de incelenmesi gerektiği öngörülmektedir. Gelecek çalışmalarda bu alanlarda da çalışmalar yapıp, iş sağlığı ve güvenliği alanında bütün AVM leri kapsayacak şekilde istatistiksel bir çalışma yapılmalıdır. Acil durum planlarına yeni bir bakış açısı kazandırılması amacıyla, binanın tasarım aşamasından başlanıp buna göre aksiyonlar alınarak acil durum planları güncellenmelidir. EPA'nın belirlemiş olduğu

2 kW/m²'lik ısınım ısı akı değerini aşmamalıdır. Hatta bununda ötesinde AVM içerisinde yer alan her bir dükkan için ayrı ayrı yangın senaryoları oluşturulup, değerlendirilmeli ve acil kaçış rotaları ona göre düzenlenmelidir. Gerekirse acil kaçış rotalarına ilave eklemeler yapılmalıdır.



7. KAYNAKÇA

- [1] Kars, F. Yapılarda Yangın Riskini Sınırlamaya Yönelik Önlemler ve Duman Kontrolünün Sağlanması. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi;1999:723-735.
- [2] Rusya'daki AVM Yangını Hakkında Bilinenler [internette].2018 [07 Eylül 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://sptnkne.ws/hdx5>
- [3] AVM Sayısı 3 Yılda 445'e çıkacak [internette].2018 [07 Eylül 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://emlakkulisi.com/avm-sayisi-3-yilda-445e-cikacak/565672>
- [4] Bakanlar Kurulu, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Sayısı:26735, 19.12.2007.
- [5] Egan, M. D., Concepts in Building Firesafety, New York, USA: Jhon Wiley & Sons, Inc.; 1978: 2-10, 38-50, 180-203.
- [6] Eriç, M., Yapı Fiziği ve Malzemesi, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul: Literatür Yay.; 2002: 160-164, 207-303 .
- [7] Hall, R., Essentials of Fire Fighting, Fourth Edition Stillwater, OK: Fire Protection Publications; 1998.
- [8] www.abdurrahmanince.net/yangin_guvenlik_egitimi.pdf
- [9] Association for Specialist Fire Protection (2011, 11 Ekim Red Book Fire Stopping : Linear Joint Seals, Penetration Seals&Small Cavity Barriers, Erişim 05.03.2014, http://asfp.associationhouse.org.uk/default.php?cmd=2010&doc_category=121.
- [10] Dr. Çetiner E. Yanma ve Yangın Ünite I:Yanma ve Yangın Kavramları Ders Notları, Atatürk Üniversitesi ATA-AÖF ; 2018-2019 Dönemi
- [11] Öztop F, Uçar S. Yangın, Yangının Etkileri ve Yangın Yeri İnceleme, Ankara: Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı; 2009: 1-13.
- [12] Yanıcı sıvılar nelerdir [internette].2020 [24 Şubat 2020 okundu]. Elektronik adresi:

<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF8007620E7D5602E8A03CD76EB828AAF7>

- [13] İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, İtfaiye Gönüllüleri Eğitim Kitabı. İstanbul. www.ibb.gov.tr
- [14] İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, Yangın ve Kazalarla Mücadele Eğitim Kitabı, İstanbul; 2007. s.7-90.
- [15] Eugene, M., Chemistry of Hazardous Materials, Lewis University , New Jersey;1997.s. 6-10, 100-103.
- [16] Shields, T.J., Silcock, G.W.H. Buildings and Fire, England: Longman Scientific & Technical;1987. s. 64-110, 290-295.
- [17] Akkaplan S, Boran K, Haksever A. Yapı Malzemeleri ve Yangın. Yangın ve Güvenlik Dergisi.İstanbul; 1999.s. 40-47.
- [18] Koyuncu, R. Yangın Koruma, Önleme, Söndürme Teknikleri. Ankara: Sivil Savunma Genel Müdürlüğü;1985.
- [19] İnternet: Heat Transfer 2005.
<http://www.firesafetyinfo.org/Environment>.
- [20] Chitty, R., Mitchell, J.F., Fire Safety Engineering A Reference Guide.London: Building Research Establishment;2003.s. 2-30, 44-54.
- [21] Yorulmaz, G., Yangından Korunma ve Binalarda Yangın Güvenliği Önlemleri. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi;2001.
- [22] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN-2 Yangın Sınıfları. Ankara: Enstitü;1998.s. 3-4.
- [23] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 2/A1–2013 Yangın Sınıfları. Ankara:Enstitü;25.04.2013.
- [24] Yavuz, G. Yapılarda Yangın Güvenliği Seminer Notları (Yangın-A) Gebze:İYEM;2002.s.6-31.
- [25] İplikçi, E. Binalarda Yangın Güvenlik Önlemlerinin Analizi ve Yangın Güvenlikli Bina Tasarımına İlişkin Performans Kriterlerinin Ortaya Konulması.Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi;2006.
- [26] Makine Mühendisleri Odası. Yangın Söndürme Sistemleri. Ankara; 2003.s. 1-7.

