

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



TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE MENHOL İÇİNDE VE
MENHOL KAPAKLARI ÇEVRESİNDE OLUŞABİLECEK
PATLAYICI ORTAMLARIN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZGÜR ÖZCAN

Tez Danışmanı

PROF.DR. ERSİ KALFOĞLU
DR.ÖĞR.ÜYESİ TAHSİN AYKAN KEPEKLİ

İSTANBUL
NİSAN 2018

**T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE MENHOL İÇİNDE VE
MENHOL KAPAKLARI ÇEVRESİNDE OLUŞABİLECEK
PATLAYICI ORTAMLARIN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZGÜR ÖZCAN

Tez Danışmanı

**PROF.DR. ERSİ KALFOĞLU
DR.ÖĞ.ÜYESİ TAHSİN AYKAN KEPEKLI**

**İSTANBUL
NİSAN 2018**

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

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

Tez Savunma Tarihi : .../.../2018

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

T.C.İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

Jüri Başkanı

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

T.C.İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

T.C.İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

T.C.İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

T.C.İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

Özgünlük Bildirisi

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntıların, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,

İstanbul, 2018

ÖZGÜR ÖZCAN

İmza

İÇİNDEKİLER

Özgünlük Bildirisi.....	i
İçindekiler.....	ii
Resimler Listesi.....	iii
Şekiller Listesi.....	v
Tablolar Listesi.....	vi
Önsöz.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	35
3.1. ORTAM GAZ ÖLÇÜMLERİ METODOLOJİSİ.....	35
3.2. IEC 60079-10-1 METODOLOJİSİ.....	39
4. BULGULAR.....	59
4.1.ORTAM GAZ ÖLÇÜMLERİ SONUÇLARI.....	59
4.1.1.PATLAMA GERÇEKLEŞMİŞ ÖRNEK VAKA.....	59
4.2. ORTAM GAZ ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	62
4.3.60079.10-1EGÖRE PATLAYICI ORTAM TEORİK HESAPLAMASI..	78
5. TARTIŞMA.....	83
6. SONUÇ.....	88
7. ÖZET.....	91
8. KAYNAKLAR.....	94
9. ÖZ GEÇMİŞ.....	97

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: El Tipi Ekranlı Cihaz, Çoklu Gaz Dedektörü	36
Resim 2: Ölçüm Kaydı ve Ölçüm Görseli.....	37
Resim 3: Patlayıcı Gazların Ölçümü.....	38
Resim 4: Menhol Patlaması Sonrası Yapılan Çalışmalar.....	59
Resim 5: Menhol Kapağının Yerinden Fırlaması İle Hasar Gören Kaplama.....	59
Resim 6: Kategori Uygunluğu Olmayan Elektrikli Ekipman.....	60
Resim 7: Hasar Gören Duvar Yüzeyi.....	60
Resim 8: Patlama Sonrası Menhol Görseli.....	61
Resim 9: Yangına Müdahale Edildiğine Ait Görsel.....	61
Resim 10: Doğal Gaz Borusu Hattı – Elektrik Kablosu Hattı – İletişim Kabloları Hattı Görselleri , Patlama Alanı.....	62
Resim 11: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	62
Resim 12: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	63
Resim 13: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	63
Resim 14: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	64
Resim 15: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	65
Resim 16: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	65
Resim 17: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	66
Resim 18: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	67
Resim 19: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası....	68

Resim 20: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	69
Resim 21: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	69
Resim 22: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	70
Resim 23: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	71
Resim 24: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	72
Resim 25: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	73
Resim 26: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	74
Resim 27: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	74
Resim 28: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	75
Resim 29: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	76
Resim 30: Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası.....	77
Resim 31: Exproof junction box.....	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Patlayıcı Ortam Uyarı İşareti.....	13
Şekil 2: Metan Yanma Reaksiyonu.....	15
Şekil 3: Yanma Üçgeni.....	16
Şekil 4: Bazı kimyasal maddelerin MIE değerleri.....	17
Şekil 5: Metan molekül ağırlığı.....	18
Şekil 6.1 Havadan hafif gaz davranışı.....	19
Şekil 6.2: Havadan ağır gazların davranışı.....	20
Şekil 7: Sıvı yüzeyinden buharlaşma.....	21
Şekil 8: Suyun buhar basıncı diyagramı.....	21
Şekil 9: Parlama Noktası ölçüm testi.....	22
Şekil 10: Metan gazının patlama aralığı.....	23
Şekil 11: Yanıcı bir kimyasalın Sıcaklık - Konsantrasyon Diyagramı.....	23
Şekil 12: Boşalma Kaynaklarından Salınım Senaryoları.....	42
Şekil 13: Seyrelme Derecesi Belirleme Diyagramı.....	53
Şekil 14: Tehlikeli Bölge Mesafesi Belirleme Diyagramı.....	54
Şekil 15: Gaz bulutu yayılım şekilleri.....	57

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Bazı kimyasalların alt ve üst patlama limitleri.....	24
Tablo 2: APS (LEL) Değerleri ve Giriş Kriterleri.....	26
Tablo 3: Sanayide kullanılan bazı gazların patlama karakteristikleri.....	28
Tablo 4: Hesaplama da kullanılacak ana boşalma kaynağı adetleri.....	44
Tablo 5: Standartta tanımlanan ekipman "S" kesit alanları.....	45
Tablo 6: Açık Alan Hesaplamalarında Seçilecek Temsili Rüzgar Hızları.....	50
Tablo 7: Zone belirleme tablosu.....	56
Tablo 8: Elektrikli ekipmanların sıcaklık sınıfları.....	86

ÖNSÖZ

Bu çalışmada patlayıcı ortam kavramı ve patlayıcı ortam oluşturabilecek yer altı iletişim hatlarının çalışma alanı olan menhollerde, menhol kapakları çevresinde patlayıcı ortam oluşumlarının araştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen bilimsel veriler ışığında dikkat edilmesi gerekli hususlar ve alınması gereken önlemler, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na dayandırılarak hazırlanmış olan Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik gereğince uyulması gereken asgari güvenlik koşulları araştırılmış ve IEC 60079-10-1: 2015 standardına göre tehlikeli bölgeler belirlenmiştir. Çalışmada patlayıcı ortam tanımlaması, patlayıcı ortam oluşturabilecek bölgelerin tanımları, çeşitli gazlara ilişkin alt ve üst patlama sınırlarının tanımları, yaşanan örnek bir iş kazası, sahada menhol ortamlarına ilişkin gaz ölçümleri, hesaplamalar, ölçüm cihazının tanıtılması hususunda bilgilere yer verilmiştir.

