T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL TESİSLERİN YANGINA KARŞI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

MAHMUT ENVER AY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. YAVUZ SALT

İSTANBUL, 2016

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL TESİSLERİN YANGINA KARŞI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Mahmut Enver AY tarafından hazırlanan tez çalışması 23.11.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Yavuz SALT

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Yavuz SALT

Yıldız Teknik Üniversitesi



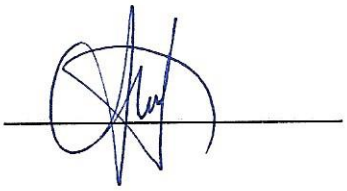
Doç. Dr. Nilüfer Hilmioğlu

Kocaeli Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Seyfullah KEYF

Yıldız Teknik Üniversitesi



ÖNSÖZ

Yüksek Lisans öğrenimim ve çalışmalarımın her aşamasında tecrübesi ve önerileri ile bana destek olan ve fikirleriyle bana yol gösteren çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Yavuz SALT'a ve bana desteğini esirgemeyen eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2016

Mahmut Enver AY

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi
KISALTMA LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ viii
ÇİZELGE LİSTESİ x
ÖZET xi
ABSTRACT xii
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2
BÖLÜM 2
YANGIN 3
2.1 Yangının Kimyası 3
2.2 Yangın Sınıfları 7
2.2.1 A Sınıfı Yangın 8
2.2.2 B Sınıfı Yangın 8
2.2.3 C Sınıfı Yangın 8
2.2.4 D Sınıfı Yangın 8
2.2.5 F Sınıfı Yangın 9
2.3 Isı Transferi 9
2.3.1 İletim (Conduction) 9
2.3.2 Yayılım (Convection) 10
2.3.3 Işıma (Radiation) 10
2.4 Yangın Tespit 10
2.4.1 Duman Dedektörleri 11
2.4.4.1 İyonizasyon Duman Dedektörleri 11
2.4.4.2 Fotoelektrik Duman Dedektörleri 12
2.4.2 Işın Dedektörleri 12
2.4.3 Isı Dedektörleri 13
2.4.4.1 Sabit Sıcaklık Isı Dedektörleri 14

2.4.4.2 Isı Artış Oranı Dedektörleri 14
2.4.4.3 Hat Isı Dedektörleri 15
2.4.4 Alev Dedektörleri 16
2.4.5 Gaz Dedektörleri 16
2.4.6 Hava Örnekleme Dedektörleri 17
2.5 Yangın Söndürme 18
2.5.1 Yangın Söndürücüler 18
2.5.2 Yangın Hidrantları 18
2.5.2.1 Kuru Tip Hidrant 18
2.5.2.2 Yaş Tip Hidrant 19
2.5.3 Yangınla Mücadele Köpükleri 20
2.5.3.1 A Sınıfı Köpük 20
2.5.3.2 B Sınıfı Köpük 20
2.5.4 Yangını Bastırma Sistemleri 28
2.5.4.1 Su/Köpüklü Yağmurlama Sistemleri 28
2.5.4.2 Kimyasallı Söndürme Sistemleri 30
2.5.4.3 Gazlı Söndürme Sistemleri 31

BÖLÜM 3

ENDÜSTRİYEL YANGINLAR VE BİR TESİSİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ 32

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER 58

KAYNAKLAR 61

ÖZGEÇMİŞ 63

SİMGE LİSTESİ

A	Alan
k	Isıl iletkenlik katsayısı
h	Yayılımla ısı aktarım katsayısı
L	Kalınlık
L_g	Gazlaşma ısısı
$\dot{m}''$	Kütle akısı
$\dot{q}''$	İletimle ısı transferi
$\dot{Q}''$	Isı akısı
T	Sıcaklık
r	Yarıçap
v	Hacim
ΔT	Sıcaklık değişimi
π	Pi sayısı
σ	Stefan-Boltzman sabiti
ε	Yayma oranı

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AFAD	Afet ve Acil Durum
AFFF	Aqueous Film-Forming Foam
AR-AFFF	Alcohol Resistant Aqueous Film-Forming Foam
EC	European Community
EEC	European Economic Community
EN	Europian Norm
FFFP	Film-Forming Fluoroprotein
ICMESA	Industrie Chimiche Meda Società Azionaria
LEL	Lower Explosive Limit
LPG	Liquefied Petroleum Gas
NFPA	National Fire Protection Association
STAR	SOCAR Turkey Aegean Refinery
TANAP	Trans Anatolian Gas Pipeline
TCP	Triklorofenol
TS	Türk Standartları
UEL	Upper Explosive Limit

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Yangın üçgeni [4] 4
Şekil 2. 2 Yangın dörtyüzlüsü [5] 4
Şekil 2. 3 İyonizasyon duman dedektörü [4] 11
Şekil 2. 4 Fotoelektrik duman dedektörü iç yapısı [4] 12
Şekil 2. 5 Işın dedektörü [4] 13
Şekil 2. 6 Isı dedektörü [4] 14
Şekil 2. 7 Depolama tanklarında kullanılan hat ısı dedektörü 15
Şekil 2. 8 Alev dedektörü [4] 16
Şekil 2. 9 Gaz dedektörü 17
Şekil 2. 10 Hava örnekleme dedektörü [4] 17
Şekil 2. 11 Kuru tip hidrant iç yapısı [4] 19
Şekil 2. 12 Yaş tip hidrant [4] 19
Şekil 2. 13 Köpüklerin Özellikleri [11] 21
Şekil 2. 14 Köpük dörtyüzlüsü [11] 22
Şekil 2. 15 AFFF tipi köpük [11] 24
Şekil 2. 16 AR-AFFF tipi köpük [11] 25
Şekil 2. 17 Eriyebilir bağlantılı yağmurlama başlığı [4] 29
Şekil 2. 18 Kırılabilir ampüllü yağmurlama başlık çeşitleri [4] 29
Şekil 2. 19 Kimyasal topaklı yağmurlama başlık çeşitleri [4] 30
Şekil 3. 1 Dünyadaki endüstriyel tesislerde yaşanan kazalarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13] 32
Şekil 3. 2 Dünyadaki endüstriyel tesislerde yaşanan yangınlarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13] 33
Şekil 3. 3 Türkiye'de çıkan yangınlarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13] 33
Şekil 3. 4 Türkiye'de patlamalarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13] 34
Şekil 3. 5 Havalandırma ünitesine çok yakın yerleştirilen duman dedektörü 35
Şekil 3. 6 Bakım eksikliği olan duman dedektörü 36
Şekil 3. 7 Standart dışı yangın söndürücü etiketi 38
Şekil 3. 8 TS 862-7 EN 3-7 + A1'e göre yangın söndürücü etiketi [9] 39
Şekil 3. 9 Kuru kimyevi yangın söndürücü emniyet ventili 40
Şekil 3. 10 Yangın söndürücülerde en sık görülen korozyon örneği 42
Şekil 3. 11 Askılığı olmayan yangın söndürücü 43
Şekil 3. 12 Dolum sonrası vana bağlantısı tam sıkılmamış karbondioksit tipi yangın söndürücü 44

Şekil 3. 13 Görülmesi engellenen yangın söndürücü 44
Şekil 3. 14 Dolum sonrası kuru kimyevi etiketli yangın söndürücüden su çıkması 45
Şekil 3. 15 Dolum sonrası kuru kimyevi etiketli yangın söndürücüden köpük çıkması. 46
Şekil 3. 16 Uygun olmayan hidrant örnekleri 46
Şekil 3. 17 Uygun olmayan hortum bağlantısı ve hidrant kabini örneği 47
Şekil 3. 18 Çekiçlemenin etkisiyle kaplin dişlerinden kırılan hidrant bağlantısı 48
Şekil 3. 19 Yere fazla gömülmüş olan uygunsuz hidrant 48
Şekil 3. 20 Yüzer tavanlı depolama tanklarındaki rimseal yangınlarına müdahale 49
Şekil 3. 21 Depolama tankı köpük setindeki tahliye delikleri 50
Şekil 3. 22 Düşük kapasiteli itfaiye araçları ile depolama tank yangınına müdahale 50
Şekil 3. 23 RTFC boilover testi öncesi ve boilover sonrası yangının yayılımı 52
Şekil 3. 24 Tacoa tank yangını boilover olayı öncesi 52
Şekil 3. 25 Hidrokarbon depolama tank yangınlarında kullanılan yüksek kapasiteli monitörler 54
Şekil 3. 26 Yüksek kapasiteli dizel yangın suyu pompası 54
Şekil 3. 27 Standart dışı yangın hattı ve kırılan hidrant 55
Şekil 3. 28 Yanıcı gazların patlama limitlerinin sıcaklıkla değişimi [5] 57

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Çeşitli köpük türlerinin özelliklerinin karşılaştırması [11]……..25
Çizelge 2. 2 Sabit-tavanlı hidrokarbon depolama tanklarını korumak için köpük monitörü ve el hattı ile müdahale [11]……..26
Çizelge 2. 3 Sabit-tavanlı tanklarda hidrokarbonlar veya yanıcı ve parlayıcı sıvılar için alkol dirençli köpükler kullanarak ihtiyaç duyulan minimum sabit köpük boşaltım ağızlarının sayısı[11]…….. 27
Çizelge 2. 4 Sabit-tavanlı hidrokarbon içeren tanklarda tip II, sabit köpük boşaltım ağızları için minimum boşaltım zamanı ve uygulama oranları [11]…….. 27
Çizelge 3. 1 Çeşitli yanıcı gazların patlama limitleri [5]……56
Çizelge 4. 1 Tesis'de belirlenen durumlar……59

ÖZET

ENDÜSTRİYEL TESİSLERİN YANGINA KARŞI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Mahmut Enver AY

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yavuz SALT

Endüstriyel tesislerde yapılan üretim ya da işlemler büyük ölçeklerde olduğundan endüstriyel tesislerde gerçekleşen bir yangının riski ve boyutu da diğer tesislere göre daha büyük olmaktadır. Yangının çıkmaması için gerekli önlemleri almak endüstriyel tesisler için çok önemlidir. Çünkü çok büyük boyutlarda olan yangınları söndürebilmek için çok fazla su, köpük, yangın söndürücü donanım vb. ve personel gerektirmektedir. Her tesisin barındırdığı tehlikeleri tespit ederek buradaki risklerin değerlendirilmesi ve gerekli önlemleri alması gerekmektedir. Yangınla mücadele ederken yanan materyalin özelliklerine, yanarken oluşan enerji miktarına göre kullanılacak söndürücü maddenin cinsi ve miktarı değişmektedir. Örneğin, bir petrol tankı yangınında yanma sonucu çıkan ısı miktarına göre yeterli miktarda su/köpük karışımı uygulanamazsa o zaman petrol depolama tankı yangınının sönmesi mümkün olmayacaktır. Bu nedenle çıkabilecek yangınlara karşı yeterli miktarda yangınla mücadele ekipmanlarının bulunmasını sağlamak ve yangına her zaman hazırlıklı olmak gereklidir.

Bu çalışmada, endüstriyel tesislerdeki yangın riskleri belirlenerek bunlara karşı alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yangın, endüstriyel tesis, risk değerlendirmesi, söndürme sistemleri, radyan ısı.

ABSTRACT

RISK ANALYSIS OF INDUSTRIAL FACILITIES AGAINST TO THE FIRE

Mahmut Enver AY

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Doç. Dr. Yavuz SALT

Fire risk or fire size in large-scale industrial facilities can be significantly higher than for smaller industrial units due to large-scale production. Take due precautions to prevent fire are very important for industrial facilities. A lot of water, foam, fire extinguishing equipment's etc. and personnel are required to extinguish the large scale fires. Risk assessments and necessary precautions must be taken with identifying the hazards for each facility. Fire extinguishing material type and amount varies according to burning material properties to be used, and the amount of energy created by burning. For example, oil storage tank fire cannot extinguish if does not apply enough amount of water/foam mixture according to combustion heat. Therefore, sufficient amount of fire fighting equipment must be keep ready and be prepared for the fire needed.

In this study, the fire risks in an industrial facility have been determined and the compulsory precautions against fire have been identified.

Keywords: Fire, industrial facilities, risk assessment, extinguishing systems, radiant heat.

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Büyük endüstriyel kaza, herhangi bir kuruluşun işletilmesi esnasında, kontrolsüz gelişmelerden kaynaklanan ve kuruluş içinde veya dışında çevre ve insan sağlığı için anında veya daha sonra ciddi tehlikeye yol açabilen bir veya birden fazla tehlikeli maddenin sebep olduğu büyük bir yayılım, yangın veya patlama olayını ifade etmektedir. Geçmişten günümüze en hasarlı yangınlar, tesislerin büyük olması nedeniyle endüstriyel tesislerde gerçekleşmiştir.

Kuzeybatı İtalya'da, Milano'ya 20 km uzaklıkta küçük bir kasaba olan Seveso'da ICMESA Chemical Company'ye ait fabrikada 10 Temmuz 1976 günü triklorofenol (TCP) üretimi yapan bir reaktördeki patlama sonucu beyaz bir gaz bulutu çevreye yayılmıştır. Bu zehirli gaz, bu güne kadar bilinen en zehirli gazlardan dioksindir. Kasabada kısa bir süre içinde hayvan ölümleri görülmeye başlamış, patlamadan 5 gün geçtikten sonra da hastaneye başvurular başlamıştır. Yapılan kontroller sonunda kasabada geniş bir bölgenin tamamen kirlendiği anlaşılmış ve 100 kadar ev tamamen boşaltılmıştır. Seveso Direktifi, adını bu kazadan almıştır.

1976 Yılında İtalya'nın Seveso kasabasında gerçekleşen bu kaza sonrasında, endüstriyel kazaların oluşmasının engellenmesi ve gerekli önlemlerin alınması adına hazırlanmış olan Seveso Direktifi (82/501/EEC) kabul edilmiştir. 9 Aralık 1996'da ise 96/82/EC sayılı "Tehlikeli Maddeleri İçeren Büyük Kaza Risklerinin Kontrolüne İlişkin Direktif (Seveso-II Direktifi)" yayımlanmıştır [1]. Seveso-II Direktifinin ülkemiz mevzuatına uyumlaştıran "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında

Yönetmelik" Çevre Bakanlığı ve Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca oluşturulan bir komisyon ile hazırlanarak, 30 Aralık 2013 tarih ve 28867 mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [2].

Dünya çapında yangın ile ilgili olarak en çok kullanılan standartlar, Amerika'da kurulan NFPA Kurumu tarafından hazırlanmaktadır. NFPA, 300'ün üzerinde standart oluşturmuş ve diğer dünya ülkeleri gibi Türkiye de bu standartları referans alarak yangınla ilgili çeşitli standartlar, yönetmelikler hazırlamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Endüstriyel tesislerde çıkan yangınların başta tesise olmak üzere çevreye ve insanlara büyük zararları olmaktadır. Ülkemizdeki endüstriyel tesislerde yangın çıkmasına karşı gerekli önlemlerin alınması ve tesislerimizde çıkacak bir yangına karşı müdahale için nelerin gerekli olduğunu bildirmek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Bu sayede doğru önlemler alınırsa çalışanların ve tesis çevresindeki yaşayan insanların hayatları, çevre korunmuş olacak, ayrıca ülke ekonomimizde de kayıplar yaşanmamış olacaktır.

1.3 Hipotez

Endüstriyel tesislerdeki yangın riskleri belirlenerek bu risklere karşı alınması gereken önlemler belirtilmiştir. Eğer gerekli önlemler uygulanmazsa, yangın kaçınılmaz olacaktır. Bu tür durumlara nasıl hazırlıklı olunacağı bu çalışmamızda belirtilmiştir. Yangın çıktıktan sonra yangına en kısa sürede müdahaleye başlanması, yangının hızlı bir şekilde söndürülebilmesi için çok önemlidir. Yangını söndürmek için tesislerdeki yangın çeşitlerine göre uygun müdahale yöntemleri uygulanmalıdır. Risk değerlendirmesiyle tespit edilen farklı türdeki yangınlara nasıl önlemler alınması gerektiği ve bu farklı türdeki yangınlara müdahale metotlarının nasıl olması gerektiği konusunda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar kullanılarak endüstriyel tesislerin yangına karşı alınması gereken güvenlik önlemlerinin neler olduğu konusunda önermeler yapılabilmektedir.

BÖLÜM 2

YANGIN

Yangına müdahale edebilmek için yangın çeşitlerini, yangın çeşitleri arasındaki farklılıkları ve yangını oluşturan etmenleri iyi bilmek gereklidir.

2.1 Yangının Kimyası

TS 7486 standardı, yangını iki şekilde tanımlamaktadır.

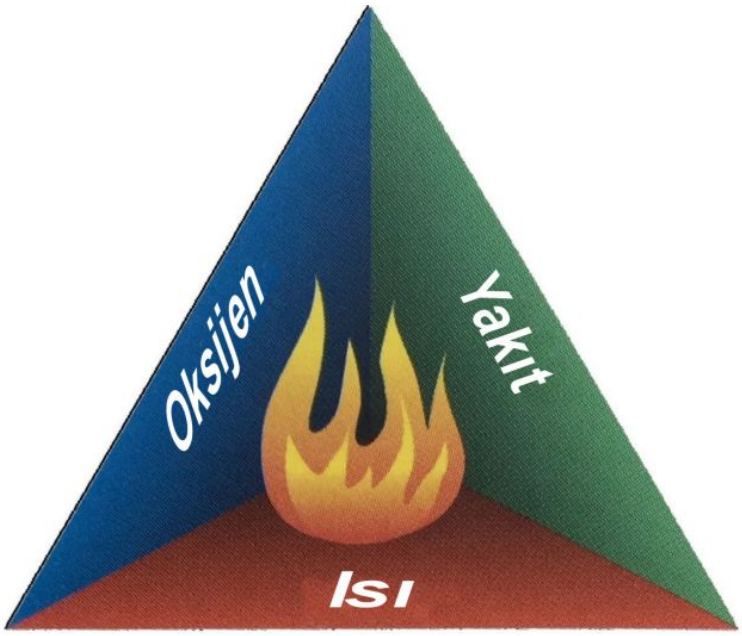
1. Dumanın, alevin ya da her ikisinin beraberce ısı yayması ile karakterize edilen yanma olayıdır.