- [27] İnternet: Fire safety in Chemical Laboratories. 2005.
<http://www.rsc.org>.
- [28] Dr. Çetiner E. Yanma ve Yangın Ünite II: Yangın Sınıfları ve Söndürme Teknikleri Ders Notları. Atatürk Üniversitesi ATA-AÖF;2018-2019 Dönemi.
- [29] Doç. Dr. Altan F. Yanma ve Yangın Ünite III: Yangın Söndürme Madde ve Malzemeleri Ders Notları. Atatürk Üniversitesi ATA-AÖF;2018-2019 Dönemi
- [30] Kayacı H. Betonarme Yüksek Binalarda Yangın Güvenliği ve Yangın Senaryoları Üzerinde İncelemeler. Yüksek Lisans. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi;2014.
- [31] Stromgren M.The Status of Fire Safety Engineering in Europe. Fire Protect Engineering;2014. Q1.
- [32] Smith K. Environmental Hazards. 2nd ed. New York: Routledge;1996.
- [33] O'loughlin E.,Lay S. Structural Fire Resistance:Rating system manifests crude, inconsistent design,Case studies in fire safety,Volume III;May 2015.s.36-43.
- [34] Kılıç A. Mühendis ve Yangın Mühendisliği. Yangın Mühendisliği Yangın Güvenliği ve Teknolojileri Dergisi. Sayı IV.Ocak-Mart2018;2018.
www.tuyak.org.tr.
- [35] What is a fire engineer.
<https://www.firesafe.org.uk/what-is-a-fire-engineer/>
- [36] Uzun F., Gül İ.E. , Gül A., Uzun İ., Uzun Ö. F., Alışveriş Merkezlerinin (AVM) Mekansal Kullanımlarının ve Kullanıcı Eğilim ve Beklentilerinin İrdelenmesi;Isparta Kenti Örneği. Isparta:2017. 2(1):1-16.
- [37] Zukin,S., Urban Lifestyles: Diversity and Standardisation in Spaces of Consumption, Urban Studies, Cilt:35. Sayı:5-6:1998.s.825-839.
- [38] White R. and Sutton A. , Social Planning for Mall Redevlopment:an Australian Case Study,Local Environment, Cilt 6 , No 1,2001.s.65-80.
- [39] Birol G., Evolution of Trade Centres in Relation to Changing Trade Activities . Basılmamış Doktora Tezi.İzmir:İzmir İleri teknoloji Enstitüsü;2003.
- [40] Vural Aslan T., Türkiye'deki alışveriş Merkezi İncelemelerine Eleştirel Bir Bakış:Yorumlar,Eleştiriler,Tartışmalar. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 14, Sayı 1.2009.