Telekomünikasyon alt yapı tesislerinde menhollerde oluşabilecek iş kazalarından korunma konusunda bu sektörde ilk yapılan çalışma olan bilimsel nitelikteki bu tez çalışmasının ülkemiz çalışanlarına faydalı olmasını temenni ederim. Çalışmada planlama, araştırma ve yürütme çalışmalarında sürekli destek veren, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında yönlendiren sayın Dr. Öğretim Üyesi Tahsin Aykan Kepekli' ye ve Prof. Dr. Ersi Abacı Kalfoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler dünya tarihindeki önemli buluşlara imza atan mucitler sayesinde olmuştur. Dünya tarihinde adı geçen mucitlerden biri olan Nikola Tesla dünyadaki bilim ve teknoloji yapısını tam anlamıyla kökünden değiştirebilecek birçok kullanılan ve kullanılmayan deney ve buluşa imza atmıştır. Teknolojinin gelişmesi, sanayileşmeyi beraberinde getirmekte ancak kontrolsüz ve gelişmiş güzel bir yapılanma sonrasında oluşan alt yapı, üst yapı, üretim tesisleri, sanayi tesisleri oluşumu bir takım tehlike ve riskleri de beraberinde getirmiştir. Bilimsel çalışmalardan da anlaşılacağı üzere mevcut buluşlar faydalı yönde kullanılıncaya olumlu amaca yönelik kullanılabileceği gibi kullanım amacı olumsuz olur ise insanlığa ve dünyaya zararda verebilir.

Sanayileşme içerisinde işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden pek çok tehlikeler ve riskler mevcut olup bunlardan birisi de yer altı kablo çalışması yapan alt yapı kurulumunda çalışan insanların maruz kalabileceği tehlikeleri içermektedir. Telefon ve internet haberleşmesi çağımızın en önemli teknolojik gelişmelerinden olup haberleşmenin gerek sesle gerekse görselliğe dayanan temelleri, yer altı kablo sistemlerinin projelendirilmesi üzerine inşa edilen bir organizasyonun ürünüdür. Yer altı ortamının kapalı bir alan olması sebebiyle atık su kanallarından, doğal gaz bağlantılarından, toprak içindeki organik ayrışmalar sebebiyle oluşan gazlar yeraltında hareket edebilmekte, gerek zehirleyicilik açısından gerekse patlayıcı ve yanıcı ortam oluşturması yönünden riskleri de beraberinde getirmektedir. Yer altında telekomünikasyon sektöründe çalışan insanların zehirlenmesi, patlayıcı ortamların tehlikelerinden etkilenmesi sonucu yaralanması, hatta ölümlerle sonuçlanan kazaların oluşması yüksek olasılıklıdır.

Oluşan gazların tehlikelerinin tespit edilmesi, proaktif yaklaşılarak tehlikelerin önlenmesi mümkün olup, gaz atmosferlerinin tespit edilebilmesi yönünde bir takım çalışmaları gerektirmektedir. Bu çalışmada tehlikeli gaz ortamlarının yer altı kablo çalışmalarında patlayıcı ortamlar yönünden yaratacağı tehlikeler ve bu risklerin önlenmesi için bilgiler yer alacaktır.

Bu çalışmanın amacı, karşılaşılan örnek kazalardan yola çıkarak, yer altı kablo hatları ve menholler içerisinde oluşabilecek patlayıcı ortam kaynaklı tehlikeli bölgelerin teorik olarak belirlenmesine ışık tutmak ve bu ortamlarda kullanılacak elektrikli ekipmanların özellikleri ile alınması gereken diğer güvenlik tedbirleri konusunda fikir vermektir.

2. GENEL BİLGİLER

Telekomünikasyon sektöründe yer altı kablolama çalışmaları, mevcut görsel ve sesli iletişimin sağlanabilmesi için yapılmaktadır. Binaların; İstanbul gibi büyük şehirlerde plan ve projelendirme yetersizliği sebebiyle ve nüfus sayısı bakımından sayıca fazla insan yaşaması nedeniyle sokakların darlığı, yetersizliği, alan açısından alt yapı kanalizasyon, yağmur suyu kanalları, doğal gaz iletim hatları ve iletişim hatlarının yer altından geçmesi yönünde projelendirme yapıldığından, mevcut yer altı alanlarının yetersizliği nedeniyle projeler birbirine çok yakın sahalardan geçmektedir.

Kablolama çalışmaları yapılırken atık su iletim kanalizasyon hatlarındaki organik ayrışmalar sebebiyle oluşan gazlar, doğalgaz iletim hatları gaz kaçaqları olabilmekte olup, mevcut toprak içindeki organik madde ayrışmaları sebepleriyle metan, hidrojen sülfür, karbon monoksit gazları açığa çıkmaktadır. Kablolama işleri bir insanın rahatça çalışabileceği bir alan olan oda şeklindeki bir alanda yapılmakta olup bu alana menhol ismi verilmiştir. Kelime olarak İngilizce man kelimesi ile alan ya da salon anlamına gelen hall kelimelerinin birleşiminden oluşmuş, bir adamın çalışabileceği alan olarak açıklanabilmektedir. Yer altında internet hattı kablo uçları için muf ismi verilen özel bağlantı araçlarının kullanılması ile kablolama ekleri yapılarak uzunlamasına devam edebilen yer altı çalışmaları yapılabilmektedir.

Patlayıcı ortamlar; özellikle gazların varlığından oluşmaktadır. Kapalı bir alanda hareket eden gazların özellikle çalışma alanı olan menhol bölgesinde birikmesi tehlikeli ortam oluşturmaktadır. Menhol alanı üst kısımda kapalı bir metal kapak olan menhol kapağının kapatılmasıyla oluşturulmuş güvenli bir alanlardır. Bu çalışma alanının yer altında olması

sebebiyle oluşan gazların yer altı iletim kanalları içerisinde hareket ederek bu alanlarda kendiliğinden birikebilmesi gündeme gelmektedir. Üst kısmın ağır bir metal kapak ile kapalı olması zamanla artan gaz basıncı, yanıcı patlayıcı gaz atmosferi oluşumu sonrasında bir tutuşturma kaynağı etkisiyle bir anda patlayarak bu kapağın yerinden hızlıca yükselmesi, sağa sola fırlayacak şekilde bir ivmeyle harekete geçip çevredeki insan, bina ya da araçlara zarar vermesine sebep olmaktadır. Menhollerde biriken gazlar olan metan, hidrojen sülfür, karbon monoksit gazlarına ait gaz ölçümleri sonuçlarında alt patlama sınır limitlerinin aşıldığına dair sonuçlar, yaşanan bu türden gaz patlamaları kaynaklı kazaların oluşmasında açıklayıcı etken olmaktadır.