2. Yanmanın, zaman ve mekân olarak kontrol edilmemiş bir şekilde yayılmasıdır [3].

Yangın, fiziksel ve kimyasal işlemlerin arasında birçok etkileşimleri içeren karmaşık bir süreçtir. Bir yanan yüzeyin basitleştirilmiş modeli, alevlerden yüzeye ısı transferi tarafından yakıt buharları akısının nasıl korunduğunu göstermektedir. Kararlı duruma ulaşıldığında maksimum yanma oranı denklem (2.1)'deki gibi ifade edilebilir.

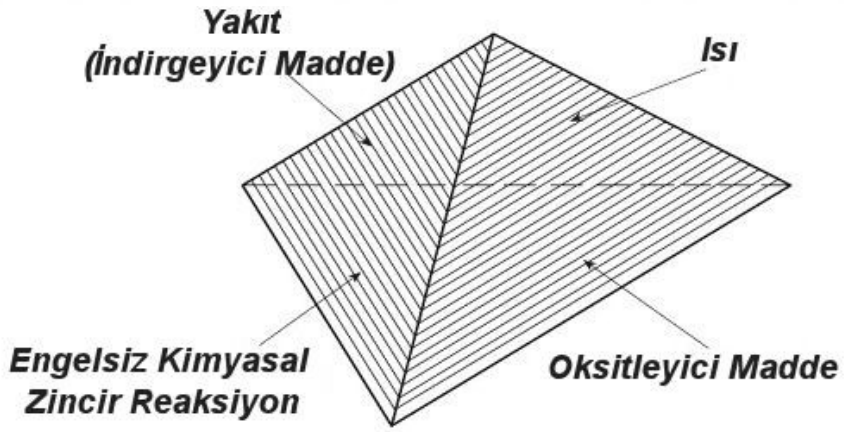
$$\dot{m}'' = \frac{(\dot{Q}''_{alev} - \dot{Q}''_{kayip})}{L_g} \text{ kg/s} \qquad (2.1)$$

Yangının oluşması için gerekli olan geleneksel üç temel koşul, yanıcı madde, oksitleyici madde ve ısının bir araya gelmesidir. Bu koşulların bir araya gelmesini grafik olarak gösterirsek yangın üçgeni Şekil 2.1'de görüldüğü gibi olmaktadır [4].



Şekil 2. 1 Yangın üçgeni [4]

Yangının kendi kendini sürdürebilmesi için 4. faktör olarak kimyasal zincir reaksiyonunun buna eklenmesi gereklidir. Kimyasal zincir reaksiyon sayesinde yanma reaksiyonu devam eder. Eğer bu dört bileşeni grafik olarak gösterirsek yangın dörtyüzlüsü ise Şekil 2.2'de gibi olmaktadır [5].



Şekil 2. 2 Yangın dörtyüzlüsü [5]

Bu dört yüzeyden herhangi birini ortadan kaldırırsak yanmayı durdurabiliriz. Ülkemizde verilen yangın ile ilgili eğitimlerde sadece yangın üçgeni anlatıldığından eksik bilgi iletimi olmaktadır.

Genel yanma reaksiyonu (2.2)'de belirtilmiştir.

$$C_nH_{2n}+3n/2O_2 \rightarrow nCO_2+nH_2O+Q \quad (2.2)$$

Metan için oksitlenme reaksiyonu basit olarak (2.3)'de belirtildiği gibidir.

$$CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O \quad (2.3)$$

Oysaki bu reaksiyon gerçekleşirken, bir seri temel reaksiyonlar halinde dönüşüm gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar arasında serbest radikal reaksiyonları vardır ve bir dizi reaksiyon boyunca oldukça reaktif moleküler parçalar üretilir. Metanın oksitlenmesi için esas temel reaksiyonlar (2.4)'den (2.22)'ye kadar olan reaksiyonlarda gösterilmiştir.

$$CH_4+M \rightarrow CH_3+H+M \quad (2.4)$$

$$CH_4+O_2 \rightarrow CH_3+HO_2 \quad (2.5)$$

$$CH_4+H \rightarrow CH_3+OH \quad (2.6)$$

$$CH_4+OH \rightarrow CH_3+H_2O \quad (2.7)$$

$$O_2+H \rightarrow O+OH \quad (2.8)$$

$$CH_4+O \rightarrow CH_3+OH \quad (2.9)$$

$$CH_3+O_2 \rightarrow CH_2O+OH \quad (2.10)$$

$$CH_2O+O \rightarrow CHO+OH \quad (2.11)$$

$$CH_2O+OH \rightarrow CHO+H_2O \quad (2.12)$$

$$CH_2O+H \rightarrow CHO+H_2 \quad (2.13)$$

$$CHO+O \rightarrow CO+OH \quad (2.14)$$

$$CHO+H \rightarrow CO+H_2O \quad (2.15)$$

$$CHO+H \rightarrow CO+H_2 \quad (2.16)$$

$$H_2+O \rightarrow H+OH \quad (2.17)$$

$H_2+OH \rightarrow H+H_2O$ (2.18)

$CO+OH \rightarrow CO_2+H$ (2.19)

$H+OH+M \rightarrow H_20+M$ (2.20)

$H+H+M \rightarrow H_2+M$ (2.21)

$H+O_2+M \rightarrow HO_2+M$ (2.22)

Proses, bir tutuşturma kaynağı tarafından başlatılabilir. Bu, sisteme serbest radikalleri sunar. (Alternatif olarak yeterince yüksek sıcaklıkta serbest radikaller (2.4) ve (2.5)'deki reaksiyonlar sonucunda kendiliğinden oluşur.)

Reaksiyon (2.4)'deki bir metan molekülündeki ayrışma (üçüncü bir cisimle [M] çarpışma esnasında enerji taşınır), metil radikali ve hidrojen atomu olarak iki reaktif tür üretir. Metil radikali, formaldehit (CH_2O) ve serbest hidroksil radikali (OH) üretmek için reaksiyon (2.10)'daki gösterildiği gibi oksijen molekülüyle kolayca reaksiyona girer. Formaldehit (2.11)'deki reaksiyonundan, (2.16)'daki reaksiyonuna kadar oldukça zehirli bir gaz olan karbonmonoksit'e dönüşür. Karbonmonoksit, hidroksil ile reaksiyona girdiğinde (2.19)'da görüldüğü gibi oksitlenerek karbondioksite dönüşür. Fakat (2.19)'daki reaksiyon hidroksil radikallerinin eksikliğinden dolayı kesilirse, eksik yanma sonucu karbonmonoksit oluşmaktadır. Bu reaksiyon, zengin yakıt ve yetersiz oksijen bulunan tüm yanmalarda görülmektedir.

Metan (2.9)'daki reaksiyonuyla, (2.6) ve (2.7)'deki reaksiyonlarına göre daha az tüketilir. Serbest radikallerin daha yüksek konsantrasyonları (kısmen H ve OH), tüm prosesten daha hızlı tüketilir. Serbest radikallerin sayılarındaki artışa göre tüm reaksiyonun ivmesi hızlanır ve zincir dallanmasını yöneten en önemli reaksiyon çifti (2.8) ve (2.9)'daki reaksiyonlarıdır. (2.6), (2.7) ve (2.11)-(2.16)'daki reaksiyonlarında metanın tüketim oranı ve su, karbonmonoksit, karbondioksit oluşum oranları doğrudan onların konsantrasyonlarına bağlıdır. Onların konsantrasyonlarına olan bu bağlantı, çok yüksek reaksiyon oranları ve metan-hava karışımının yanma limitleri içinde hızlı alev yayılmasından sorumludur. Bu proseste hidrojen atomu temel katılımcıdır ve tüm

hidrojen içeren yakıtların oksitlenmesi esnasında reaksiyon (2.8)'deki gibi önceki serinin içinde açıklanmış mekanizma, ilgili olan tüm sistemler için ortaktır.

Öncelikle (2.8)'deki reaksiyonda görüldüğü üzere dallanma reaksiyonu oranını düşüren herhangi bir proses, reaksiyon oranı üzerinde başlangıçtan itibaren dallanma prosesini etkili olarak durduracak kadar bir etkiye sahip olacaktır. Halonlar da dâhil en etkili yangın söndürücüler bu şekilde çalışır ve alevlenebilir buhar-hava karışımlarını oldukça düşük konsantrasyonlarda (genellikle %8 veya daha az) yanmaz hale getirirler. Alevlenebilir karışımlar, aynı zamanda karbondioksit gibi bir gaz ilave edilmesiyle etkisiz hale getirilebilir. Fakat karbondioksit kullanımı için daha yüksek konsantrasyonlar (yaklaşık %30) gereklidir. Çünkü buradaki yangın söndürme eylemi kimyasal değil, fizikseldir. (Soğutucu olarak etki eder, alev sıcaklığını kritik değer olan 1300°C'nin altına düşürür.) [10]

2.2 Yangın Sınıfları

Ülkemizde yangın TS EN 2'ye göre beş sınıfa ayrılmıştır. Tüm yangın sınıflarına müdahale edebilen bir yangın söndürücü dünyada henüz imal edilmemiştir. Yangını söndürmek için yangın sınıfına uygun şekilde müdahale edilmezse, yangın daha da büyüyerek tehlike artabilir. Bu nedenle yangına, uygun yangın söndürücü ile müdahale etmek çok önemlidir.

Yangın söndürücülerin üzerinde söndürücünün özelliklerini gösteren etiketin nasıl olması gerektiği, etiketteki yazı büyüklüklerini, yangın sınıfını belirten piktogramların şekilleri vb. gibi konular TS 862-7 EN 3-7 + A1 nolu standartta belirtilmiştir. Yangın söndürücü dolumu yapan firmaların da yangın söndürücülerin üzerine bu standarda uygun etiketleme yapması gerekmektedir.

Ayrıca Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te yangın söndürücülerin bakımı ve dolumu hakkında bilgiler verilmiştir. Bu yönetmeliğe göre yangın söndürücüleri dolum yapan firmalar yangın söndürücülere 4 yıl garanti vermek zorundadır. Bakımı ile ilgili olarak da dolum yapıldıktan sonra her yıl dolumu yapan yetkili firma tarafından kontrolleri yapılmalıdır. Yangın söndürücüler basınçlı

ekipmanlar olduğundan 4. yılın sonunda hidrostatik testi yapılır ve yangın söndürücünün içindeki söndürme maddeleri yenilenir [7].

Basınçlı ekipmanlar yönetmeliğine göre yangın söndürücülerde basınç yükselmesinden dolayı bir patlama tehlikesine karşın basınç emniyet vanası bulunması gerekmektedir [8].

2.2.1 A Sınıfı Yangın

Odun, kömür, kâğıt, ot, doküman ve plastik gibi yanıcı katı maddeler yangınıdır [7]. A sınıfı yangınları söndürmede en sık kullanılan ve en ucuz yöntem, yanan maddenin sıcaklığını tutuşma sıcaklığının altına düşürmek için yanan maddeyi su ile soğutmaktır.

2.2.2 B Sınıfı Yangın

Benzin, benzol, makine yağları, laklar, yağlı boyalar, katran ve asfalt gibi yanıcı sıvı maddelerin yangınıdır [7]. Yanıcı sıvıların oluşturduğu yangınların üzerine köpük uygulanarak yanan yüzeyin oksijen ile teması kesilip yangın söndürülebilir. B sınıfı yangın söndürücülerde en sık kullanılan köpük AFFF(Aqua Film Forming Foam) tipi köpüktür.

2.2.3 C Sınıfı Yangın

Metan, propan, bütan, LPG, asetilen, havagazı ve hidrojen gibi yanıcı gaz maddeler yangınıdır [7]. Gaz yangınlarında kuru kimyevi olarak adlandırılan yangın söndürücüler ile müdahale edilebilir. Gaz yangınlarını söndürürken eğer imkân varsa öncelikle kaçak olan yerin öncesinde bir vana varsa o vana kapatılmalıdır. Yoksa yanma söndürüldükten sonra gaz çıkmaya devam edecektir. Daha sonra bu çıkan gazın bir yerde birikip bir kıvılcım ile patlama riski vardır.

2.2.4 D Sınıfı Yangın

Lityum, sodyum, potasyum, alüminyum ve magnezyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddeler gibi metaller yangınıdır [7]. Bu tür yangınlar ayrı bir sınıfa ayrılmıştır. Çünkü bu metal yangınlarına su ile müdahale edilmesi sonucu şiddetli patlamalar oluşmaktadır. Bunun nedeni ise reaksiyon sonucu hidrojen gazı açığa

çıkmasıdır. D sınıfı yangın söndürücüler, kuru toz yangın söndürücüler olarak da adlandırılır. D sınıfı yangın söndürücülerde en sık kullanılan kimyasal, sodyum klorit'tir.

Fakat kuru toz yangın söndürücüleri, kuru kimyevi yangın söndürücülerle karıştırmamak gereklidir. Kuru kimyevi yangın söndürücüler A, B ve C sınıfı yangınlarda kullanılabilen, toz halde genellikle amonyum fostat kullanılan yangın söndürücülerdir.

2.2.5 F Sınıfı Yangın

Mutfakta kullanılan kızartma yağı yangınlarıdır [9]. F sınıfı yangın söndürücülere, ıslak kimyevi yangın söndürücüler de denir. F sınıfı yangın söndürücülerde potasyum asetat, potasyum karbonat, potasyum sitrat gibi sıvı çözeltiler kullanılmaktadır. Bu çözeltiler ile müdahale edildiğinde yanan yağ arasında sabunlaşma reaksiyonu oluşur. Böylece yağın üstünde kalın bir köpük battaniyesi oluşmaktadır. F sınıfı sıvılar, restoranların mutfaklarında kullanılan otomatik yangın söndürme sistemlerinde de kullanılmaktadır [4].

Amonyum fosfat bazlı kuru kimyevi yangın söndürücüler, kızartma yağı yangınlarında kesinlikle kullanılmamalıdır. Amonyum fosfat, asidik özellikle olduğundan kızartma yağı ile reaksiyona girip boğucu özellikteki köpüğü oluşturamaz. Ayrıca F sınıfı yangın söndürücü kullanılmış bir yangına bu tip asidik özellikte bir yangın söndürücü ile müdahale edildiğinde oluşan köpük formunu bozarak durum daha kötü hale gelir [4].

2.3 Isı Transferi

Yanma ekzotermik bir reaksiyon olduğundan, yanma olduğunda ısı açığa çıkar. Ortaya çıkan ısı, yanmanın olduğu noktada en yüksek değerdedir. Isı transferi, sıcaklık farkı ile olur. Yüksek sıcaklıkta olan yerden düşük sıcaklıktaki yere transfer gerçekleşir. Isı transferi üç şekilde gerçekleşir. Bunlar;

2.3.1 İletim (Conduction)

Isı transferi katı, sıvı ve gazlardan tarafından iletilmesiyle gerçekleşebilir. Isı, katı maddeler üzerinden iletimi sıvı ve gazlara göre daha fazladır. Isının sıcak olan bölgeden soğuk olan bölgeye hareket ederek ısı değişimi miktarı (2.23)'deki eşitlik ile gösterilir.

$T=(T_1-T_2)$ (2.23)

İletimle ısı transferi denklemi (2.24)'de gösterilmektedir.

$$\dot{q}''=\frac{k}{L}\Delta T \text{ kW/m}^2 \quad (2.24)$$

Bu denklem, iletimle ısı transferinde kullanılır. Denklemde k ısıl iletkenlik katsayısı, L malzemenin kalınlığıdır [10].

2.3.2 Yayılım (Convection)

Yayılımla ısı transferi, hava gibi bir akışkanın katı veya sıvı bir yüzey ile temasında birbirleri arasında olan ısı transferidir. Yayılımla ısı transferi denklem (2.25)'de gösterilmiştir.

$\dot{q}''=h\Delta T$ kW/m^2 (2.25)

Bu denklemde h yayılım ısı transfer katsayısıdır [10].

2.3.3 Işıma (Radiation)

Işınımsal ısı transferi, diğerlerine göre biraz daha farklıdır. Yayılım ve iletimde bir müdahil araç ile ısı tranfer edilirken ışıma hava boşluğu boyunca olur. Işıma, hava boşluğu boyunca olur. Yüzeyden ısı kaybı için ilgili denklem (2.26)'da gösterilmektedir.

$\dot{q}''=\varepsilon\sigma T^4$ kW/m^2 (2.26)

sıcaklık K olarak, σ Stefan-Boltzman sabiti ($56.7\text{x}10^{-12}$ kW/m^{2}K^4) ve ε yayılabilme veya ışıma yapabilen yüzey ile etkinliktir.

2.4 Yangın Tespit

Farklı türlerdeki yangınları hızlı bir şekilde tespit edebilmek için farklı dedektörler bulunmaktadır. Yangın türüne uygun dedektör seçimi yapılmazsa yangının tespiti daha geç olacağından, yangının büyümesine neden olunabilir.

2.4.1 Duman Dedektörleri

Duman dedektörleri ev ve ofis tipi yerlerde sıkça kullanılan A sınıfı yangınların tespitine uygun olan dedektörlerdir. Duman dedektörlerinin pille yerel olarak çalışan modelleri olduğu gibi, elektrik sistemiyle bir merkezi alarm panosuna bağlı olan sistemler de bulunmaktadır. Genel olarak duman dedektörleri iki çeşittir.