- [41] Barlas E.E. Türkiye’deki AVM’lerin İncelenmesi ve Van İlinde AVM Projesi Geliştirilmesi. Yüksek Lisans. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi;2010.
- [42] Kısa H.G. Alışveriş Merkezi Tasarımında Kullanıcı Güvenliği. Yüksek Lisans. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi; 2015.
- [43] Londra’da AVM Yangını [internette].2019[29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
http://www.cumhuriyet.com.tr/video/video/1499317/Londra_da_AVM_de_yangin.html
- [44] Azerbaycan’da AVM’de büyük yangın! [internette].2019[29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://www.haberşer.com/azerbaycan-da-avm-de-buyuk-yangin-12504851-haberi/>
- [45] Irak’ın en büyük alışveriş merkezinde yangın [internette].2019 [29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://www.haberler.com/irak-in-en-buyuk-alisveris-merkezinde-yangin-12372133-haberi/>
- [46] Cidde’de AVM yangını [internette].2019 [29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://www.sabah.com.tr/dunya/2019/01/07/ciddede-avm-yangini-29-yarali-var>
- [47] AVM’deki yangında onlarca dükkan kullanılamaz hale geldi [internette].2020 [10 Eylül 2020 okundu].elektronik adresi:
<https://www.ntv.com.tr/turkiye/avmdeki-yanginda-onlarca-dukkan-kullanilamaz-hale-geldi,qXEMWOWt0kSCHRCh01K6OQ>
- [48] Amasya’da alışveriş merkezinde yangın:2 ölü [internette].2020 [10 Eylül 2020 okundu].elektronik adresi:
<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/amasyada-alisveris-merkezinde-yangin-2-olu-4-yarali-452946.html>
- [49] İstanbul’da AVM’de korkutan yangın [internette].2020 [10 Eylül 2020 okundu].elektronik adresi:
<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/istanbulda-avmde-korkutan-yangin-319288.html>
- [50] Beşiktaş’ta AVM’de korkutan yangın [internette].2020 [10 Eylül 2020 okundu].elektronik adresi:

<https://www.milliyet.com.tr/gundem/besiktasta-avmde-korkutan-yanigin-6207002>

- [51] Son dakika! Kadıköy AVM’ de yangın! [internette].2019 [29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://www.ahaber.com.tr/yasam/2019/08/21/kadikoyde-avm-yanigini-dumanlar-binayi-sardi>
- [52] Pendik’te AVM’ de korkutan yangın [internette].2019 [29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://www.hurriyet.com.tr/gundem/tuzlada-avmde-korkutan-yanigin-41030203>
- [53] Karum AVM’de korkutan yangın [internette].2019 [29 Ekim 2019 okundu]. Elektronik adresi:
<https://www.hurriyet.com.tr/yerel-haberler/ankara/karum-avmde-korkutan-yanigin-41035609>
- [54] Son dakika:Güngören’de AVM’nin spor salonunda yangın çıktı[internette].2019 [29 Ekim 2019 okundu].Elektronik adresi:
<https://www.haberturk.com/son-dakika-gungoren-de-avm-nin-spor-salonunda-yanigin-cikti-2265385>
- [55] Andersen,J. Innovative Financial for Natural Disaster Risk Management. Washington,D.C.;2002.
- [56] Stollard, P. & Abrahams, J. 1 Fire From First Principles, a Design Guide to Building Fire Safety. London: Chapman & Hall;1991.
- [57] Van den Bosch C.J.H., Weterings R.AP.M.Yellow Book(Methods for the calculation of physical effects) CPR 14E. In: Engelhard,W.F.J.M. Heat flux from fire. 3rd ed.2nd revised print;2005.s.552-696.
- [58] Savaş E., Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yazılımı (Fluent) Kullanılarak Bir İşyerinde Yangın Acil Durumunda Duman Tahliyesi Modellenmesi. İş sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü;2015.
- [59] Bağan M. Bekra Senaryolarından Havuz Yangınlarında Isı Akısının Hesaplanması, III. Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi Sempozyumu. Ankara;21-22 Mayıs 2015. [internette]. [24 Mart 2019 okundu]. Elektronik adresi:
http://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/6c323b772380a8f_ek.pdf?tipi=2&turu=H&sube=1

- [60] Raj, P. K., Calculations of thermal radiation hazards from LNG fires, a review of the state of the art, A.G.A. Transmission Conference, T135-148 (May 1977).
- [61] Love, T.J., Radiative Heat Transfer, C.E. Merrill Publishing Company, Columbus , Ohio (1968).
- [62] Sparrow, M.E. and Cess, R.D., Radiation Heat Transfer, Brooks/Cole Publishing Company, Belmont, California (1970).
- [63] 60079-10-1 Standardı.
- [64] Cowley L.T. and Johnson A.D. Blast and Fire Engineering Project for Topside Structures,F11 Oil and Gas Fires: Characteristics and Impact.1991.
- [65] Lambert K., İnsanlar Yangınlarda Nasıl Ölü?.. Gürer Y. D.(Çev), CFBT-BE Versie 1-1. 2019.
- [66] Canter D., Fires and Human Behaviour. John Wiley&Sons, U.S.A:1980. s.339