1. Tanımlar

Patlayıcı Ortam Kavramı

Kavram olarak **ATEX** = Fransızca kökenli Atmosphères Explosibles kelimesinden türetilmiştir. Patlayıcı Ortam = Patlayıcı Atmosfer anlamına gelmektedir.¹

Patlayıcı Ortam: Yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışımı ifade eder.²

ATEX çalışmalarının ana amacı: Patlayıcı ortam oluşan alanlarda kullanılması gereken ekipmanların ve uygulanması gereken çalışma prosedürlerinin ayrıca güvenlik önlemlerinin tespit edilmesidir.

Bu amaçla AB üye ülkelerinde patlayıcı ortamlarda elektriksel ekipman kullanımını belli kurallara bağlamak amacıyla 2 temel yönerge – direktif yayınlanmıştır. Bunlar;

- 1) **94/9/EC**: Potansiyel patlayıcı ortamlarda kullanılacak ekipman ve güvenlik sistemlerini belirler. Aynı zamanda **ATEX 100a** olarak da bilinir. **ATEX 94/9 “Patlayıcı Gaz Ortamları ve Ekipmanları”** (**“Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik”** T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 27.10.2002 tarihli ve 24919 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe girmiş)³
- 2) **99/92/EC**: Patlayıcı ortamlarda risk altında olan işyerlerinde çalışanların sağlığının korunması için gerekli asgari tedbirlerini belirler. “Zone” – “Bölge” tanımı ilk defa bu yönergede genel olarak yapılmıştır. Aynı zamanda **ATEX 137** olarak da bilinir. **ATEX 137 (99/92) “Patlayıcı Gaz Ortamları ile ilgili İş Sağlığı ve Güvenliği”** (**“Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik”** T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 26.12.2003 tarihli 25328 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe girmiş)²

Ülkemiz AB yasalarına uyum sürecinde bahsedilen AB yönergeleri, ülkemiz mevzuatında da sırasıyla aşağıdaki yönetmelikler ile yer bulmuştur;

- 1) Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat Ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik (94/9/AT); Resmi Gazete Tarihi: 30.12.2006, Sayısı: 26392 (4.Mük.).
- 2) Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik; Resmi Gazete Tarihi: 30.04.2013, Sayısı: 28633.

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik

Patlayıcı Ortamda risk değerlendirmesi ile ilgili yükümlükler ve sınıflandırma, ortam değerlendirme esasları ile alınması gereken önlemler bu yönetmelikte yer almaktadır.

Yönetmelik Madde 2'de belirtildiği üzere, hastane – klinik ve diğer tıbbi tedavi mekanları, patlayıcı (reaktivitesi yüksek kimyasal maddeler) üreten, kullanan, depolayan tesisler, yeraltı ve yerüstü maden çıkarma işletmeleri ve kara, hava, su yolu taşımacılığı hariç diğer patlayıcı ortam oluşabilecek işyerleri yönetmelik kapsamına girmektedir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) *Bu Yönetmelik, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamına giren ve patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunan işyerlerinde uygulanır.*

(2) Ancak;

a) Hastalara tıbbi tedavi uygulamak için ayrılan yerler ve tıbbi tedavi uygulanması,

b) 1/4/2011 tarihli ve 27892 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Gaz Yakan Cihazlara Dair Yönetmelik (2009/142/AT) kapsamında yer alan cihazların kullanılması,

c) Patlayıcı maddelerin ve kimyasal olarak kararsız halde bulunan maddelerin üretilmesi, işlemlerden geçmesi, kullanımı, depolanması ve nakledilmesi,

ç) Sondaj yöntemiyle maden çıkarma işleri ile yeraltı ve yerüstü maden çıkarma işleri,

d) Patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerde kullanılan her türlü taşıma aracı hariç, uluslararası antlaşmaların ilgili hükümlerinin uygulandığı kara, hava ve su yolu taşıma araçlarının kullanılması,

Yönetmeliğin 5. Maddesinde Patlamaların Önlenmesi ve Patlamadan Korunma ilkeleri ve öncelik sırası tarif edilir. Buna göre Patlamadan Korunma ilkeleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- 1) Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek,
- 2) Yapılan işlemlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek,
- 3) Çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlayacak şekilde patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemleri almak.

Bu önlemler, gerektiğinde patlamanın yayılmasını önleyecek tedbirlerle birlikte alınır. Alınan bu tedbirler düzenli aralıklarla ve işyerindeki önemli değişikliklerden sonra yeniden gözden geçirilir.

Patlayıcı ortamlarda risk değerlendirmesi sırasında işverenin yükümlükleri yönetmelik Madde 6'da belirtilmiştir.

Buna göre işveren patlayıcı ortam oluşma ihtimali ve kalıcılığı; statik elektrik ve diğer tutuşturucu kaynakların etkisi; işyerinde bulunan tesis, kullanılan maddeler, proseslerin etkileşimi; olası bir patlamanın etkisinin büyüklüğünü; patlayıcı ortamların oluşabileceği yerlere açık olan veya açılabilen yerler de dikkate alınarak bir bütün olarak değerlendirir.

MADDE 6 – (1) İşveren, 29/12/2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğine uygun risk değerlendirmesi çalışmalarını yaparken, patlayıcı ortamdaki kaynaklanan özel risklerin değerlendirmesinde aşağıdaki hususları da dikkate alır:

a) Patlayıcı ortam oluşma ihtimali ve bu ortamın kalıcılığı,

b) Statik elektrik de dâhil tutuşturucu kaynakların bulunma, aktif ve etkili hale gelme ihtimalleri,

c) İşyerinde bulunan tesis, kullanılan maddeler, prosesler ile bunların muhtemel karşılıklı etkileşimleri,

ç) Olabilecek patlama etkisinin büyüklüğü.

(2) Patlama veya patlama riski değerlendirilirken patlayıcı ortamların oluşabileceği yerlere açık olan veya açılabilen yerler de dikkate alınarak bir bütün olarak değerlendirilir.

İşveren Patlayıcı Ortam oluşması ihtimali olan yerleri sınıflandırır (Madde 9 ve Ek 1) ve bu bölgelerde asgari güvenlik gerekliliklerinin uygulanmasını sağlar (Ek 2 ve Ek 3). Ayrıca işveren, bu bölgelerin girişin patlayıcı ortam ikaz işaretlerini yerleştirir (Ek 4).

İşveren Madde 6’da belirtilen Patlayıcı Ortam Risk Değerlendirme çalışmaları kapsamında Patlamadan Korunma Dokümanı hazırlamakla yükümlüdür (Madde 10).

Patlamadan korunma dokümanı

MADDE 10 – (1) İşveren, 6 ncı maddede belirtilen yükümlülüğünü yerine getirirken, ikinci fıkrada belirtilen hususların yer aldığı Patlamadan Korunma Dokümanını hazırlar.