2.4.4.1 İyonizasyon Duman Dedektörleri

İyonizasyon dedektörleri, yanmanın görülmeyen ürünleri tarafından aktive edilir. Elektriksel olarak yüklenmiş mikroskobik partikülleri (iyonları) algılar. Bu tip dedektörün içinde çok az miktarda radyoaktif madde bulunmaktadır. Radyoaktif madde dedektörün içinde yüklü partiküller yayar ve iki plaka arasında küçük bir elektrik akımı olur. Duman partikülleri, dedektörün içine girdiğinde yüklü partikülleri nötralize ederek akımı keser. Daha sonra dedektör bu kesintiyi tespit ederek alarmı aktive eder. Şekil 2.3'de iyonizasyon tipi duman dedektörü örneği görülmektedir.

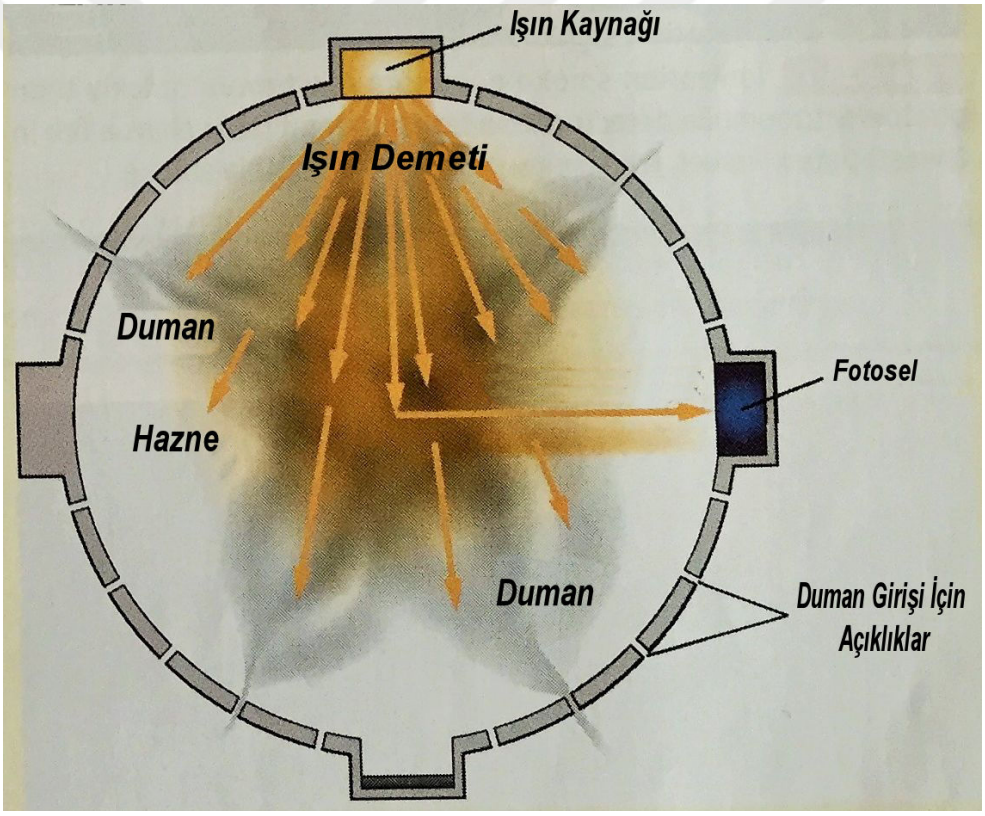


Şekil 2. 3 İyonizasyon duman dedektörü [4]

2.4.4.2 Fotoelektrik Duman Dedektörleri

Fotoelektrik duman dedektörleri, daha görülebilir duman partiküllerini tespit etmek için bir ışın demeti ve bir fotosel kullanmaktadır. Duman partikülleri, ışın demetini fotosele doğru yansıtır ve böylece alarm aktive olur.

Fotoelektrik dedektörler, iyonizasyon dedektörlerine göre daha pahalıdır ve daha az kullanılmaktadırlar. Çok az görülebilir duman olan hızlı yangınlarda, fotoelektrik dedektörler daha yavaş tepki verirler. Fakat fotoelektrik dedektörlerin avantajı, yemek buharı, ütü buharı gibi yaygın aktivitelerde oluşan buharlarda iyonizasyon dedektörleri gibi sık, istenmeyen alarmlar oluşturmaz. Fotoelektrik duman dedektörünün iç yapısı Şekil 2.4'de görülmektedir.

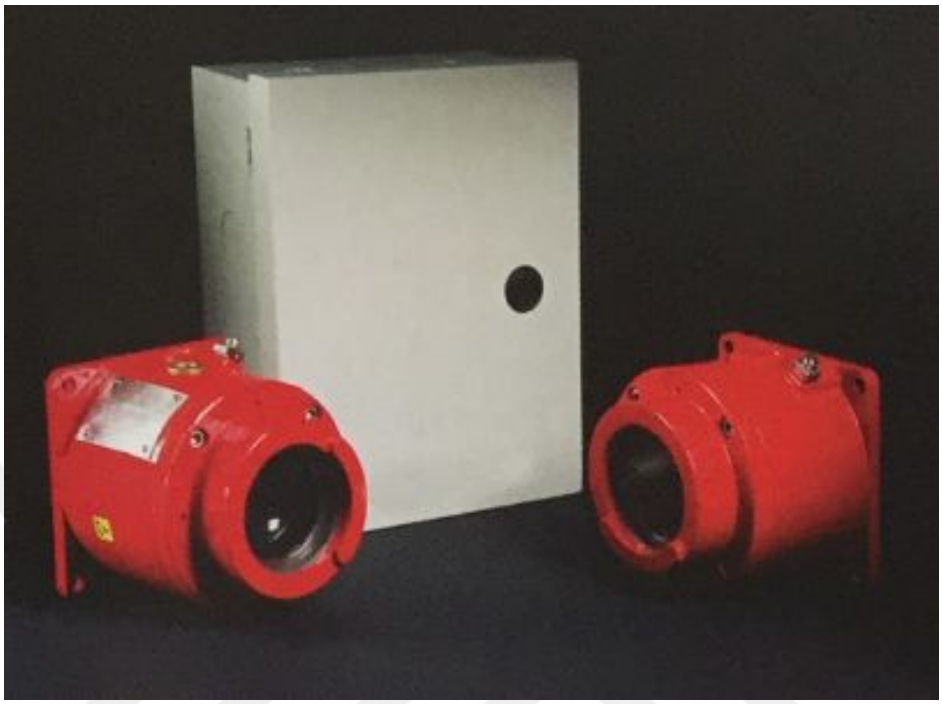


Şekil 2. 4 Fotoelektrik duman dedektörü iç yapısı [4]

2.4.2 Işın Dedektörleri

Geniş ve açık alanlarda kullanılan bir çeşit duman dedektörüdür. Işın dedektörleri, geniş alanlarda karşılıklı yerleştirilen, Şekil 2.5'de görüldüğü üzere bir alıcı ve bir verici üniteden oluşmaktadır. Bu alıcı ve verici arasında bir ışın gönderimi olmaktadır.

Duman, araya girerek ışını kestiğinde alarm aktive olmaktadır. Bu dedektörün dezavantajı alıcı ve verici arasına ışını kesen bir engel girerse hata sinyali vermekte ve bu esnada dumanı algılayamamaktadır.



Şekil 2. 5 Işın dedektörü [4]

2.4.3 Isı Dedektörleri

Isı dedektörleri, genellikle tozlu ve duman dedektörünün sık alarm verebileceği yerlerde kullanılmaktadır. Isının yükselmesi sonucu aktive olduğundan, duman dedektörlerine göre daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Isı dedektörlerinin de farklı tipte olanları mevcuttur. Şekil 2.6'da ısı dedektörü örneği görülmektedir.



Şekil 2. 6 Isı dedektörü [4]

2.4.4.1 Sabit Sıcaklık Isı Dedektörleri

Bu tip dedektörler, belli bir sıcaklıkta alarm vermek için tasarlanmıştır. Genellikle ofisler gibi düşük tehlikeli yerlerde 57^{o}C'de alarm verecek şekilde set edilmektedir. Bu dedektörlerin içinde belli sıcaklıkta eriyen bir metal alaşımı mevcuttur. Metal alaşımının erimesiyle, bağlı olduğu yay mekanizması bağlantıyı kesmekte ve alarm devreye girmektedir. Bu nedenle çoğu sabit sıcaklık ısı dedektörü aktive olduğunda değişmesi gerekmektedir.

2.4.4.2 Isı Artış Oranı Dedektörleri

Bu tip dedektörler, belli bir süre içinde ortamdaki ısının belli bir miktar artması sonucu aktive olmaktadır. Genellikle 1 dakika içinde 11^{o}C'den daha fazla ısı artışı olursa alarm çalışmaktadır. Çoğu ısı artış oranı dedektöründe kendi kendini düzeltme özelliği bulunmaktadır. Bu sayede aktive olduğunda değiştirilmeleri gerekmemektedir.

Genellikle sabit ısı dedektörlerine göre daha hızlı tepki vermektedirler. Sabit ısı dedektörü ve ısı artış oranı dedektörlerinin kombinasyonu olan dedektörler de bulunmaktadır. Bunlar her iki özelliği de barındırdığından daha kullanışlıdırlar.

2.4.4.3 Hat Isı Dedektörleri

Hat ısı dedektörleri, geniş açık alanlarda, korunacak olan alanın üst kısmına yerleştirilen kablo veya boru dizisi vasıtasıyla ısı artışını tespit edebilmek için kullanılmaktadır. Bu hat boyunca, hattın neresinde ısı artışı olursa alarm aktive olmaktadır.

Bu dedektörlerin tek, çift kablolu ve borulu olarak üç tipi bulunmaktadır. Çift kablolu olanda, kabloların izolasyonu bulunmaktadır. Isı, kabloların izolasyonunu erittiğinde kablolar birbirine temas ederek alarm aktive olur. Devreye girmesi sonrasında kablo izolasyonu eridiğinden dolayı kablonun değişmesi gerekmektedir. Tek kablolu olanda ise ısı artışı ile kablonun elektrik direncindeki değişim ölçülür ve alarm devreye girer. Bu tipte olanların kendi kendini restore etme özelliği bulunmaktadır. Eğer kablo direk olarak aleve maruz kalmadıysa değiştirilmesine gerek yoktur. Boru tipi olan çeşitleri ise içi hava veya yanıcı olmayan bir gaz ile dolu metal boru şeklindedir. Boru ısıtıldığında, iç basıncı artarak alarm aktive olur. Bu tipte olan dedektörlerin de kendi kendini restore etme özelliği bulunmaktadır. Direk olarak aleve maruz kalmadıysa bu dedektörlerin değiştirilmesine gerek yoktur. Depolama tanklarının rimseal bölgelerinde kullanılan hat ısı dedektörü örneği Şekil 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2. 7 Depolama tanklarında kullanılan hat ısı dedektörü

2.4.4 Alev Dedektörleri

Alev dedektörleri, alev tarafından oluşturulan elektromanyetik ışık dalgalarını tespit etmektedir. Alev, çok küçük olsa bile tespit edebilir. Şekil 2.8'de örneği görülen alev dedektörleri özellikle uçak hangarları, endüstriyel tesislerde yangına erken müdahalenin kritik olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bu tip dedektörlerin dezavantajı, güneş veya kaynak operasyonlarından gelen infrared veya ultraviyole ışınlardan dolayı istenmeyen alarmlar oluşmasıdır.



Şekil 2. 8 Alev dedektörü [4]

2.4.5 Gaz Dedektörleri

Gaz dedektörleri, yanma sonucu oluşan veya tesiste kullanılan belli bir gazın varlığını tespit etmede kullanılmaktadır. Şekil 2.9'da görülen gaz dedektörleri, genellikle endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Bu dedektörlerin düzgün çalışabilmesi için düzenli olarak kalibre edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2. 9 Gaz dedektörü [6]

2.4.6 Hava Örnekleme Dedektörleri

Bu tip dedektörler, sürekli olarak bulundukları ortamdan hava çekerek gaz analizörüne gönderir ve havada duman partikülleri, yanma ürünleri veya farklı türde gaz karışımları bulunup bulunmadığını kontrol eder. Şekil 2.10'da görülen hava örnekleme dedektörü genellikle çok değerli, hassas ekipmanların bulunduğu tesislerde, problemi erken tespit etmek için bu tip dedektörler kullanılmaktadır.



Şekil 2. 10 Hava örnekleme dedektörü [4]

2.5 Yangın Söndürme

Yangından korunmak için kullanılan çok çeşitli sistemler mevcuttur. Bu sistemlerden hangilerinin gerekli olduğu ve kapasitelerinin ne kadar olması ile ilgili tespitler tesisteki risklere göre belirlenmektedir.

2.5.1 Yangın Söndürücüler

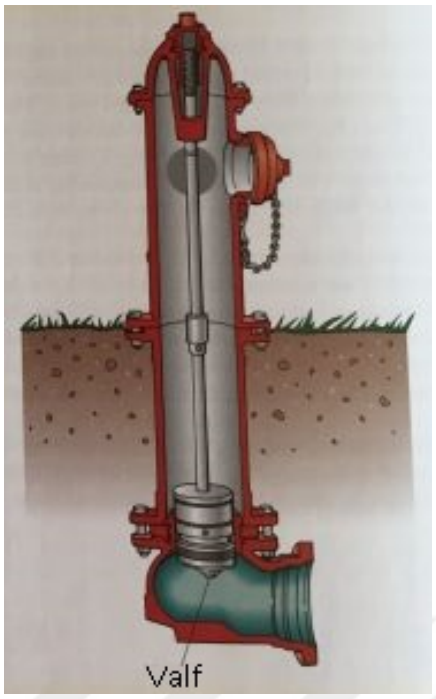
Taşınabilir yangın söndürücüler, başlangıç safhasında olan ve küçük yangınlara müdahale etmek için kullanılmaktadır. Tesisteki yanıcı maddeleri ve riskleri belirleyerek en uygun yangın söndürücü çeşidini gerekli noktalara yerleştirmek gerekmektedir.

2.5.2 Yangın Hidrantları

Yangın hidrantları, tesislerde hızlı ve sürekli olarak su teminini sağlamak için kullanılmaktadır. Farklı kapasitelerde, farklı boyutlarda çıkışları olan hidrantlar bulunmaktadır. Seçilen hidrantın kapasitesinin, tesiste çıkabilecek bir yangına müdahale için gerekli miktarda su sağlayabilecek kadar olması gereklidir. Tesisin bulunduğu bölgedeki hava koşullarına göre, kullanılan iki tip yangın hidrantı vardır.

2.5.2.1 Kuru Tip Hidrant

Bu tip hidrantlar, yangın suyunun donma tehlikesinin bulunduğu tesislerde kullanılmaktadır. Hidrantın içi, sürekli olarak boş tutulmakta olduğundan kuru tip denilmiştir. Hidrantın vanası açıldığında, yer altından hidrantı besleyen yangın suyu hattından su gelerek hidrantı doldurmaktadır. Kapatıldığında ise hidrantın toprak altında bulunan tahliyesinden içindeki suyu boşalttığından donma tehlikesi oluşmamaktadır. Kuru tip olan hidrantların iç yapısı Şekil 2.11'de görülmektedir.



Şekil 2. 11 Kuru tip hidrant iç yapısı [4]

2.5.2.2 Yaş Tip Hidrant

Yaş tip hidrantlar, yangın suyunun donma tehlikesinin bulunmadığı bölgelerdeki tesislerde kullanılmaktadır. Hidrantın içinde su sürekli olarak dolu ve hazır bulunduğundan yaş tip denilmiştir. Şekil 2.12'de örneği görülen yaş tip hidrantın avantajı, hidrantın vanasını açar açmaz suyun daha hızlı bir şekilde gerekli yere verilebilmesidir.



Şekil 2. 12 Yaş tip hidrant [4]

2.5.3 Yangınla Mücadele Köpükleri

Yangınla mücadele köpükleri her çeşit yangında kullanılamaz. Temel olarak A sınıfı ve B sınıfı köpükler olarak ikiye ayrılır. Her iki sınıfın içinde farklı köpük çeşitleri mevcuttur.

2.5.3.1 A Sınıfı Köpük

A sınıfı köpükler, tahta, kâğıt, kumaş gibi sıradan yanıcı malzemelerin çıkardığı yangınlarda kullanılmaktadır. Ayrıca bu köpükler, saman ve kamış gibi organik materyallerin yangınlarında da etkilidirler. A sınıfı köpükler, özellikle kırsal alanlarda orman ve ot yangınları esnasında, su desteği kısıtlı olduğunda binaların korunmasında kullanışlıdır.

A sınıfı köpük, suyun yüzey gerilimini azaltarak bir yangın söndürücü eleman olarak suyun etkinliğini arttırmaktadır. Yanan yüzeyin parçalanması yerine, yanan yoğun malzemelere suyun nüfuz etmesini ve daha çok ısı emilimini sağlar. Aynı zamanda köpük, yanan yüzeylerin üzerinde bir tabaka oluşturarak yanmamış yakıtların tutuşmasını önler [4].