(2) Patlamadan Korunma Dokümanında;

a) Patlama riskinin belirlendiği ve değerlendirildiği hususu,

b) Bu Yönetmelikte belirlenen yükümlülüklerin yerine getirilmesi için alınacak önlemler,

c) İşyerinde Ek-1'e göre sınıflandırılmış yerler,

ç) Ek-2 ve Ek-3'te verilen asgari gereklerin uygulanacağı yerler,

d) Çalışma yerleri ve uyarı cihazları da dahil olmak üzere iş ekipmanının tasarımı, işletilmesi, kontrolü ve bakımının güvenlik kurallarına uygun olarak sağlandığı,

e) İşyerinde kullanılan tüm ekipmanın 25/4/2013 tarihli ve 28628 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İş

*Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları
Yönetmeliğine uygunluğu,*

yazılı olarak yer alır.

(3) Patlamadan korunma dokümanı, işin başlamasından önce hazırlanır ve işyerinde, iş ekipmanında veya iş organizasyonunda önemli değişiklik, genişleme veya tadilat yapıldığı hallerde yeniden gözden geçirilerek güncellenir.

(4) İşveren, yürürlükteki mevzuata göre hazırladığı patlama riskini de içeren risk değerlendirmesini, dokümanları ve benzeri diğer raporları birlikte ele alabilir.

Ek – 1 Patlayıcı Ortam Oluşabilecek Yerlerin Sınıflandırılması

Yönetmeliğe göre;

Çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için özel önlem alınmasını gerektirecek miktarda patlayıcı ortam oluşabilecek yerler **TEHLİKELİ** kabul edilir.⁴

Çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için özel önlem alınmasını gerektirecek miktarda patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunmayan yerler **TEHLİKESİZ** kabul edilir.⁴

Gaz, Buhar ve Sis kaynaklı Patlayıcı – Yanıcı Maddelerin Oluşturacağı Patlayıcı Ortamlar kalıcılığına göre şu 3 sınıfa ayrılır:⁴

Bölge 0 (Zone 0) = Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın **sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık** oluştuğu yerler.

Bölge 1 (Zone 1) = Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın **normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali** olan yerler.

Bölge 2 (Zone 2) = Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma koşullarında **patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı** olduğu yerler.

Yanıcı ve parlayıcı tozların oluşturacağı patlatıcı ortamlar ise aşağıdaki 3 kategoride sınıflandırılır;⁵

Bölge 20 (Zone 20) = Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların, sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.

Bölge 21 (Zone 21) = Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların ara sıra patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.

Bölge 22 (Zone 22) = Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların patlayıcı ortam oluşturma ihtimali bulunmayan ancak böyle bir ihtimal olsa bile bunun yalnızca çok kısa bir süre için geçerli olduğu yerler.⁴

Ayrıca tabaka, tortu ve yığın halinde bulunan yanıcı – parlayıcı tozların bulunduğu alanlarda patlayıcı ortam oluşturabilecek alan olarak dikkate alınmalıdır.

EK 2 – Asgari Önlemler ve Ekipman Özellikleri

- İşveren, patlayıcı ortam oluşabilen yerlerde çalışanlara, patlamadan korunma konusunda yeterli ve uygun eğitimi sağlar.
- Patlamadan Korunma Dokümanında gerekli görülmesi halinde; Tehlikeli yerlerdeki çalışma, işveren tarafından düzenlenen yazılı talimatlara uygun yapılır. İş başı emriyle işe başlanır.
- Eğer patlayıcı ortam birkaç çeşit parlayıcı ve/veya yanıcı gazlar, buharlar, sisler veya tozlardan oluşuyorsa, alınacak koruyucu önlem en yüksek riske uygun olur.
- Özellikle, çalışanların ve çalışma ortamının statik elektrik taşıyıcısı veya üreticisi olabileceği durumlarda, bu Yönetmeliğin 5 inci maddesinde belirtilen tutuşturma tehlikesinin önlenmesinde, statik elektrik boşalmaları da dikkate alınır. Patlayıcı ortamı tutuşturabilen statik elektrik oluşumunu önlemek için çalışanlara uygun malzemedan yapılmış kişisel koruyucu donanımlar verilir.
- Tesis, ekipman, koruyucu sistemler ve bunlarla bağlantılı cihazların patlayıcı ortamda güvenle kullanılabileceğinin, Patlamadan Korunma Dokümanında belirtilmesi halinde bunlar hizmete sokulabilir. Bu kural 30/12/2006 tarihli ve 26392 sayılı Resmî Gazete'nin 4 üncü mükerrerinde yayımlanan Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmeliğe (94/9/AT) göre ekipman veya koruyucu sistem sayılmayan ancak tesiste yerleştirildikleri yerlerde kendileri bir tutuşturma tehlikesi oluşturan iş ekipmanları ve bağlantı elemanları için de geçerlidir. Bağlantı elemanlarında herhangi bir karışıklığa meydan vermemek için gerekli önlem alınır.

- Patlama riskini en aza indirmek ve olası bir patlamada, patlamayı kontrol altına almak, işyerine ve iş ekipmanlarına yayılmasını en aza indirebilmek için; işyerleri, iş ekipmanları ve bunlarla bağlantılı tüm cihazların tasarımı, inşası, montajı ve yerleştirilmesi, bakım, onarım ve işletilmesinde gerekli tüm önlemler alınır. Her bakım ve onarım sonrasında tesisin, ekipmanların veya koruyucu sistemlerin Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmeliğe (94/9/AT) uygunluğunun devam edip etmediği, bağlantılarının ve montajlarının durumu kontrol edilir. İşyerlerinde patlamanın fiziksel tesirlerinden çalışanların etkilenme riskini en aza indirmek için uygun önlemler alınır.

Ek 3 – ATEX Ekipman Kategorileri

Gazlar, buharlar, sisler ve tozlar için aşağıda belirtilen bölgelerde, karşılarında verilen kategorideki ekipman kullanılır.

Bölge 0 veya Bölge 20: Kategori 1 ekipman,

Bölge 1 veya Bölge 21: Kategori 1 veya 2 ekipman,

Bölge 2 veya Bölge 22: Kategori 1, 2 veya 3 ekipman.

Patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunan yerlerde 26/12/2003 tarihinden sonra üretilen veya işyerinde kullanılan iş ekipmanları Ek-2'de belirtilen asgari gerekleri ve bu ekte belirtilen kriterleri karşılamak zorundadır.

Ek 4 Patlayıcı ortam oluşabilecek yerler için uyarı işareti; üçgen şeklinde, siyah kenarlı, sarı zemin üzerine siyah yazılı ve sarı zeminin işaret alanının en az %50' si olacak şekilde aşağıda belirtilen şekil ve renklerde olur.⁴



Şekil 1 Patlayıcı Ortam Uyarı İşareti

PATLAYICI ORTAM :

Yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışımların bulunduğu ortama patlayıcı ortam denir.²

Ortamda patlama olması için patlayıcı madde, oksijen (hava) ve ateşleme kaynağı olmalıdır. Bunlardan herhangi biri olmazsa ortamda patlama olayı gerçekleşmemektedir.⁶

Yanmanın, çok daha hızlı ve şiddetli olduğu, beraberinde süpersonik şok dalgaları ve basıncın da ortaya çıktığı, tüm patlayıcı kütlede aniden gerçekleşen haline Patlama denir. Patlama olayı yanma olayının hızlıca gerçekleşmesi olarak ifade edilebilir.

Patlamalar şok dalgası hızına bağlı olarak ikiye ayrılır:⁶

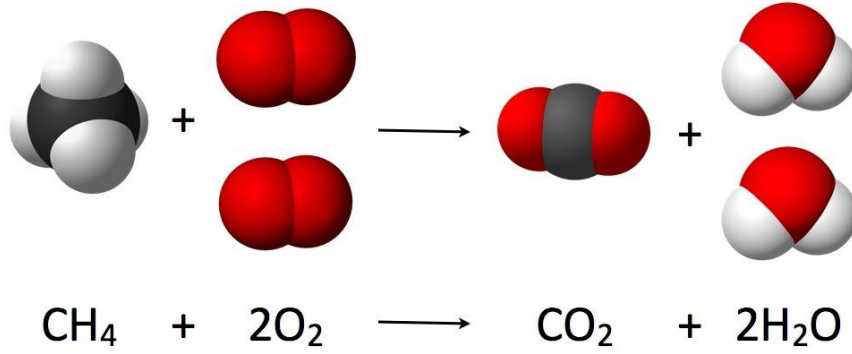
- A) **Detonasyon:** İnfilak. Bloklanmış = Kapalı bir alanda kalmış ya da sınırlandırılmış bir patlayıcı kütlede, oldukça yüksek bir max. basınç ile patlaması. Basınç süpersonik şok dalgaları ile hareket etmekte olup, dalga geçtiği alanlar (-) basınç etkisine maruz kalır.⁷

B) **Deflagrasyon:** Sınırlandırılmamış patlayıcı gaz kütlesinin subsonik (ses hızının altında) basınç dalgaları ile iletildiği göreceli olarak daha hafif şiddetli patlama olayıdır.⁷

YANMA REAKSİYONU :

YANMA: Bir yakıt ile bir oksitleyicinin (genellikle oksijen – hava) yüksek sıcaklık veren ekzotermik reaksiyonudur.⁴

Bir yangın sırasında yanma Alev oluşturur. Açığa çıkan ısı miktarı yeterli derecede yüksek ise yanma reaksiyonu kendi kendine devam edebilir.



Şekil 2 Metan Yanma Reaksiyonu

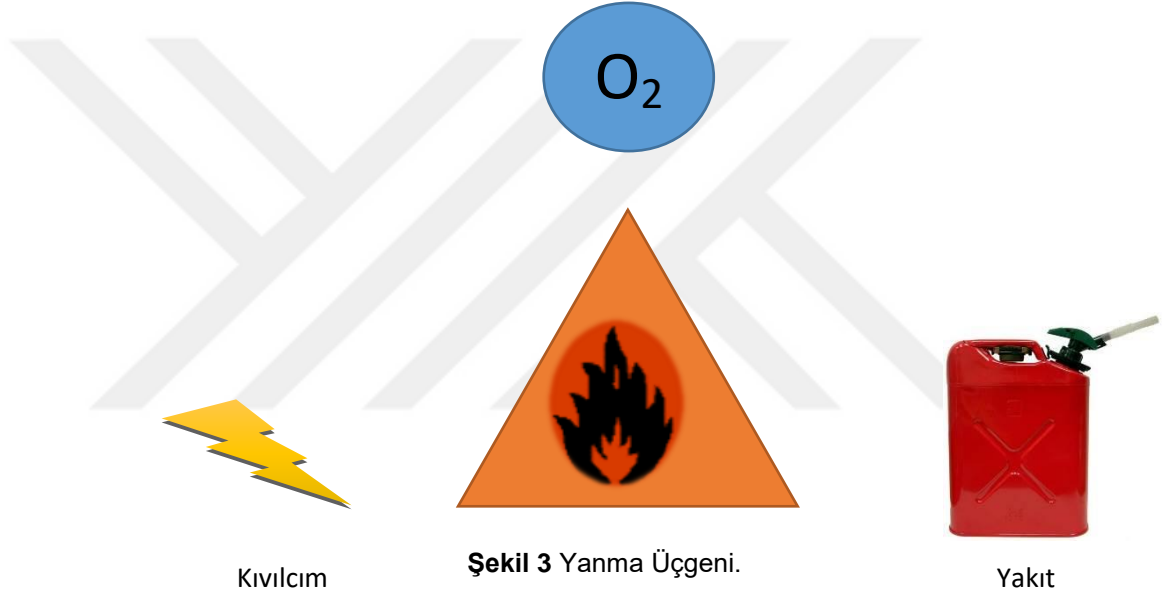
Yanma reaksiyonu sonucunda ortama genellikle bileşiminde Oksijen bulunan gazlar ve buharlar yayılır. Yanma devam ederken havadaki oksijen konsantrasyonunun yakıtı oranı stokiyometrik oranı sağlıyorsa tam yanma gerçekleşir. Oksijenin yeterli olmadığı veya yanma devam ettikçe konsantrasyonunun azaldığı durumlarda tam yanma gerçekleşmez. Böyle bir durumda yanma sonucu yanıcı ve aynı zamanda sistemik boğucu bir gaz olan CO = karbon monoksit yanma sonucu açığa çıkar.

Yanmanın gerçekleşebilmesi için temel olarak 3 şart gereklidir, bunlar özetle;

- 1) Yanıcı madde
- 2) Oksitleyici made – Oksijen (Hava)

3) Enerji – Isı – Sıcaklık (kıvılcım, ark, alev, vb.)

Bu unsurların bir sistemde bütün olarak var olması ile yanma gerçekleşir. Bu olay basitçe yanma üçgeni denilen grafik ile ifade edilir.



Yanma ve dolayısıyla patlamanın önüne geçmek için üçgenin bileşenlerinden en az birini ortadan kaldırmak gereklidir.⁶

Oksijen: Dünyanın atmosferinde oksijen konsantrasyonu %20.95'tir. Pek çok yanıcı maddede, yanma reaksiyonun gerçekleşebilmesi için gerekli havadaki minimum oksijen konsantrasyonu %14-16 civarındadır. Azot ve diğer yanıcı olmayan nötr gazlar ile nötrleme işlemi ile oksijen konsantrasyonunu düşürmek yangın ve patlamaya karşı alınabilecek tedbirlerdendir. Artan nötr gaz oranı ile beraber bağıl olarak oksijen oranının düşmesi yanmanın önüne geçer.