2.5.3.2 B Sınıfı Köpük

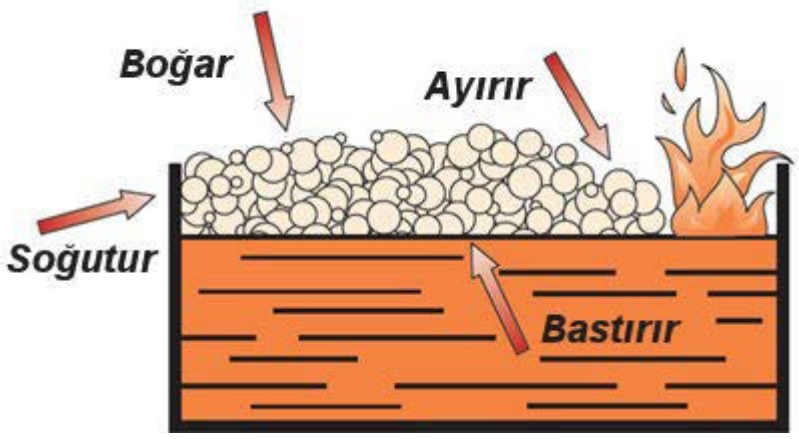
B sınıfı köpük, B sınıfı yangınlarla mücadele etmek için kullanılmaktadır. B sınıfı köpüğün çeşitli tipleri, yanıcı sıvıların farklı tiplerinde etkili olması için formüle edilmiştir. Bazı sıvılar, farklı köpük formülasyonları ile uyumsuzdur ve bu tip sıvıların yangınlarında köpük ile müdahale edildiğinde köpük, yangını kontrol altına almadan bu sıvı köpüğü tahrip eder.

Yanıcı sıvı yangınlarında sıvı kendi kendine yanamaz. Sadece sıvının yüzeyinden buharlaşan yanıcı buharlar hava ile karıştığında yanabilir. Sıcaklığa ve sıvının fiziksel özelliklerine göre bir sıvının yüzeyinden açığa çıkan buharların miktarı değişir. Örneğin benzin -42.8 ^{o}C sıcaklığa kadar yanıcı buharlar üretebilir. Bazı buharlar havadan daha hafiftir ve yukarıya, atmosfere doğru yükselir. Bazı buharlar ise havadan daha ağırdır, aşağıya doğru çökerek zeminde kalır ve daha alçak noktalarda toplanırlar.

Köpük, yanıcı sıvı yangınlarını yakıtı ateşten ayırarak söndürür. [11]. B sınıfı köpükler, genellikle petrokimya endüstrisinde kullanılmaktadır. Hidrokarbon yakıtları sudan daha

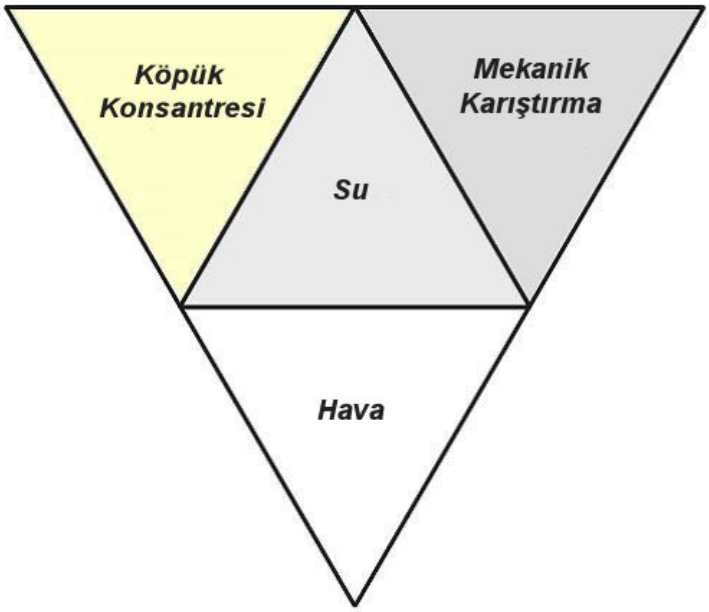
düşük bir yüzey gerilimine sahiptir. Yakıt ile su karıştığında yakıtın yoğunluğu sudan daha küçük olduğundan, yakıt suyun üstüne çıkar. Fakat konsantre köpük ile su karıştırıldığında, suyun yüzey gerilimini düşürerek köpük/su karışımının yakıtın yüzeyinde yüzmesini sağlar. Köpükler, Şekil 2.13'de görüldüğü üzere yanıcı sıvıları söndürürken dört yönden etkiler.

- Yakıt yüzeyindeki buhar ile havanın karışmasını engeller. Yakıt yüzeyinde fiziksel bir engel oluşturur.
- Yakıt yüzeyinden buharın serbest hale gelmesini engeller. Yakıt buharlarını önlemek için etkili zaman, yakıtın buhar basıncı ve köpük battaniyesinin kalitesine göre değişir.
- Yakıt yüzeyinden alevleri ayırır. Çünkü yanma olayı, yakıtın hemen yüzeyindeki buharların yanmasıyla olur. Köpük, yakıt yüzeyinde yüzerek alev üretimini keser.
- Yakıt, yüzeyini ve çevreleyen metali soğutur. Köpük çözeltisi, balonlar şeklinde çoğunlukla sudur. Yüzey alanı arttığından su damlacıklarından daha çok ısı absorpsiyonu yapar.



Şekil 2. 13 Köpüklerin özellikleri [11]

Köpük ile yangını söndürebilmek için Şekil 2.14'de görülen açık haldeki 4 yüzeyi olan pramitin yüzeylerinden belirtilenlerin hepsinin sağlanması gereklidir. Bunun için uygun oranlarda köpük konsantresi ve su kullanılmalı, yeterli miktarda hava ile uygun mekanik karıştırma sağlanmalıdır. Aksi takdirde yangını söndürebilecek kalitede bir köpük oluşturulamayacağından, köpük parçalanacak ve yangın söndürülemeyecektir.



Şekil 2. 14 Köpük dörtyüzlüsü [11]

Köpük solüsyonundan oluşturulan, köpük yapıcı bir aygıt boyunca emilmiş ve karıştırmadan sonra hazırlanmış olan köpüğün oranına, genleşme oranı denir. Köpük konsantreleri üç genleşme aralığına ayrılmıştır.

- Düşük Genleşme
- Orta Genleşme
- Yüksek Genleşme

Düşük genleşmeli köpükler, 20:1 oranda genleşir. Öncelikli olarak parlayıcı ve yanıcı sıvılar için dizayn edilmişlerdir.

Orta genleşmeli köpükler, 20:1 den 200:1 ‘e kadar aralıkta öncelikli olarak, tehlikeli kimyasallarda kullanılır. Su ile oldukça reaktif olan düşük kaynama noktalı organikler ve kimyasalların buharlarını durdurmak için 30:1 ve 55:1 oranında kullanılır.

Yüksek genleşmeli köpükler, 200:1’den yaklaşık olarak 1000:1 genleşme oranlarına kadar kapalı alan yangınla mücadele durumlarında kullanılır. Sentetik, deterjan tip köpükler bodrum katlarda, gemilerde, uçak hangarlarında ve madenlerde kullanılır.

Köpük konsantreleri genellikle yangınla mücadelede altı kategoride kullanılır.

- Protein Köpük

- Fluoroprotein Köpük
- Film-Forming Fluoroprotein Köpük (FFFP)
- Aqueous Film Forming Foam (AFFF)
- Alcohol-Resistant Aqueous Film Forming Foam (AR-AFFF)
- Sentetik Deterjan Köpüğü

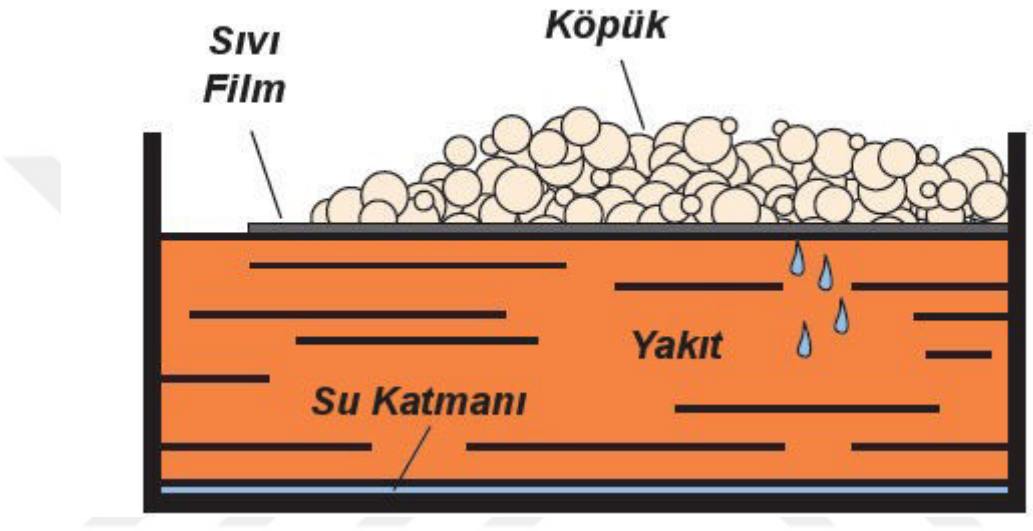
Protein köpükleri, sadece hidrokarbon yangınlarında kullanılmaktadır. Protein köpükleri, iyi drenaj vasıfları olduğu kadar, mükemmel ısı ve geri yanma direnci ile sabit bir köpük battaniyesi oluştururlar. Protein köpükleri, diğer konsantrelerden daha yavaş söndürme sağladığı halde, yangın söndürüldükten sonra kalıcı köpük battaniyesi sağlar. Protein köpükleri, içme suyu ya da tuzlu su ile kullanılabilir. Bu tip köpükleri kullanırken bir köpük nozülü boyunca iyi bir hava karışımı yapılması gerekir. Sentetik deterjan köpükleri uygun biçimde yapısal bir sis nozülü boyunca nozülün içine çekilemezler. Bu köpükler, hidrolizlenen keratin proteini (toynak ve boynuz ya da piliç tüyleri gibi) ile viskoziteyi kontrol ve korozyonu önlemek için bazı korozyon engelleyiciler ve ph dengeleyici katkı maddeleri karıştırılarak üretilir.

Fluoroprotein köpükleri, yakıt yangınlarında protein köpüklerine göre daha dayanıklıdır. Kuru kimyeviler ile uyumuyla performansı gelişmiştir. Daha hızlı söndürme özelliği vardır ve florokimyasal yüzey aktif maddeler içerir. Bu köpükler, bazı oksijenlenmiş yakıt katkı maddelerinde ve hidrokarbon yakıtlarında kullanılır. Fluoroprotein köpükleri, mükemmel bir geri yanma ve ısı direncine sahiptir. Yangını söndürdükten sonra da iyi bir köpük battaniyesini devam ettirir. Bu köpüğün içindeki yüzey aktif katkı maddeleri, köpüğü daha akışkan yapar. Ayrıca yangını söndürme özelliğini arttırır ve protein köpüğüne göre daha iyi bir yakıt dayanımı sağlar.

FFFP, Fluoroprotein ve AFFF'un bir türevi bu protein, fluoroprotein köpüklerine benzer performans özelliklerine sahiptir. Söndürme performansı protein ve floroprotein köpüklerine göre daha fazladır. Çünkü bu köpük, hidrokarbon yakıtının yüzeyinde sulu bir film tabakası oluşturur. Bu köpük toplam performans olarak, floroprotein köpük ile AFFF arasındadır. Bu köpük, döküntü yangınlarında AFFF kadar hızlı söndürme

özelliğine sahip değildir. Fluoroprotein köpüğünün geri yanma direnci, derin yer yangınlarında FFFP'den daha fazladır.

AFFF, hidrokarbon yakıtlarında en hızlı söndürme özelliğine sahiptir. Şekil 2.15'de AFFF tipi köpüğün sıvı yangınlara nasıl etki ettiği görülmektedir. AFFF, çok akışkan olduğu için hızla yakıt yüzeyi üzerinde ve varsa uygulanan yüzeydeki engellerin etrafında akar [11].

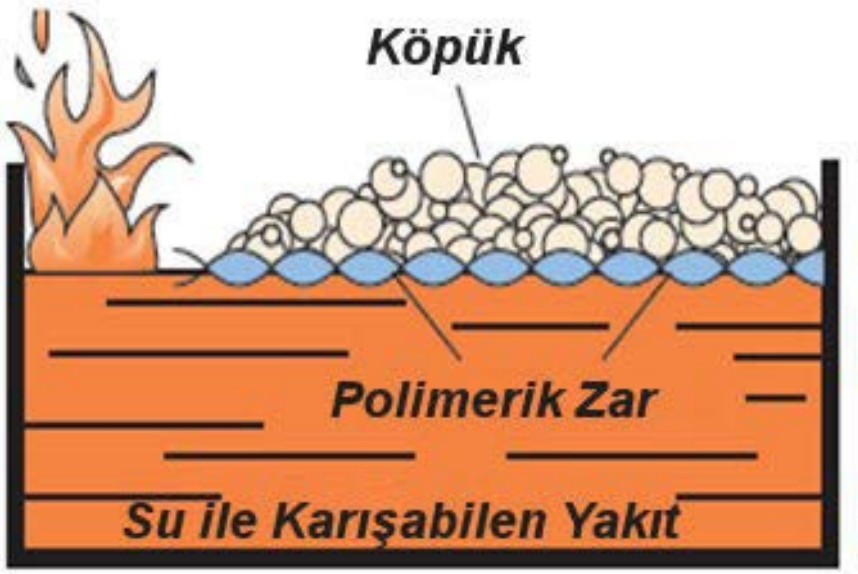


Şekil 2. 15 AFFF tipi köpük [11]

AFFF, hava ile ön karıştırmalı bir köpük çözeltisi olarak kullanılabilir. Kuru kimyeviler ile birlikte kullanıma uyumludur. Tatlı ya da tuzlu su ile kullanılabilir. AFFF, içine hava çekmeyen nozül'ler ile kullanılabilir. Fakat maksimum performansı sadece içine hava çeken köpük nozül'leri ile sağlanabilir. AFFF, sentetik köpürme maddeleri ve fluorokimyasal yüzey aktif maddeler ile oluşturulmuştur. AFFF, uygulanan yakıtın yüzeyinde sulu bir film tabakası oluşturarak yangını söndürür. Film, bir hidrokarbon yakıtının yüzeyi üstünde hızla yayıldığında, köpük çözeltisinin ince bir katmanı, son derecede hızlı bir şekilde yangını söndürmeyi sağlamaktadır.

AR-AFFF, sentetik deterjanlar, yüksek molekül ağırlık polimerler ve fluorokimyasalların bir birleşimidir. Polar çözücüler (su karıştırılabilir yakıtlar), alkol-dirençsiz köpükler ile uyumlu değildir. Yaygın alkolleri kapsayan polar çözücüler (isopropil, metanol, etanol), ester aminleri (butil asetat), ketonlar (metil etil keton) ve aldehitleri içerir [11]. Şekil

2.16’da AR-AFFF tipi köpüğün polar çözücülerin yangınlarına nasıl etki ettiği görülmektedir.



Şekil 2. 16 AR-AFFF tipi köpük [11]

Alkol dirençsiz bir köpük, polar çözücü yüzeyine uygulandığında, köpük battaniyesi hızla parçalanır ve köpük yakıta karışır. Alkol dirençli köpük, polar çözücüye uygulandığında ise AR-AFFF’nin polimerik zarı, köpük battaniyesini yakıtın parçalamasından korur ve yakıt ile köpüğü ayırır. AR-AFFF, köpük çeşitleri içinde en fazla özellikli olan köpüklerden biridir. İyi bir söndürme ve geri yanma direnci sağlar. Polar çözeltiler ve hidrokarbon yangınlarında yüksek bir yakıt toleransına sahiptir.

Sentetik deterjan köpüğü grubu en çok A sınıfı yangınlarda kullanılmaktadır. Bu yüksek genleşmeli köpük, kapalı alanlarda yangınla mücadelede ve erişimin kısıtlı olduğu alanlarda ya da yangın olan bölgeye girişin yangın ekibi üyeleri için tehlikeli olduğu yerlerde son derece etkilidir. Maden kuyuları, bodrumlar, gemi borda bölmeleri, ardiyeleri ve uçak hangarlarında kullanılmaktadır. Yüksek genleşmeli bu köpükler, sabit köpük üretim sistemleri ve taşınabilir köpük jeneratörlerinde kullanılabilir [11].

Her çeşit yangında etkili ve yangın söndürme özellikleri konusunda tüm özellikleri yüksek, tek bir çeşit köpük yoktur. İhtiyaca göre uygun köpük seçimi yapılması için köpük çeşitlerinin karşılaştırması Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1 Çeşitli köpük türlerinin özelliklerinin karşılaştırması [11]

Özellik	Protein	Fluoro protein	AFFF	FFFP	AR-AFFF
Söndürme	Vasat	İyi	Mükemmel	İyi	Mükemmel
Isı Direnci	Mükemmel	Mükemmel	Vasat	İyi	İyi
Yakıt Direnci	Vasat	Mükemmel	Orta	İyi	İyi
Buhar Bastırma	Mükemmel	Mükemmel	İyi	İyi	İyi
Alkol Direnci	Yok	Yok	Yok	Yok	Mükemmel

Sabit-tavanlı depolama tanklarında bulunan farklı türlerdeki hidrokarbon yangınlarını söndürebilmek için monitör(yangını söndürmede kullanılan yüksek miktarda su-köpük karışımı atabilen ekipman) ve el hattı ile müdahale ederken depolama tankının iç yüzey alanına dakikada minimum kaç litre köpük uygulanması gerektiği ve minimum boşaltma süresini gösteren bilgiler Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 2 Sabit-tavanlı hidrokarbon depolama tanklarını korumak için köpük monitörü ve el hattı ile müdahale [11]

Hidrokarbon Tipi	Minimum Uygulama Oranı (L/dk.m^2)	Minimum Boşaltma Süresi (Dakika)
Parlama noktası 37,8^{o}C ve 60^{o}C arasında	6,5	50
Parlama noktası 37,8^{o}C altında veya ısıtılmış sıvıların parlama noktaları üzerinde	6,5	65
Ham Petrol	6,5	65

Hidrokarbon depolama tanklarında çıkabilecek bir yangına müdahale etmek için yeterli miktarda köpüğü hızlı bir şekilde tanka boşaltmak gereklidir. Büyük bir tank için boşaltma yaparken köpüğün tek bir noktadan boşaltılması durumunda, köpüğün yangını söndürebilmesi için tüm yüzeyi kaplaması daha uzun zaman alacak ve böylece

köpük alevlerin etkisiyle parçalanacaktır. Bu nedenle tankın büyüklüğüne göre hızlı bir şekilde köpüğün yüzeye yayılması için birkaç noktadan köpüğü boşaltma yapmak gereklidir. Çizelge 2.3'de hidrokarbon veya yanıcı ve parlayıcı sıvıların depolanmasında kullanılan sabit-tavanlı tankların çaplarına göre minimum kaç tane boşaltım ağzı bulunması gerektiği belirtilmiştir.