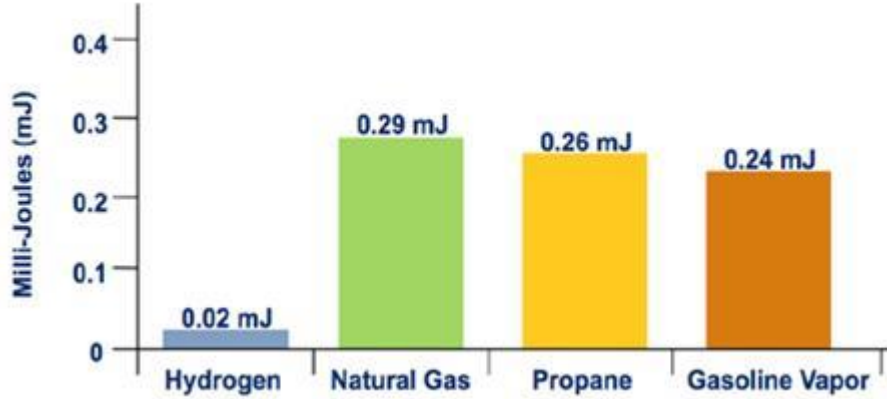
Yakıt: Oksijen ile reaksiyona girme potansiyeli olan kimyasal maddelerin hepsi yakıt özelliği gösterebilir ve yangın başlatabilir. Yüksek buharlaşma oranına sahip yanıcı sıvılar veya gazlar havada uygun konsantrasyonlarda patlayıcı ortam oluşturabilirler. Yakıt ayağında yanmanın önüne geçmek için alınabilecek önlemler: Daha az tehlikeli – yanıcı olmayan ya da parlama noktası daha yüksek başka bir kimyasal madde ile ikame etme (değiştirme) ya da kimyasal maddenin mevcut kullanım miktarını düşürmek olarak sıralanabilir.

Enerji: Kıvılcım, alev gibi enerji taşıyan unsurlar, havadaki yanıcı – patlayıcı gaz kütlesi ile oksijenin varlığına da bağlı olarak üçgenin son ayağını tamamlayarak yanmayı gerçekleştirir. ATEX direktiflerinin ve Patlamadan Korunma Dokümanı çalışmalarının ana çıktılarından biri olan elektriksiz ekipmanların uygun güvenlik özelliklerine sahip olması = kıvılcım çıkarmaz özelliklere sahip olması bu açıdan yanma üçgenini bozan – yanmayı engelleyen bir etkidir Bunun yanında olası bir patlamanın önünce geçmek için elektriksiz ekipmanlar dışında, diğer kıvılcım kaynaklarını da engellemek gereklidir.⁶

Minimum Tutuşma Enerjisi

Bir elektrostatik boşalma (kıvılcım, ark, vb.) yoluyla bir kimyasal maddenin havada oluşturduğu patlayıcı gaz bulutunu tutuşturmak için gerekli olan minimum enerjiye Minimum Tutuşma Enerjisi = Minimum Ignition Energy (MIE) denir. Genellikle joule (J) alt birimleri ile ifade edilir.⁷

Hidrojen ve Asetilen gibi gazların MIE değerleri oldukça düşük olup, göreceli olarak çok daha az miktarda enerji ile tutuşmaları mümkündür.

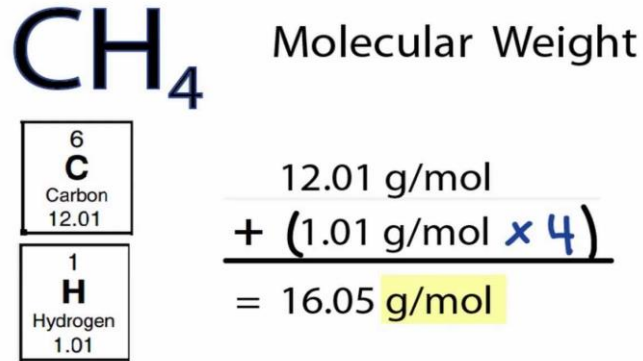


Şekil 4 Bazı kimyasal maddelerin MIE değerleri.

KİMYASAL MADDELERİN ÖZELLİKLERİ:

Molekül Ağırlığı

Bir kimyasal bileşiğin moleküler kütlesi veya moleküler ağırlığı, bu bileşiğin bir molekülünün birleşik atom kütle birimi u (bir karbon-12 atomunun 1/12'sine eşit) cinsinden kütesidir (gr/mol).⁸



Şekil 5 Metan molekül ağırlığı.

Yoğunluk

Density – ρ (kg/m³)

Yoğunluk veya özkütle; fizikte ve kimyada, belirli sıcaklık ve basınç altında birim hacimdeki madde miktarıdır. ρ veya d harfi ile

sembolize edilir. Yoğunluk, maddenin karakteristik özelliği olmasına rağmen yalnız yoğunluğu bilinen bir maddenin hangi madde olduğu anlaşılamayabilir. Bir maddenin hangi madde olduğunun anlaşılabilmesi için birden fazla ayırt edici özelliğinin incelenmesi gerekir. Sabit basınç ve sıcaklık altında; kütlesi artan bir maddenin hacmi de artar dolayısıyla, hacimle kütle doğru orantılı olduğu için yoğunluk değişmez.⁷

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Patlayıcı ortamların oluşumu ve hareketini etkileyen başlıca faktörlerden biri gazların havadaki yoğunluğudur. Genel olarak havaya göre bağıl yoğunluğu dikkate alındığında havadan hafif gazların boşalma sonrası yükseldiği ve rüzgar yönüne bağlı olarak hareket ettiği ya da kapalı mekanlarda tavan ve tavan kenarlarında biriktiği gözlenir. Buna karşın havadan ağır gazlar ise yer seviyesinde, ya da yer seviyesinden fazla yükselmeyen yatayda yayılan bir hareket tarzı sergilerler. Ağır gazların bu davranışı aynı zamanda oda, bölüm dip köşeleri, kuytu alanlar ya da ızgara – mazgal boşluklarından aşağı (havalandırma ya da atık kanallarına) hareket etmelerine de sebep olmaktadır.