Çizelge 2. 3 Sabit-tavanlı tanklarda hidrokarbonlar veya yanıcı ve parlayıcı sıvılar için alkol dirençli köpükler kullanarak ihtiyaç duyulan minimum sabit köpük boşaltım ağızlarının sayısı [11]

Tank Çapı (m)	**Minimum Boşaltım Ağızlarının Sayısı**
24'e kadar	1
24-36 arası	2
36-42 arası	3
42-48 arası	4
48-54 arası	5
54-60 arası	6

Hidrokarbon içeren sabit-tavanlı depolama tanklarında depolanan hidrokarbonun cinsine göre tip II, sabit köpük boşaltım ağızlarından minimum ne kadar süre köpük boşaltımı yapılması gerektiğine dair bilgiler Çizelge 2.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. 4 Sabit-tavanlı hidrokarbon içeren tanklarda tip II, sabit köpük boşaltım ağızları için minimum boşaltım zamanı ve uygulama oranları [11]

Hidrokarbon Tipi	**Minimum Uygulama Oranı ($L/dk.m^2$)**	**Minimum Boşaltım Zamanı (dakika)**
Parlama noktası 37,8^oC ve 60^oC arasında	4,1	30
Parlama noktası 37,8^oC altında veya ısıtılmış sıvıların parlama noktaları üzerinde	4,1	55
Ham Petrol	4,1	55

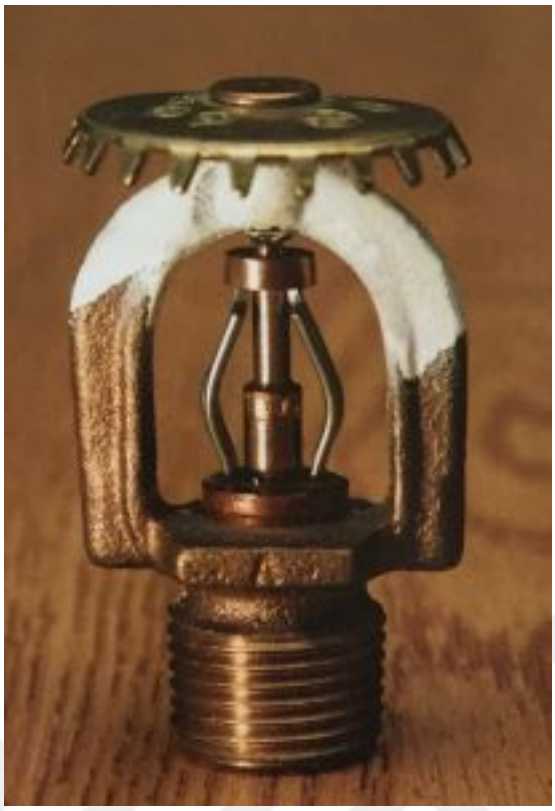
2.5.4 Yangını Bastırma Sistemleri

Tesislerde çıkacak bir yangını söndürmek için otomatik ve manuel sistemler mevcuttur. Bölgedeki risklere göre gerekli yangın söndürme sistemleri seçilmeli ve çıkacak olan bir yangına hızlı bir şekilde müdahaleye başlanılmalıdır. Genellikle yağmurlama sistemlerinin en uç kısımlarında suyu dağıtan ve daha geniş bir alana yayılmasını sağlayan başlıklar kullanılmaktadır. Ama çok fazla köpük ile müdahale gereken yerlerde başlık kullanılmaz ve daha büyük borulama sistemleri ile çok miktarda köpüğün, yangının olduğu ortama akması sağlanır. Bu tür yangın söndürme sistemleri manuel olarak kullanılmakta ve yangının görülmesinden sonra aktive edilmektedir. Ortamdaki risklere göre kullanılan su/köpüklü, kimyasallı ve gazlı yangın söndürme sistemlerinin otomatik olarak devreye giren modelleri de bulunmaktadır.

2.5.4.1 Su/Köpüklü Yağmurlama Sistemleri

Bu tip otomatik yağmurlama sistemleri, donma tehlikesinin olmadığı yerlerde sistemin en uç noktasında bulunan başlık kısmına kadar su/köpük ile dolu olarak müdahaleye hazır halde bulunan sistemlerdir. Bunların en uç kısımlarında bulunan başlıklara göre eriyebilir bağlantılı başlık, kırılabilir ampullü başlık, kimyasal topaklı başlık ve özel başlıklı olan modelleri bulunmaktadır. Otomatik yağmurlama sistemlerinde bu kullanılan başlıklar sayesinde hızlı bir şekilde söndürme işlemi başlamaktadır.

- Eriyebilir Bağlantılı Başlık: Bu başlıklarda lehim gibi belli bir sıcaklıkta eriyen metal alaşımları kullanılır. Şekil 2.17'de görülen bu iki parçalı metal alaşım bağlantı, suyun çıktığı noktadaki kapağı yerinde tutar. Dizayn edilen sıcaklığa ulaşıldığında bu alaşım erir ve bağlantı koparak suyun çıkmasını engelleyen kapağı serbest bırakır.



Şekil 2. 17 Eriyebilir bağlantılı yağmurlama başlığı [4]

- Kırılabilir Ampullü Başlık: Şekil 2.18'de faklı çeşitleri görülen gliserin veya alkolle doldurulmuş cam ampul, suyun çıktığı noktadaki kapağı yerinde tutacak şekilde tasarlanmıştır. Ampulün içinde küçük hava baloncukları bulunmaktadır. Ampul ısıtıldığında içindeki sıvı hava baloncuklarını absorplar ve cam kırılana kadar genleşir. Ampul kırıldığında kapak serbest kalarak su fışkırmaya başlar.



Şekil 2. 18 Kırılabilir ampüllü yağmurlama başlık çeşitleri [4]

- Kimyasal Topaklı Başlık: Piston mekanizması kullanan ve küçük kimyasal topak su kapağını yerinde tutmaktadır. Bu kimyasal topak belli bir sıcaklığa ulaştığında sıvılaşır. Bu topak eridiğinde, sıvı kısım pistona bastırır ve kapak serbest kalarak su akışı başlar. Şekil 2.19'da çeşitli modelleri görülmektedir.



Şekil 2. 19 Kimyasal topaklı yağmurlama başlık çeşitleri [4]

2.5.4.2 Kimyasallı Söndürme Sistemleri

Kuru ve ıslak kimyasallı söndürme sistemleri, en çok kullanılan özel etkin madde kullanılan sistemlerdir. Lokanta, restoran tarzı fazla miktarda yemek yapılan mutfaklarda yemek pişirilen alanı ve baca sistemlerini yangından korumak için ıslak kimyasallı söndürme sistemleri kullanılmaktadır.

Bazı akaryakıt istasyonları, yakıt pompalarının bulunduğu alanları korumak için kuru kimyasallı söndürme sistemleri kullanmaktadır.

- Kuru Kimyasallı Söndürme Sistemleri: Kuru kimyevi yangın söndürücülerdeki kimyasalın aynısı bu sistemlerde kullanılmaktadır. Bu kimyasal, kendinden basınçlı tanklarda veya sistem aktive edildiğinde basınç sağlayan harici karbondioksit veya nitrojen kartuşlu sistemlerdir.
- Islak Kimyasallı Söndürme Sistemleri: Çok fazla miktarda kişiye yemek yapılan mutfaklarda kullanılmaktadır. Bu sistemlerde ıslak kimyasal olarak F sınıfı yangın söndürücülerde kullanılan tuz çözeltileri kullanılmaktadır. Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmeliğe göre yüzden fazla kişiye yemek yapan yerlerin mutfaklarında bu sistemlerin kurulması zorunludur [7].

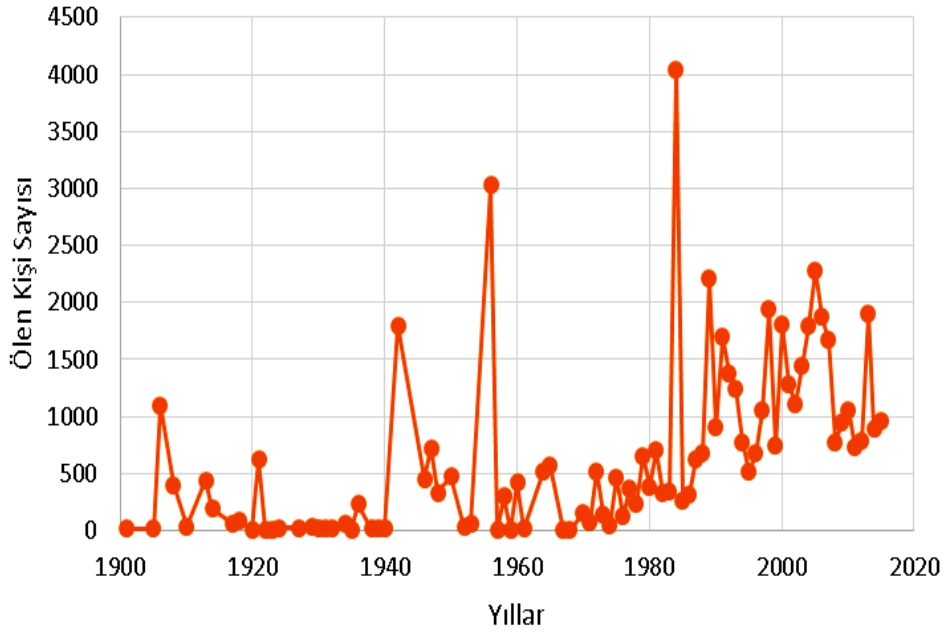
2.5.4.3 Gazlı Söndürme Sistemleri

Gazlı söndürme sistemlerinde, yangın çıkan odaya yanıcı özellikte olmayan bir gaz verilerek ortamdaki oksijen yüzdesi ya da yanıcı gazların yüzdesi azaltılarak yangının sönmesi sağlanır. Bu sistemler, genellikle hassas elektronik ekipmanların ve değerli dokümanların bulunduğu odalarda kullanılmaktadır. Su, köpük ve kimyasallar elektronik ekipmanlara zarar verdiğinden dolayı elektronik ekipmanların bulunduğu odalarda gazlı söndürme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sayede yangın söndürülmeye çalışılırken yanmamış ekipmanların zarar görmesi engellenmiş olur. Bu gazlı sistemler, gaz sızdırmayan odalara kurulabilir ve kurulum maliyetleri yüksektir. Bu sistemlerde inert gazlar, karbondioksit ve hidrokloroflorokarbonlar/hidrobromoflorokarbonlar kullanılmaktadır [9]. Eskiden kullanılan halon gazları, ozon tabakasına zarar verdiğinden dolayı 19.12.1991 tarihli Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolüne göre daha önceki yıllarda çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Resmi gazetede 12.11.2008 tarihinde yayınlanan Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik ile 01.01.2016 tarihinden itibaren halonların kullanımı tamamen yasaklanmıştır [18]. Bu nedenle halon gazlı yangın söndürme sistemine sahip tesislerin bu sistemlerini değiştirmeleri gerekmektedir.

BÖLÜM 3

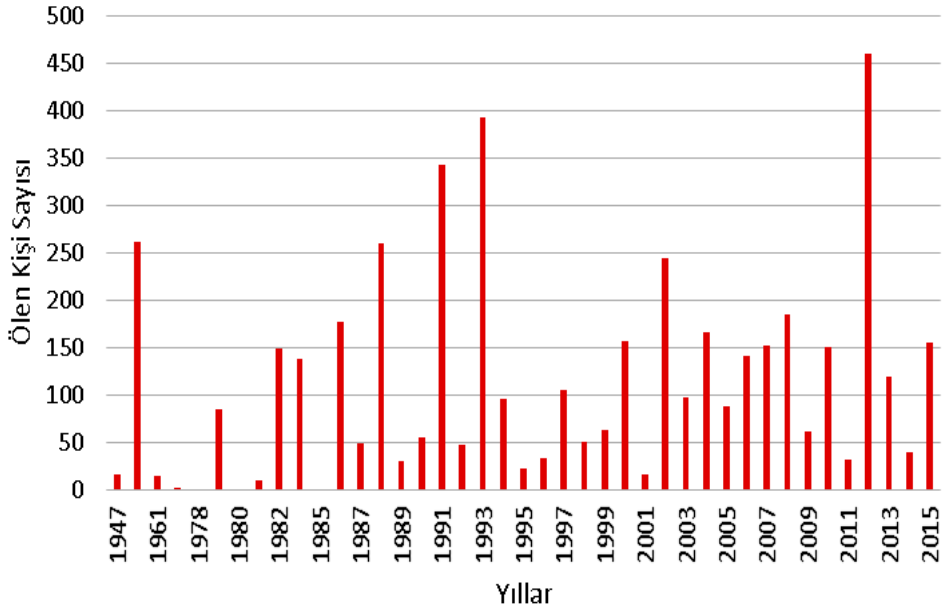
ENDÜSTRİYEL YANGINLAR VE BİR TESİSİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Endüstriyel tesislerde oluşan kazaların etkileri çok büyük olmaktadır. Bu nedenle endüstriyel kazaları önlemek ve kaza olursa etkilerini azaltmak için AB ülkelerinde uygulanan SEVESO direktiflerine uyum sağlamak için Türkiye'de "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik" 30 Aralık 2013 tarihinde yayınlanmıştır. Ayrıca "Büyük Endüstriyel Kaza Risklerinin Azaltılmasına Yönelik Dâhili Acil Durum Planı Tebliği" 31 Mart 2016 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak, endüstriyel tesislerin acil durumlara hazırlıklı olması için acil durum planlarını nasıl hazırlamaları gerektiği bildirilmiştir. Dünyadaki endüstriyel tesislerde yaşanan kazalarda yıllara göre ölen insanların sayısı Şekil 3.1'de görülmektedir.



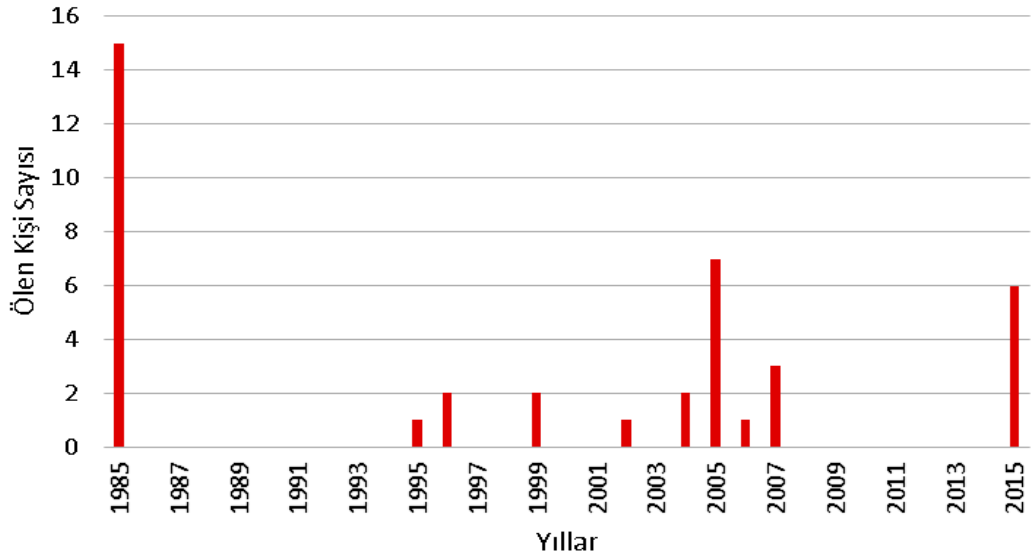
Şekil 3. 1 Dünyadaki endüstriyel tesislerde yaşanan kazalarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13]

Endüstriyel kazalardan etkilerinin en zararlı olduğu kazalardan biri de yangın kazalarıdır. Dünyadaki endüstriyel tesislerde yaşanan yangınlarda yıllara göre ölen insanların sayısı Şekil 3.2'de görülmektedir.



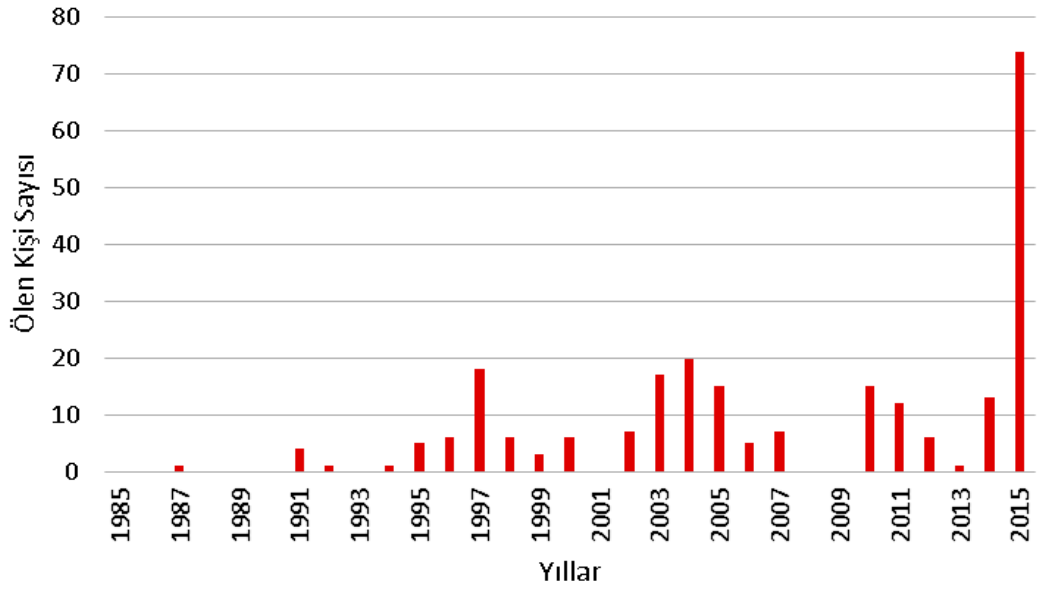
Şekil 3. 2 Dünyadaki endüstriyel tesislerde yaşanan yangınlarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13]

Türkiye'de yangınlar ile ilgili istatistiki bilgiler dünyadaki gelişmiş ülkelere göre yetersizdir. AFAD'ın verilerine göre Türkiye'de çıkan yangınlarda ölenlerin sayısı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 3 Türkiye'de çıkan yangınlarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13]

AFAD'ın verilerine göre Türkiye'de patlamalarda ölenlerin sayısı Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4 Türkiye'de patlamalarda yıllara göre ölen insanların sayısı [13]

Türkiye'de enerji sektörü hızla gelişmektedir. Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattı 2006 yılında çalışmaya başlamış ve günlük ortamala 1 milyon varil petrol, bu hat vasıtasıyla ülkemizden geçerek Ceyhan'da gemilere yüklenmektedir. [15]

Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP) projesi, Azerbaycan'ın Hazar Denizi'ndeki Şah Deniz 2 Gaz Sahası ve Hazar Denizi'nin güneyindeki diğer sahalarda üretilen doğal gaz Türkiye'den geçerek Avrupa'ya taşınacaktır. Bu proje için boru hattı yapımı devam etmektedir. [16]

Ayrıca İzmir Aliağa bölgesine kurulmaya başlanan STAR Rafinerisi 2018 yılında çalışmaya başlayacaktır. Bu rafineride yılda 10 milyon ton ham petrol işlenecektir [17].

Bu çalışmamızda Türkiye'de gelişmekte petrol sektörü incelenecektir. Endüstriyel bir petrol tesisinde yangına karşı risk değerlendirilmesi yapılacaktır. Değerlendirilen tesisin ismi şirketin gizlilik politikası gereği bu çalışmamızda verilmemiştir. Sadece risklere karşı alınması gerekli önlemler belirtilmiştir. Bu nedenle değerlendirme yapılan şirketten bahsedilirken sadece kısaca "Tesis" olarak belirtilecektir.

Tesis içinde kullanılan ofisler, istasyon binaları ve lojmanlar içinde çıkabilecek yangınları erken tespit edecek dedektör sistemleri kurulması çıkan yangınların büyümeden

söndürülmesini sağlayacaktır. Ofislerde kullanılan yazıcı, fax, fotokopi makinası, TV gibi elektrikli ekipmanlarda oluşabilecek bir kısa devre sonucu çıkan yangınlar ve kâğıt, koltuk, kanepe gibi kumaşlı malzemeler ve dolap gibi ahşap malzemelerden çıkan yangınlar, A sınıfı yangınlar olduğundan bu tip malzemelerin bulunduğu mekânlarda duman dedektörü yerleştirilmesi bu yerlerde çıkacak yangınların tespiti için daha uygun olacaktır.

Ayrıca yangın sistemleri kurulduktan sonra genellikle yapılan hatalardan biri, bina içinde değişiklik yapılarak dedektörlerin yangını algılayıcı bölgesinin yapılan bu değişiklikle etkilenmesidir. Dedektör bulunan yerlerin daha sonra bölmelere ayrılarak etki alanları kısıtlanmamalıdır.

Diğer bir husus ise, Şekil 3.5'de görüldüğü gibi duman dedektörlerinin yakınına klima gibi bir havalandırma ünitesi takılmasıdır.



Şekil 3. 5 Havalandırma ünitesine çok yakın yerleştirilen duman dedektörü

Bu durumda ise duman dedektörüne gelecek duman, havalandırma ünitesinin üflediği hava nedeniyle ötelenmekte ve dedektörün yangını algılama süresi uzamaktadır. Bu tür sorunların önüne geçebilmek ve duman dedektörlerinin düzgün çalışabilmesi için hava akım hızı 1,5 m/s'den fazla olmamalıdır. Ayrıca duman dedektörleri havalandırma ünitelerine 91 cm'den daha uzak noktaya yerleştirilmelidir [19]. Uygun noktalara yerleştirilmeyen duman dedektörleri nedeniyle dedektör dumanı daha geç algıladığı için yangına müdahale gecikerek yangın daha hızlı yayılacaktır.

Ayrıca tüm ekipmanlar gibi dedektörlerin de bakımları düzenli olarak yapılmalıdır. Acil durum ekipmanları sadece yangın anında kullanıldığından aynı şekilde dedektörler de pek kullanılmadığından yani yangın olmadığı takdirde devreye girmediğinden hiç bakıma ihtiyacı yok gibi düşünülmemelidir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi tozlar dedektörlerin kanallarında zamanla birikmektedir. Bu durum dedektörün yangını algılama süresinin uzamasına neden olmaktadır. Yangını söndürebilmek için erken müdahale çok önemlidir. Eğer yangına müdahalede geç kalınırsa tesisin tamamen yanmasına neden olabilir. Bu nedenle periyodik bakımları esnasında tozlar da temizlenmelidir.



Şekil 3. 6 Bakım eksikliği olan duman dedektörü

Yangın algılandıktan sonra söndürülmesi için, yangının başlangıç aşamasında uygun yangın söndürücü ile müdahale etmek çok önemlidir. Yine Tesis'deki tüm alanlarda tespit edilen yangın sınıflarına göre gerekli yangın söndürücülerin uygun yerlere yerleştirilmesi gerekmektedir. Tesis'deki ofis ve istasyon binalarında A sınıfı yangın tehlikesi bulunduğundan bu tür yerlere en ideal olan kuru kimyevi yangın söndürücü yerleştirmektir. Bu yangın söndürücünün içindeki tozun elektrik iletkenliği düşük olduğundan elektrik kaynaklı yangınlarda da kullanılabilir. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken nokta kuru kimyevi yangın söndürücü içindeki toz, aşındırıcı olduğundan kullanıldığında odada bulunan ve yangından etkilenmeyen elektronik ekipmanlara zarar vermektedir. Bu nedenle elektronik ekipmanların bulunduğu yerlerde karbondioksit veya halokarbon tipi bir yangın söndürücü yerleştirmek, yangın sonrası zararı minimize etmek açısından daha uygun olmaktadır.

Yangın söndürücü alınan firma seçimi de çok önemlidir. Bazı yangın söndürücü firmaları yangın söndürücülerin sahip olması gereken standartlar konusunda bilgi sahibi olmadığından tesis için zararlı etkileri olmaktadır. Yangın söndürücülerde gözlemlenen uygunsuzluklar;

Yangın söndürücülerin bilgi etiketleri yanlış olmaktadır. Türk standartlarına uygun olmayan bilgi etiketlerine sahip yangın söndürücülerin, hangi yangın sınıflarında kullanılabileceğini gösteren yazılar çok küçük yazıldığından yangın anında okunamamakta ya da etiket üzerindeki bilgiler yanlış olduğundan kullanıcıları yanlış yönlendirmektedir.

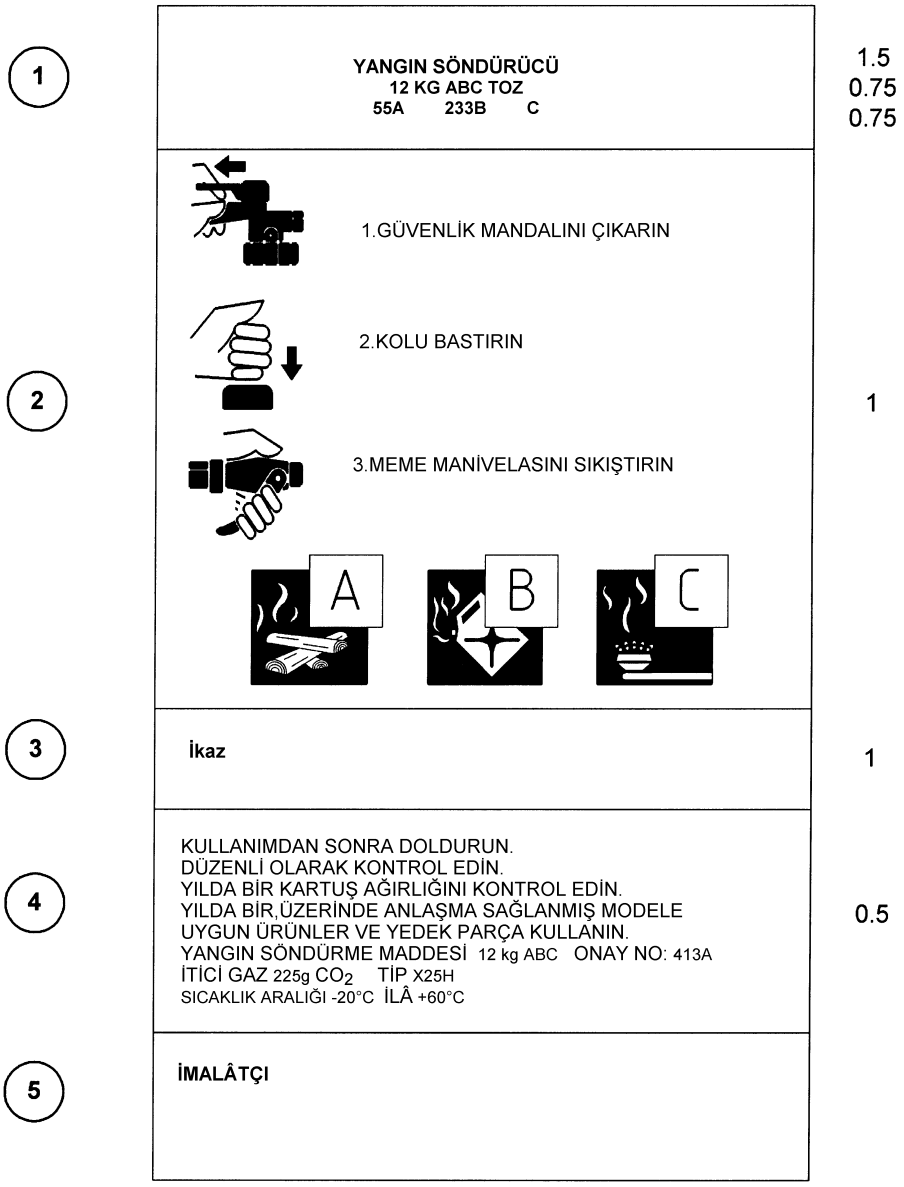
Örneğin Şekil 3.7'de gösterilen yangın söndürücü etiketi, TS 862-7 EN 3-7 + A1'e uygun değildir. Yangın sınıflarını gösteren piktogramlar çok küçük yazıldığından acil bir durumda görülmesi mümkün değildir. Ayrıca yangın sınıfları da yanlış belirtilmiştir. A sınıfı yangın olarak priz resmi olan piktogram, A sınıfı yangının elektrik yangını olduğunu göstermektedir. BC yangın sınıfı olarak benzin bidonu piktogramı gösterilmiş ama aslında C sınıfı yangınların ayrı bir piktogramı vardır. Bu etiketteki BC sınıfı yangınlarını gösteren piktogram da TS 862-7 EN 3-7 + A1'de belirtilenden her iki sınıfa da uymamaktadır. E sınıfı yangın olarak da bir çöp bidonu piktogramı gösterilmiş, fakat

TS 862-7 EN 3-7 + A1'e göre böyle yangın sınıfı bulunmamaktadır ve dolayısıyla böyle bir piktogram da yoktur.



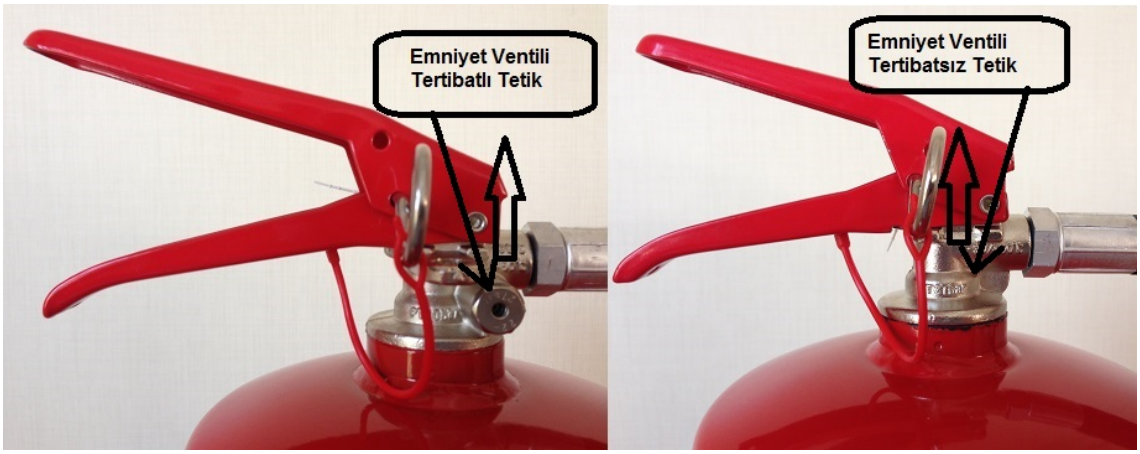
Şekil 3. 7 Standart dışı yangın söndürücü etiketi

Firmalar kendi reklamlarını yapmak için çok büyük alanlar etikette işgal edildiğinde asıl önemli bilgilere yer kalmamaktadır. Bu tür durumların önlenmesi için Şekil 3.8'de TS 862-7 EN 3-7 + A1'e göre yangın söndürücülerin etiketlerinin nasıl olması gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 3. 8 TS 862-7 EN 3-7 + A1'e göre yangın söndürücü etiketi [9]

Yangın söndürücüler zaman zaman dış mekânlarda da kullanılmaktadır. Bu durumda uzun süre güneş altında kaldıklarında basınçları artabilmektedir. Yangın söndürücüler de basınçlı bir ekipman olduğundan, basınçlı ekipmanlar yönetmeliğine göre yangın söndürücülerin üzerinde emniyet ventili bulunmalıdır [8]. Bazı firmalar kuru kimyevi yangın söndürücülere emniyet ventili koymadıklarından fazla basıncı tahliye edememekte ve en zayıf bölgesinden patlama gerçekleşmektedir. Kuru kimyevi yangın söndürücülerde emniyet ventili olan ve olmayan yangın söndürücünün farkı Şekil 3.9'da görüldüğü gibidir.



Şekil 3. 9 Kuru kimyevi yangın söndürücü emniyet ventili

Tesis'deki binaların mutfak kısımlarında oluşan buharlardan dolayı dedektörlerde hatalı alarmların oluşmaması için mutfak kısımlarında ısı dedektörü yerleştirilmesi daha uygun olacaktır. Aksi takdirde yemek buharı ve su buharlarından dolayı bu bölgelerde sık sık alarm alınacaktır.

Ayrıca yangının hızlı yayılabileceği bölgelerde otomatik yağmurlama sistemleri kurulması gereklidir. Özellikle tesislerin yemekhaneleri 100'den fazla kişiye yemek yaptığından binaların yangından korunması hakkındaki yönetmeliğe göre bu yemekhanelerde otomatik yangın söndürme sistemleri olması zorunludur. Yemekhanelerde en çok F sınıfı yangın tehlikesi bulundurduğundan, yemek yapılan ocakların üzerindeki otomatik yangın söndürme sistemleri F sınıfı yangın söndürücü maddesi ile doludur. Ocakların üzerindeki yağmurlama sistemlerinde eriyebilir bağlantılı başlıklar kullanarak ısı artışıyla sistem otomatik olarak devreye girer.

Tesis'in mutfaklarında dikkat edilmesi gereken bir husus da, tesislerde kurulumdan sonra tesisin kapasite artırımı vb. nedenlerden dolayı personeli arttığından mutfaklarındaki yemek pişirilen ocaklara ilave ocak alınmaktadır. Fakat yangın söndürme sistemiyle ilgili pek bilgisi olmayan kişiler yeni ocak alımında yangın ile ilgili riskleri gözden kaçırabilmektedir. Bu nedenle yangın sisteminde revizyon yapılmadan yeni ilave edilen ocakta çıkacak bir yangın, yangın söndürme sisteminin kapasitesinin üzerinde olacağından yangın etkin olarak söndürülememektedir. Bu nedenle tesislerde yapılacak değişikliklerin yönetimi çok iyi yapılmalı ve yapılacak değişikliklerin etkileri detaylı olarak değerlendirilmelidir.