Şekil 6.1 Havadan hafif gaz davranışı

Bir binaya enerji sağlamak için kapalı odalarda özel olarak yalıtılan ve gazlı otomatik yangın söndürücülerle teçhiz edilmiş akü odalarında bulunan akü gruplarından özellikle kapalı alan oluşturan içerisinde kimyasal reaksiyon gerçekleşen sulu tip akülerin çalışmasında bozunum reaksiyonları esnasında ortama hidrojen gazı salınmakta olup havadan hafif olduğu için odanın üst kısmına doğru yükselmektedir. Bu esnada akü kutup başlarında oluşabilecek bir ark ise ortamda hava ile karışım oluşturan hidrojen gazının hızlı yanmasıyla diğer bir deyişle patlamasıyla ki bu patlama **Deflagrasyon** tipi patlama olup ortamda yangınla sonuçlanan bir kazanın oluşmasına sebep olacaktır.⁶

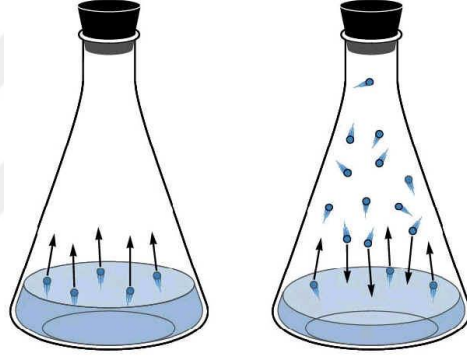


Şekil 6.2 Havadan ağır gazlar kuytu ve erişimi zor alanlarda toplanabilirler.

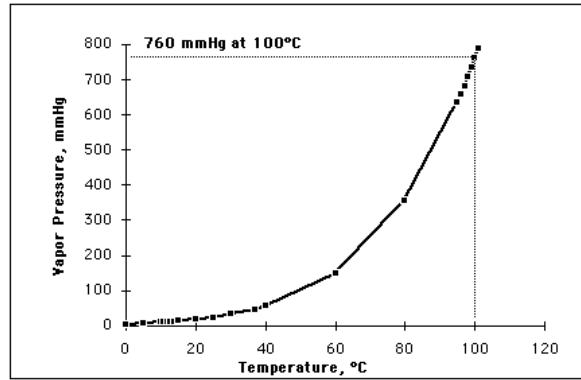
Buhar Basıncı

Vapor Pressure – Pv (Pa – bar – mmHg)

Bir maddenin gaz fazı ile sıvı fazının denge halinde olduğu basınç. Bu basınç sadece sıcaklığa bağlıdır. Buhar basıncı, sıvı maddenin buharlaşma oranına etki eder. Belli bir sıcaklıkta buhar basıncı daha yüksek olan sıvı, daha düşük olana göre daha fazla buharlaşacaktır. Buharlaşma, kaynama ile karıştırılmamalıdır. Kaynama, bir sıvının tüm hacmi beraberce gaz fazına geçmeye başlaması olayı olup Kaynama Noktasında gerçekleşmeye başlar. Buna karşın buharlaşma normal şartlar altında da hava sıcaklığı, termal radyasyon, rüzgar hızı, nem oranı gibi parametrelere de bağlı olarak yalnızca sıvı yüzeyindeki atomların gaz fazına değişmesi şeklinde cereyan eder.⁹



Şekil 7 Sıvı yüzeyinden buharlaşma



Şekil 8 Suyun buhar basıncı diyagramı.

Parlama Noktası

Flash Point – FP (C°)

Belirli deney şartları altında, sıvının saldığı buharın alev alabilir buhar/hava karışımı oluşturabilmesi için gereken en düşük sıcaklık değeri. Bir alana patlayıcı ortam risk değerlendirilmesi açısından öncelikle Parlama Noktası düşük olan (özellikle normal çalışma koşulları sıcaklıkları ve atmosferik sıcaklıktan düşük parlama noktalı kimyasallar) kimyasal maddelerin oluşturacağı riskler değerlendirilmelidir. Bunun dışında Alt Patlama Limiti ve Buhar Basıncı da bir yanıcı gaz bulutunun patlayıcılığı açısından önemli verilerdir.¹⁰

Patlayıcı konsantrasyona ulaşmış bir buhar veya gaz bulutunun kıvılcımlanıp patlayabileceği minimum sıcaklık Parlama Noktası'dır.¹¹



Şekil 19 Parlama Noktası ölçüm testi.

Patlama Aralığı

Alt Patlama Limiti

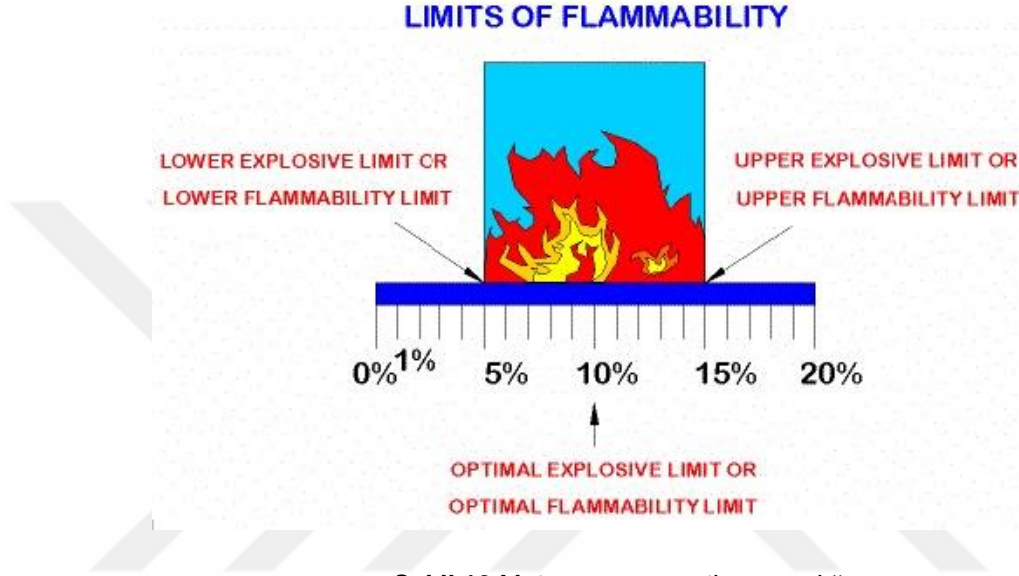
Lower Explosion Limit - LEL (% - ppm)

Havada yanıcı bir maddenin gaz bulutunun patlayabilmesi için bulunması gereken minimum konsantrasyon.¹¹

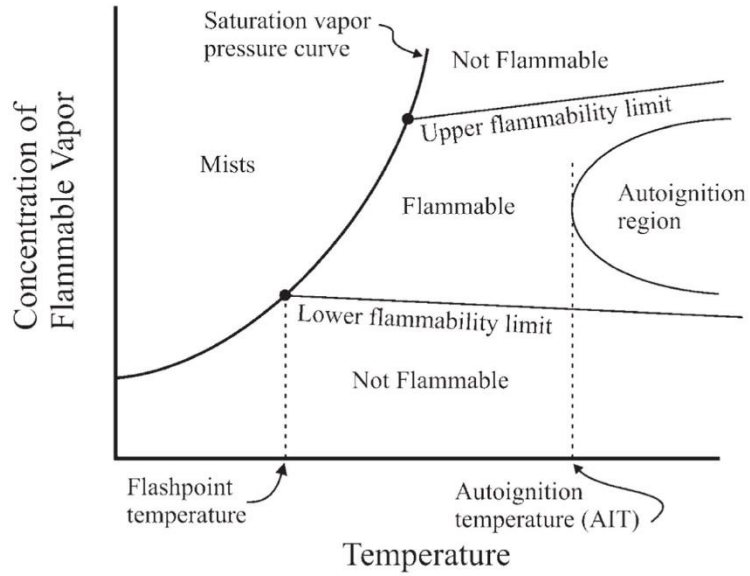
Üst Patlama Limiti

Upper Explosion Limit - UEL (% - ppm)

Havada yanıcı bir maddenin gaz bulutunun patlayabilmesi için bulunması gereken maksimum konsantrasyon.¹¹



Şekil 10 Metan gazının patlama aralığı.