Tesis'in yemek yapılan mutfaklarında en tehlikeli yangın olarak kızartma yağından çıkacak yangınlar olduğundan mutfaklarda F sınıfı yangınlara müdahale edebilecek yangın söndürücüler bulundurulmalıdır. Bazı tesislerin lojman bölgelerinde çocukların yangın söndürücülerle oynamasını engellemek için yangın söndürücüler çok yüksek noktalara monte edilmektedir. Bu durumda yangın söndürücüyü yukarıdan almak çok zor olmaktadır. Bu nedenle Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'e göre taşınabilir söndürme cihazlarında söndürücünün duvara bağlantı asma halkası duvardan kolaylıkla alınabilecek şekilde yerleştirilir ve 4 kg'dan daha ağır ve 12 kg'dan hafif olan cihazların zeminden olan yüksekliği yaklaşık 90 cm'yi aşmayacak şekilde montaj yapılır.

Yangın söndürücüler ile ilgili bir diğer sorun da yangın söndürücülerin son kullanma tarihleri dolduğunda doluma gönderilmesi esnasında o bölgenin yangın söndürücüsüz kalmasıdır. Yangın söndürücüler hemen doldurulup gelecek diye düşünülecekse de, dolum süresince o bölgede çıkacak bir yangına müdahale edilememektedir. Konuyla ilgili yine Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'e göre cihazlar dolum için alındığında, söndürme cihazlarının bulundukları yerleri tehlike altında bırakmamak için, bakım servisini yapan firmalar, bakıma aldıkları yangın söndürme cihazlarının yerine, aldıkları söndürücü cihazın özelliğinde ve aynı sayıda kullanıma hazır yangın söndürme cihazlarını geçici olarak bırakmak zorundadır [7].

İngiltere'de Bradford City stadyumunda 11.05.1985 tarihinde yapılan bir maç esnasında sigara izmaritinden çıkan yangında yakınlarda yangın söndürücü bulunmadığından stadyumun yangın çıkan bölümü tamamen yanmış ve bu yangında 56 kişi ölmüş, 265 kişi yaralanmıştır [20]. Bu nedenle Tesis'de yangının ne zaman çıkacağı belli olmadığından, Tesis'deki yangın söndürücüler doluma gönderildiğinde bunların yerlerine yenileri konulmalıdır.

Tesis'de yangın söndürücülerin, acil durum ekipmanlarının nerede olduğunu ve acil durum çıkışlarından toplanma noktasına nasıl gidileceğini gösteren çizimler tüm binalarda uygun noktalara görülecek şekilde asılmalıdır. Bu sayede personel yangın söndürücülerin, acil durum ekipmanlarının, ilk yardım çantalarının vb. yerlerini kolaylıkla bulup, gerektiği takdirde hızlı bir şekilde binayı tahliye edebilir.

Tesis'deki riskler ve alınacak önlemlere göre Acil durum planı oluşturularak tüm personele plan konusunda eğitim verilmelidir. İlgili Tesis çok tehlikeli sektöre girdiğinden 600 kişi personeli olan tesisin yangınla mücadele ile ilgili 20 kişilik, arama-kurtarma ve tahliye konularında 20 kişilik ekip [21], ilkyardım için 60 kişilik bir ekip kurması ve bu ekiplerin gerekli özel eğitimleri alması gerekmektedir [22]. Hazırlanan acil durum planının uygulama adımlarının düzenli olarak takip edilebilmesi ve uygulanabilirliğinden emin olmak için Tesis'te yılda en az bir defa tatbikat yapılmalıdır.

Tesis'teki yangın söndürücülerin yılda bir kez genel kontrolleri ve dördüncü yılın sonunda içindeki söndürme maddeleri yenilenerek hidrostatik testleri yapılmalıdır. Bu konuda en sık karşılaşılan sorun yangın söndürücü dolumlarını yapan firmaların bu zorunluluğu yerine getirmemeleridir. Yangın söndürücüler kullanım koşullarına göre Şekil 3.10'da görüldüğü gibi zamanla paslanmakta ve korozyondan dolayı basınca karşı dayanıklılığı zamanla azalmaktadır.



Şekil 3. 10 Yangın söndürücülerde en sık görülen korozyon örneği

Ayrıca özellikle üzerinde basınç göstergesi bulunmayan karbondioksit tipi yangın söndürücülerin periyodik kontrollerinde tartılarak içindeki gazın azalıp azalmadığı kontrol edilmeli ve %5'den fazla azalma varsa tekrar dolum yapılmalıdır [9]. Yangın söndürücülerin dolumunu yapan firmalar genellikle tartım yaparak kontrol etmediğinden dolayı bazı karbondioksit tipi yangın söndürücülerin yavaş yavaş içindeki gaz kaçarsa zamanla yangın söndürücü tamamen boşalmaktadır. Acil bir durumda bu

yangın söndürücüyü kullanmak isteyen kişi boş bir yangın söndürücüyle karşılaştığında yangın söndürülemediğinden yangının tüm tesise yayılmasına neden olacaktır.

Karbondioksit tipi yangın söndürücülerin çalışma basıncı 150 bar olduğundan, bu tip yangın söndürücülerin patlamasına karşı önlemlerin daha fazla olması gereklidir. Bu tip yangın söndürücüler basınca daha dayanıklı üretilmektedir. Ama karbondioksit tipi yangın söndürücülerin en zayıf noktası vana kısmıdır. Bu nedenle Şekil 3.11'deki gibi herhangi bir yere sabitlenmemiş yangın söndürücülere yanlışlıkla çarpma durumunda düşüp vanası kırılabilir. Vanasının kırılması durumunda tüpün içindeki yüksek basınçtan dolayı için tüp roket gibi fırlayarak çevredeki ekipmanları parçalayabilir ve etrafında bulunan insanların yaralanmasına neden olabilir. Bu tür durumları önlemek için yangın söndürücülerin sabit bir şekilde askılıkta asılı olması gereklidir.



Şekil 3. 11 Askılığı olmayan yangın söndürücü

Yangın söndürücülerin dolumlarını yapan bazı firmalar karbondioksit tipi yangın söndürücülerin vanalarını tam sıkmadıklarından yüksek basınçta risk teşkil etmektedirler. Dolum sonrası yangın söndürücüler konuda yetkin kişiler tarafından kontrol edilmeli ve tespit edilen eksikliklerin hemen giderilmesi sağlanmalıdır. Şekil

3.12’de dolumdan gelen karbondioksit tipi bir yangın söndürücünün vanasının tam monte edilmediği görülmektedir.



Şekil 3. 12 Dolum sonrası vana bağlantısı tam sıkılmamış karbondioksit tipi yangın söndürücü

Tesis’de kullanılan yangın söndürücülerin görülmesi engellenmemeli ve herhangi bir sebeple söndürme cihazının doğrudan görülmesini engelleyen yerlere konulması halinde yerlerinin uygun fosforlu işaretler ile gösterilmesi gerekmektedir [7]. Şekil 3.13’de daha sonradan yerleştirilen bir havalandırma ünitesinin yangın söndürücünün önüne yerleştirilmesiyle odanın bazı yerlerinden yangın söndürücünün nasıl görülmesinin engellendiği görülmektedir.



Şekil 3. 13 Görülmesi engellenen yangın söndürücü

Tesis‘deki trafo binalarına yerleştirilecek olan yangın söndürücülerin susuz tipte ve elektrik iletkenliği düşük olan karbondioksit veya kuru kimyevi tipte olanlardan seçilmelidir. Türkiye’de yangın söndürücü dolumlarını yapan firmaların işe yetkinliğinin çok az olduğu, çoğu firmanın Türk standartlarına uygun yangın söndürücü bakım, kontrol ve testlerini yapmadığı/yanlış yaptığı gözlemlenmiştir. Bazı firmaların da yangın söndürücülerin içine yanlış madde dolumu yaptığı gözlemlenmiştir. Tesis’de birkaç tane kuru kimyevi tip yangın söndürücüden su ya da köpük çıktığı gözlemlenmiştir. Eğer elektrikli bir yangını söndürmek isteyen bir kişi yangın söndürücünün üzerinde kuru kimyevi etiketi olmasına rağmen içinden su çıkması durumunda ya yangını söndüremez ya da sulu yangın söndürücü ile söndürmeye çalışırsa elektrik çarpmasından dolayı ölebilir. Şekil 3.14’de Tesis’de kullanılan kuru kimyevi yangın söndürücünün içinden çıkan su görülmektedir.



Şekil 3. 14 Dolum sonrası kuru kimyevi etiketli yangın söndürücüden su çıkması

Şekil 3.15’de ise Tesis’de kullanılan 50kg’lık kuru kimyevi tip bir yangın söndürücü içinden köpük çıktığı görülmektedir.



Şekil 3. 15 Dolum sonrası kuru kimyevi etiketli yangın söndürücüden köpük çıkması

Yangın suyu hidrantları için yer seçimi tesislerde yangın güvenliği için çok önemlidir. Tesis'de yerleştirilen hidrantlar, kullanan personel için takılma, düşme tehlikelerine neden olmaktadır. Yangın suyu pompalarının devreye girmesiyle hidrantlarda çekiçleme (water hammer) olursa, hortum en zayıf olan bağlantısından koparak serbest kalmaktadır. Hidrantı opere eden kişi kendini bu tür risklerden koruması için hidrantın arka kısmından hidrantı kullanması gerekmektedir. Aksi takdirde ön ve yan çıkışlardaki hortum koparak serbest kaldığında hidrantı kullanan kişiye çarparak yaralanmasına/ölmesine neden olabilir. Bu nedenle hidrantın arka kısmında hidrantı rahat kullanabilecek, düzgün bir alan olmalıdır. Şekil 3.16'da görüldüğü gibi hidrantın arka kısmı bayıra gelirse ya da bir merdivenin hemen dibine hidrant yerleştirilirse kullanıma uygun olmadığı görülmektedir.



Şekil 3. 16 Uygun olmayan hidrant örnekleri

Hidrantları rahat kullanabilmek için ve hidrantlara bağlanan hortumların hat basınçlandığında zarar görmemesi için hidrantların etrafında en az bir metre boş alan olmalıdır [23]. Hortum kabinleri hidrantlara çok yakın yerleştirilmemelidir. Yakın yerleştirilmesi hortumların set edilmesine engel teşkil etmektedir. Hortum hidranta bağlandığı noktadan hemen dönüş yaptırılırsa yangın pompasının çalışmasıyla bu noktada su çekiçlemesi oluşmakta ve bu durum hortumun bağlantı noktası olan kaplininden kopmasına neden olmaktadır. Kopmanın yol açtığı maddi zararlar bir yana, boşa çıkan hortum eğer hidrantı kullanan personele çarparsa yaralanmalara hatta ölüme neden olabilir. Hidrantların etrafında açık bir alan bırakılmadığı takdirde hortum bağlantılarının etrafındaki nesnelere sıkışabileceği Şekil 3.17'de görülmektedir.



Şekil 3. 17 Uygun olmayan hortum bağlantısı ve hidrant kabini örneği

Hidrantlara hortum bağlandığı kaplinden sonra hortum en az bir metre kıvrılmadan düz gitmelidir. Aksi takdirde hidrant aniden basınçlandığında çekiçlemenin etkisiyle hortum bağlantı kısımlarından kopmalar meydana gelmektedir. Storz kaplinli hidrantların en zayıf noktası kaplinlerin diş kısımlarıdır. Hidrantlar aylık olarak kontrol edilmeli ve bu diş kısımlarında zedelenmeler görülürse kaplin yenisi ile değiştirilmelidir. Şekil 3.18'de bir çalışma esnasında çekiçlemenin etkisiyle storz kaplinin dişleri kırılan bir hidrant görülmektedir.



Şekil 3. 18 Çekiçlemenin etkisiyle kaplin dişlerinden kırılan hidrant bağlantısı

Hidrantların zeminden yükseklikleri standartlara uygun yapılmalıdır. Hidrant yüksekliği fazla olursa kullanan personel çok zor opere etmekte ve sakatlanmalara neden olmaktadır. Çok alçak yapıldığında ise hortumlar zemine sürtünerek kıvrılmakta ve bu noktalardan hortumun patlama/yırtılma tehlikesi oluşmaktadır. Hidrant çıkışlarının yerden yüksekliği 45,7 cm'den daha yakın ve 91,4 cm'den daha yüksek olmamalıdır [23]. Hidrantlar yere çok fazla gömüldüğünde su bağlantılarının yere ne kadar yaklaştığı Şekil 3.19'da görülmektedir.



Şekil 3. 19 Yere fazla gömülmüş olan uygunsuz hidrant

Yüzer tavanlı hidrokarbon depolama tanklarında yangın çıkması en muhtemel yer, yüzer tavanın tankın iç kısmı ile birleştiği rimseal denilen bölgedir. Genellikle depolama tanklarındaki bakım eksikliğinden dolayı bu bölgede bulunan hidrokarbonların tank yüzeyine çıkmasını engelleyen sızdırmazlık elemanı deforme olmaktadır. Böylece hidrokarbon buharları bu bölgeden dışarı çıkarak tank yüzeyinin hareketinden oluşacak bir kıvılcım ile yangın başlamaktadır. Bu tür yangınları önlemek için depolama

tanklarında foam dam denilen köpük setleri bulunur. Yüzer tavanlı depolama tanklarının rimreal bölgelerinde çıkan bir yangına köpük müdahalesi Şekil 3.20'de görülmektedir.



Şekil 3. 20 Yüzer tavanlı depolama tanklarındaki rimseal yangınlarına müdahale

Bu köpük setlerinin alt kısımlarında bulunan Şekil 3.21'de gösterilen tahliye delikleri zamanla toz, kir vs. birikmesiyle tıkanabilmektedir. Dolayısıyla bu alanlar periyodik olarak temizlenmeli ve deliklerin tıkanması önlenmelidir. Aksi takdirde yangın esnasında tıkalı deliklerden dolayı alt kısımlarından tahliye olmayacak ve bu bölgelere yangını söndürmek için verilen köpük, köpük setlerinin üzerinden taşacaktır. Köpüğün yoğunluğu sudan daha hafiftir. Bu nedenle köpük bariyerlerine verilen taze köpükler üstten akıp giderse alt kısımdaki eski köpük yüksek ısı nedeniyle zamanla parçalanarak yangın söndürülemeyecektir.



Şekil 3. 21 Depolama tankı köpük setindeki tahliye delikleri

Tesis'de kullanılan itfaiye kamyonu, taşınabilir monitörler vb. ekipmanlar tesiste çıkabilecek büyük yangınlara müdahale edebilecek özelliklerde olmalıdır. İlgili Tesis benzeri yerlerde çıkan en tehlikeli yangınlar, depolama tanklarında çıkan yangınlardır. Tesis'deki depolama tankları 20,5 m yüksekliğinde olduğundan tankın içindeki yangına itfaiye kamyonu ile müdahale edebilmek için itfaiye kamyonlarının bu yüksekliğe yeteri kadar su/köpük karışımını atabilmeleri gereklidir. Depolama tanklarında çıkan yangınlara müdahale etmek için yakın çevredeki itfaiye birimlerinden itfaiye araçları gelmektedir. Fakat bu itfaiye araçları, bina yangınlarına göre dizayn edildiğinden dolayı tank yangınlarına müdahalede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yangını söndürebilmek için yeterli su/köpük karışımını tanka atamadıklarından dolayı genellikle faydaları olmamaktadır. Belediye itfaiye araçlarıyla birlikte depolama tankı üzerine köpük atımı yapıldığında, belediye itfaiye araçlarının endüstriyel itfaiye aracına göre tankın üzerine çok az miktarda köpük atabildiği Şekil 3.22'de görülmektedir.



Şekil 3. 22 Düşük kapasiteli itfaiye araçları ile depolama tank yangınına müdahale

Tesis'deki hidrokarbon depolama tankında çıkan bir yangını söndürebilmek için tankın içine metrekareye 6,5 l/dk su/köpük karışımı uygulanmalıdır [11]. Tesis'de çapı 100 m olan bir hidrokarbon depolama tankında çıkan yangın için tankın yüzey alanı denklem (3.1)'den bulunur.

$$A=\pi \times r^2 \qquad (3.1)$$

$A= 3,14 \times 50^2 = 7850\ m^2$ olarak bulunur.

Uygulanması gereken minimum köpük miktarı;

7850 x 6,5 = 51025 L/dk olarak hesaplanır.

Minimum olarak bu miktarda köpüğü yanan tankın içine uygulayamazsak, tank yangınını söndüremeyiz. Ayrıca yangını söndürememekten öte, Boilover denilen tankın yanmasından daha tehlikeli bir olaya neden olabiliriz. Bu olayın gerçekleşmesi için öncelikle tankın üst kısımda gerçekleşen tam yüzey yangınından dolayı, yanan hidrokarbonun ısısı tankın içinde alt tabakalarına doğru yaklaşık olarak 149^oC sıcaklık ilerler. Yangın söndürme faaliyetleri dolayısıyla tankın içine atılan ve alt tabakada biriken suyun sıcaklığı, suyun kaynama noktasını aştığında faz değiştirerek sıvı fazdaki su, buhar fazına geçer. Bu esnada suyun hacmi yaklaşık olarak 1700 kat genleşmektedir. Bu genleşme esnasında, üstündeki tüm sıcak ve yanan hidrokarbonları dışarıya doğru atar. Böylece tankın içinde yanan hidrokarbonlar tankın etrafındaki alana yayılmakta ve tankın dış bölgelerinde yeni yangınlar oluşmaktadır [10].

Refinery Terminal Fire Company, boilover ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada 643,5 litre ham petrole 11,4 litre su ilave ederek ham petrolü tutuşturmuş ve yanma başlangıcından 4 saat 2 dakika sonra boilover gerçekleşmiştir. Şekil 3.23'de alevlerin boilover sonrası ne kadar geniş bir alana yayıldığı görülmektedir.



Şekil 3. 23 RTFC boilover testi öncesi ve boilover sonrası yangının yayılımı

NFPA kayıtlarına göre tarihte en fazla ölüme neden olan kaza 19 Aralık 1982 yılında Tacoa, Venezuella'da gerçekleşmiştir. Tacoa köyündeki depolama tankı yanmaya başlayınca tankı söndürmek için itfaiye ekipleri müdahaleye başlamışlardır. 6 saat sonra Şekil 3.24'de görülen alanda yangını kontrol altına aldıklarını belirttikten kısa bir süre sonra boilover gerçekleşmiştir. Depolama tankının etrafında söndürme çalışmalarını yapan 160 kişi ölmüştür.



Şekil 3. 24 Tacoa tank yangını boilover olayı öncesi

Genellikle ilgili Tesis benzeri yerlerde yüksek kapasiteli monitörler bulunmadığından, depolama tanklarında çıkan hidrokarbon yangınları söndürülemez gibi yanlış bir anlayış bulunmaktadır. Endüstriyel tesislerin bu tür büyük yangını söndürebilecek kapasitede

monitörleri yoksa yanan tankı sadece soğutmaya ve yangının diğer tanklara yayılmasını önlemeye çalışmaktadırlar.

Ayrıca Tesis'de çıkacak bir tank yangınında Tacoa'daki gibi boilover gerçekleşmemesi için endüstriyel tesislerde kullanılacak olan hidrantların, su hatlarının vb. kapasiteleri tesiste kullanılan monitörler, itfaiye kamyonu vb. yangın söndürme ekipmanlarına uygun olmalıdır. Aksi takdirde yüksek kapasiteli ekipmanlar için yeterli su desteği sağlanamayacaktır. Bu tür durumlarda monitörler, itfaiye araçları ne kadar yüksek kapasiteli olursa olsun, bunlara yeterli su desteği olmadıktan sonra ekipmanların ne kadar iyi olduğunun hiçbir önemi olmaz.

İtfaiye araçlarının kendi pompası olsa da, girişine yeterli su gelmediğinde hidranta bağlı olan hortumdaki tüm suyu çeker ama yeterli su gelmediğinden su pompalanamaz. Endüstriyel tesislerde bu sorunla karşılaşmamak için tesisin tasarımı aşamasında gerekli su miktarları çok iyi hesaplanmalıdır. Aksi takdirde Tesis'deki depolama tanklarında çıkabilecek yangına yeterli miktarda su/köpük karışımı atılamazsa yangın söndürülemeyecektir.

Bu nedenle Tesis'deki depolama tanklarındaki hidrokarbon yangınlarına müdahale edebilmek 6800m^3 kapasitede yangın havuzu ve 50 m^3/dk kapasitede 2 adet dizel ve 1 adet elektrikli yangın suyu pompası bulunmaktadır. Ana yangın hattı 61cm çapında ve 100m^3/dk kapasitesinde olduğundan tank yangınları için yeterli miktarda su sağlayabilmektedir. Tesis'de tam yüzey tank yangınına müdahale için Şekil 3.25'de görüldüğü üzere 3 adet 30m^3/dk kapasiteli monitör bulunmaktadır. Bu monitörler sayesinde tanka 90m^3/dk su/köpük karışımı sağlanabilmektedir.



Şekil 3. 25 Hidrokarbon depolama tank yangınlarında kullanılan yüksek kapasiteli monitörler

Bu monitörlere yangın havuzlarından yeterli miktarda su sağlayabilecek 100 m^3/dk kapasiteli çoklu yangın hidrantları, bu hidrantların 61cm çapında yangın suyu hattı ve hattı besleyen 1 tanesi yedek olmak üzere normal kapasitesi 50 m^3/dk olan 3 adet yangın suyu pompası ile sağlanmaktadır. Şekil 3. 26'de Tesis'de kullanılan maksimum kapasitesi 75 m^3/dk olan yangın suyu pompası görülmektedir.



Şekil 3. 26 Yüksek kapasiteli dizel yangın suyu pompası

Endüstriyel tesislerde yangına yetecek yeterli miktarda su bulunması çok önemlidir. Yangın havuzlarındaki suyun bitmesine karşı denizden havuzlara su transferi sağlayacak

32 m^3/dk kapasiteli 3 adet daha yangın suyu pompası denize yerleştirilmiştir. Bu kadar güçlü pompaların bulunduğu tesiste yangın suyu hattı ve hidrantları yüksek basınçlara dayanıklı olmalıdır. Yangın suyu hattında olası titreşimden dolayı hattın ve hidrantların zarar görmemesi için gerekli önlemler alınmalı ve yer altında olmalıdır. Yer üstü yangın hatları donma tehlikesinin olmadığı aşağıdaki sistemlerde kullanılabilir [24];

- Otomatik yağmurlama sistemleri
- Açık yağmurlama sistemleri
- Sabit su sprey sistemleri
- Köpük sistemleri
- 2.Sınıf sabit boru sistemleri

Aksi takdirde yer üstü yangın hatları titreşime daha fazla maruz kaldığından en zayıf noktasından yüksek basınçla kırılacaktır. Şekil 3. 27'de uygunsuz yangın hattı ve kırılan hidrant gösterilmiştir. Hidrantın yangın hattının sonuna konulması ve hattın altında yeterli destek olmaması nedeniyle hidrantın gövde etinin en ince olduğu noktadan kırılma gerçekleşmiştir.



Şekil 3. 27 Standart dışı yangın hattı ve kırılan hidrant

Tesis'de hidrokarbonların transferi esnasında olası yangın türlerinden bir flanş yangınıdır. Genellikle flanş bağlantılarından başlayan bir sızıntı ile hidrokarbon döküldüğü alanda buharlaşma ile gaz fazına geçiş başlar. Yanıcı gazlar, yeterli hava-gaz karışım oranı oluşturduğunda, gazın LEL noktası yani gazın düşük patlama limitine ulaştığında en ufak kıvılcım ile ortamda biriken gaz parlamakta/patlamakta ve dökülen

sıvı kısım da yanmaya başlamaktadır. Bu olay, operasyon ya da bakım çalışmalarında gaz silindirlerini/tanklarını kullanırken gaz kaçağı olması durumunda da gerçekleşmektedir. Ortamdaki gaz konsantrasyonu UEL noktası yani gazın yüksek patlama limitine ulaştığında artık ortamdaki gaz konsantrasyonu yanma için çok fazla olduğu için artık patlama gerçekleşemez.

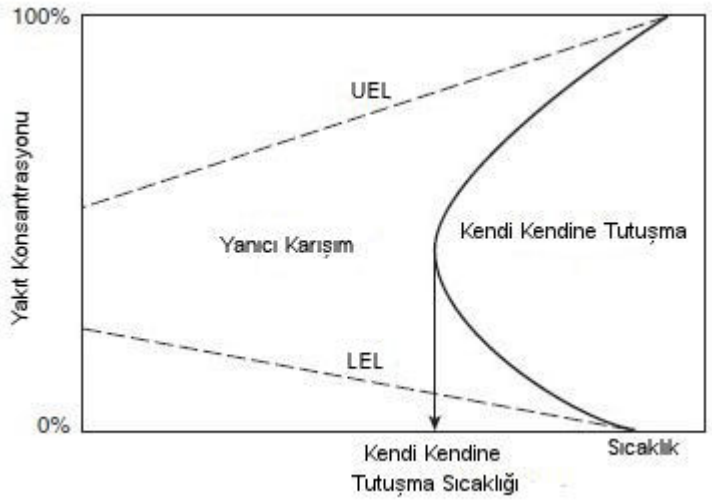
Buna karşı önlem olarak kıvılcım kaynaklarını ortadan kaldırmak için Tesis'de kullanılan elektrikli ekipmanların tesisin patlayıcı ortam bölge sınıflandırmasına uygun şekilde ex-proof (Explosion Proof) olması yani elektrikli ekipmanın içine dış ortamdaki patlayıcı gazların giremeyecek şekilde dizayn edilmesi ve ortamda bulunabilecek patlayıcı gazlar ile elektrik kıvılcımlarının birleşerek oluşabilecek bir patlamayı engellemesi gerekmektedir. Ayrıca operasyon alanlarındaki sabit gaz dedektörlerinin periyodik bakımları sırasında bu cihazların kalibrasyonları yapılmalıdır. Dedektörler vasıtasıyla devreye giren alarmlarda operasyon hemen durdurulmalı ve çalışma ortamı derhal boşaltılarak gaz konsantrasyonu seyrelmeden sahaya tekrar girilmemelidir.

Sabit gaz dedektörlerinin bulunmadığı alanlardaki bakım çalışmalarında gaz kaçaklarından dolayı patlama tehlikesine karşı, taşınabilir gaz ölçüm cihazlarıyla çalışma esnasında sürekli ölçüm yapılmalı ve aynı şekilde dedektörden patlayıcı ortam alarmı alındığı takdirde hemen çalışma durdurularak gaz konsantrasyonu seyrelmeden tekrar çalışma alanına girilmemelidir. Çizelge 3.1'de hidrokarbon tesislerinde bulunan çeşitli yanıcı gazların düşük ve yüksek patlama limitleri görülmektedir.

Çizelge 3. 1 Çeşitli yanıcı gazların patlama limitleri [5]

	LEL	UEL
Metan	4,7	15
Propan	2,15	16
Bütan	1,9	8,5
Asetilen	2,5	81
Hidrojen	4	75
Etilen	2,7	36

Yanıcı gazlarda sıcaklık arttıkça düşük patlama limiti azalırken yüksek patlama limiti artmaktadır. Şekil 3.28'de yanıcı gazların patlama limitlerinin sıcaklıkla nasıl değiştiği ve bu grafikte gazların kendi kendine tutuşma sıcaklık noktalarının bulunduğu alan görülmektedir.



Şekil 3. 28 Yanıcı gazların patlama limitlerinin sıcaklıkla değişimi [5]

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde her geçen gün enerji yatırımları artmakta ve Türkiye, bulunduğu bölgede bir enerji merkezi haline gelmektedir. Son yıllarda hızla gelişen ülkemiz, endüstriyel tesislerin artmasıyla birlikte, bu endüstriyel tesislerin getirdiği riskler nedeniyle büyük felaketler konusunda risk altındadır. Amerika ve Avrupa'da yangın kolejleri, yangın mühendisliği bölümleri ve yangın söndürme pratiği yapabilme konusunda çok büyük tesisler bulunmaktadır. Fakat ülkemizde yangın ile ilgili sadece yangın meslek yüksekokulları bulunmakta ve buradan da yangın konusunda bir endüstriyel tesisteki riskleri değerlendirebilecek eleman yetiştirilememektedir.

Bu nedenlerden dolayı tesisin yangına karşı yeterli olup olmadığı tesisi yapan, yangınla mücadele malzemeleri satan firmaların bilgi seviyesine kalmaktadır. Bu durumu aşabilmek için öncelikli olarak yangın konusunda bilgili kişiler yetiştirilmesi ve bu kişilerin yapılan tesislerin risklerini değerlendirmesi ve eksiklikleri tespit etmesi gerekmektedir.

Ayrıca yangın söndürme ekipmanları konusunda üretim yapan firmaların çoğunun, özellikle yangın söndürücüler konusunda standartlara uymadığı ve tesislerde de bu konuda bilgili kişiler olmadığından endüstriyel tesislerde yangın riskini arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle çıkan bir yangını söndürebilecek, bireyleri yanlış yönlendirmeye neden olmayacak standartlara uygun yangın söndürücüler için üretim yapan firmalara teftişlerin arttırılması ve standart dışı üretimlerin durdurulması gerekmektedir.

Endüstriyel tesislerde kullanılan yangın ekipmanları genellikle yurt dışından gelmektedir. Türkiye'de bu ekipmanların satışı yapılsa da bakımlarını yapabilecek firmaların sayılı olması/olmaması nedeniyle ekipmanlarda bakım eksikliği gözlemlenmiştir. Bu nedenle bir yangın durumunda bu ekipmanlar arıza verirse yangın büyüyeceğinden dolayı tesis kaybedilecektir. Bu tür durumları önlemek için yangınla mücadele konusunda yerli üretim yatırımlara destek verilerek kaliteli ekipmanların ülkemizde üretilmesi durumunda bakım eksikliğinden dolayı oluşacak riskler azaltılabilir. İncelenen tesisde tespit edilen olumsuz durumlar ve bu olumsuzluklar giderilerek tesisin güvenli hale getirilme yöntemleri kısaca Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1 Tesis'de belirlenen durumlar

Yangın Riski Olan Alanlar	Olumsuz Durum	Olması Gereken Durum
Ofisler	Duman dedektörlerinin havalandırma sistemlerine yakın yerleştirilmesi.	Duman dedektörleri havalandırma ünitelerine 91cm'den yakın olmamalı.
Lojmanlar	Yangın söndürücülerin üzerindeki bilgilendirme etiketlerinin yanlış yönlendirmeye neden olması.	Yangın söndürücü etiketleri TS 862-7 standardına uygun olmalı.
Trafo binaları	Yangın söndürücülerin içine etiketindeki bilgilerde belirtilenden farklı madde ile doldurulması.	Yangın söndürücülerin içindeki madde ile etiketinde yazan bilgi aynı olmalı.
İstasyon binaları	Önlerine konulan malzeme/ekipmanlar nedeniyle yangın söndürücülerin görünmesinin engellenmesi, askılığı olmayan yangın söndürücülerin paslanma ve devrilerek patlama riski.	Yangın söndürücüler görünür yerlerde olmalı ve askılıkda asılı durmalı.

Çizelge 4. 1 Tesis'de belirlenen durumlar (devamı)

Tank sahası	Yangın hidrantlarının arkasında engel ya da düşecek şekilde boşluk olması, yakınındaki başka ekipmanların hidrantlara bağlanan yangın hortumlarından su akışını engellemesi, hidrantların su çıkışlarının yere çok yakın olması.	Yangın söndürücüleri opere edebilmek için arkasında uygun alan olmalı, hidrantların etrafında 1 metre boş alan olmalı ve hidrantın çıkışları yerden 45,7 cm'den daha yüksek olmalı.
Elektrikli ekipmanlar	Elektrikli ekipman yangınlarında kullanılan karbondioksit tipi yangın söndürücülerin dolum sonrası vana dişlisinin tam kapatılmaması nedeniyle patlama riski olması	Yangın söndürücüler yetkin firmalar tarafından doldurularak eski haline getirilmeli.

KAYNAKLAR

[1] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, www.csb.gov.tr, 10 Ocak 2016.

[2] T.C. Resmi Gazete, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi Ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik. (28867), 30.12.2013, 1.

[3] TSE 7486, (1989). Yangından korunma - Terimler, TSE, I. Baskı, Ankara.

[4] Jones, C.E. vd. (2009). Fundamentals of Fire Fighter Skills, Second Edition, Jones and Barlett Publishers LLC, Massachusetts.

[5] NFPA 921, (2014). Guide for Fire and Explosion Investigations, NFPA, Massachusetts.

[6] Honeywell, Gaz Dedektörü, http://www.honeywellanalytics.com/en/products/Sensepoint-XCD, 02 Temmuz 2016.

[7] T.C. Resmi Gazete, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. (26735), 19.12.2007, 29-52

[8] T.C. Resmi Gazete, Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği (97/23/AT). (26411), 22.01.2007, 9.

[9] TSE 862-7 EN 3-7 + A1, (2010). Seyyar Yangın Söndürücüler – Bölüm 7: Özellikler, Performans Gerekleri Ve Deney Metotları, TSE, I. Baskı, Ankara.

[10] Cote, A.E. vd. (2008). Fire Protection Handbook, Twentieth Edition, NFPA, Massachusetts.

[11] Jones, C.E. vd. (2008). Industrial Fire Brigade Principles and Practice, First Edition, Jones and Barlett Publishers LLC, Massachusetts.

[12] NFPA 11, (2014). Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam, NFPA, Massachusetts.

[13] Emergency Events Database, Kaza Verileri, www.emdat.be, 03 Temmuz 2016.

[14] Afet ve Acil Durum Yönetimi, https://tabb-analiz.afad.gov.tr, 04 Temmuz 2016.

[15] Botaş International Ltd, BTC Petrol Boru Hattı Hakkında Bilgiler, www.botasint.com, 05 Temmuz 2016.

[16] Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı, TANAP Hakkında Bilgiler, www.tanap.com, 05 Temmuz 2016.

[17] SOCAR Türkiye Ege Rafineri, Star Rafineri Hakkında Bilgiler, www.starrafineri.com.tr, 05 Temmuz 2016.

[18] T.C. Resmi Gazete, Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik. (27052), 12.11.2008, 4.

[19] NFPA 72, (2016). National Fire Alarm and Signaling Code, NFPA, Massachusetts.

[20] Wikipedia, Bradford Şehri Stadyumu Yangını, https://en.wikipedia.org/wiki/Bradford_City_stadium_fire, 06 Temmuz 2016.

[21] T.C. Resmi Gazete, İş Yerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik. (28681), 18.06.2013, 2.

[22] T.C. Resmi Gazete, İlkyardım Yönetmeliği. (29429), 29.07.2015, 5.

[23] NFPA 1142, (2016). Standard on Water Supplies for Suburban and Rural Fire Fighting, NFPA, Massachusetts.

[24] NFPA 24, (2016). Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances, NFPA, Massachusetts.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mahmut Enver AY

Doğum Tarihi ve Yeri : 03.03.1977 / Ankara

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : enveray@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Kimya Mühendisliği	Yıldız Teknik	2017
Lisans	Kimya	Ondokuz Mayıs	2002
Lise	Sosyal Bilimler ve Edebiyat	Ankara Merkez İ.H.L	1994

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014	Botaş International Ltd.	Senior Fire Instructor
2011	Botaş International Ltd.	Oil Spill Supervisor
2006	Botaş International Ltd.	Fire Officer

YAYINLARI

Bildiri

1. AY M.E. ve SALT Yavuz, (2016) “Endüstriyel Tesislerin Yangın Güvenlik Kriterleri”, 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi 2016, Sayfa:310