Şekil 11 Yanıcı bir kimyasalın Sıcaklık - Konsantrasyon diyagramı.¹¹

Patlayıcı Ortam Ölçümleri

Bir maddenin yanabilmesi için hava ile belirli oranda karışması gerekir. Bu oran her bir yanıcı madde için farklıdır ve bir alt ve üst sınır değeri içinde yani bir değer aralığı biçiminde ifade edilir. Bir yanıcı maddenin hava içinde patlayabileceği en alt sınıra APS (Alt Patlama Sınırı); (LEL-Lower Explosion Limit) ve hacim içinde patlama özelliğini sürdürebileceği en üst sınıra ise ÜPS (Üst Patlama Sınırı); (UEL- Upper Explosion Limit) adı verilir. Literatürde bu tanımlar yanıcılık içinde kullanılır ve Alt Yanma Sınırı (LFL) ile Üst Yanma Sınırı (UFL) olarak tanımlanır. Değer ve kavram olarak bir farklılık içermediği için LEL ve UEL daha yaygın kullanım alanı bulmaktadır. ³

Tablo 1 Bazı kimyasalların alt ve üst patlama limitleri⁹

Madde	Alt Patlama Sınırı (LEL) %	Üst Patlama Sınırı (UEL) %
Amonyak	16	25
Aseton	2,6	12,8
Asetilen	3	82
Benzin	1,3	7,1
Hekzan	1,1	7,5
Hidrojen Sülfür	4	44

Karbon monoksit	12,5	74
LPG	2	9
Metan	5	15
Metil Alkol	7,3	36

Tablo 1'de ortam havası içinde bulunan yanıcı madde buharlarının yanabilecekleri (patlayabilecekleri) aralıkları gösteriyor. Bu değerler elbette sabit değil değişkendirler, yanıcılık sınırları üzerinde etkili olan en önemli etken ise ortamdaki sıcaklıklardır.¹²

Yangın ve patlama güvenliğinin sağlanabilmesi için ortamdaki yanıcı madde buharlarının APS (LEL) değerlerinin altında olması gerektiği açık bir şekilde görülebilir. Kapalı ortamlardaki yanıcı madde varlığını ölçmek için kullanılan gaz ölçüm detektörleri de bu APS (LEL) değerini belirli kesirlere bölerek ölçüm yapmakta (örneğin 0 – 100 APS) ve ortamdaki yanıcı maddenin yanıcılık sınırına ne kadar yakın olduğu hakkında bilgi vermektedir. Bu cihazlar ortamdaki muhtemel maddelere göre kalibre edilmektedir (örneğin metan, yaygın kullanılan alkol veya solventler gibi). Sınırlandırılmış alan çalışmalarında ideal durum, ölçüm yapılan cihazlarda APS (LEL) değerinin sıfır "0" olarak okunmasıdır. Bu durumda içeride sıcak ve/veya ateşli çalışma izni verilebilir. Cihazın üzerinde herhangi bir APS (LEL) değeri okunduğunda giriş izni verilmeden önce mutlak surette havalandırma yapılmalı ve yanıcı maddelerin ortamdaki uzaklaştırılması

sağlanmalıdır. Ortamda yanıcı madde varken çalışma yapılması zorunlu ise **Tablo 2.**' de verilen değer ve öneriler dikkate alınmalıdır. ¹³

Tablo 2 APS (LEL) Değerleri ve Giriş Kriterleri¹³

Seviye	Faaliyet
%(0-5)	Giriş izni verilir. Kıvılcım çıkaran işler yapılabilir.
%(≥ 5- 10)	Ölçmeye devam edin, kıvılcım çıkaran tüm faaliyetleri durdurun. Kıvılcım çıkarmayan çalışmalar yapılabilir.
%10-%25 LEL	Olağanüstü dikkat gerektiren durum. Giriş izni verilmez.
≥ %25	Patlama tehlikesine yaklaşıldığını gösterir. Çalışma alanı havalandırılır ve gerekiyorsa terk edilir.

Birçok madde için tutuşma sınır değerleri çeşitli kaynaklarda hazır tablolar halinde bulunmaktadır. Ancak bir gaz karışımı söz konusu olduğunda bu gaz karışımını oluşturan bileşenlerin konsantrasyon ve tutuşma sınırları biliniyorsa bu karışımın alt ve üst sınır değerleri Le Chatelier denkleminde göre hesaplanır.¹³

$$Z_k = 100 / (X_1/Z_1 + X_2/Z_2 + \dots + X_i/Z_i)$$

Burada X_i saf karışım içindeki bileşenin hacim yüzdesi, Z_i ise alt veya üst tutuşma sınırıdır. Tutuşma sınırlarını veren diğer bir ampirik ifade buhar fazındaki parafinler, parafin karışımları ve doğal gaz için:⁷

$$Z_1 = 8 / n + 0,5 \text{ (ALT SINIR)}$$

$$Z_2 = 63 / N + 3,5 \text{ (ÜST SINIR)}$$

şekindedir. “n” genel formülü C_nH_{2n+2} ’ den ortalama karbon atomu sayısıdır. Çeşitli bileşenler içeren doğalgaz için “n” yakıt gazı toplam hacimdir.¹¹

PATLAYICI MADDELER (GAZ, SIVI VE TOZ) Patlamaya sebep olan maddeler gaz, sıvı ve toz olarak üçe ayrılır. Her bir maddenin kendine has patlama noktası ve karakteristiği bulunmaktadır.⁶

Gazlar Hava ile temas ettiklerinde tehlikeli hale gelip herhangi bir ateş kaynağı ile patlamaya sebep olabilmektedir. Gazların oluşturduğu karışımların patlama veya parlama oluşturmayacak minimum konsantrasyon sınırına Alt Patlama Sınırı (LEL), maksimum sınırına ise Üst Patlama Sınırı (UEL) denir. LEL değerleri alınacak önlemlerde dikkat edilmesi gereken kriterlerdendir. Söz konusu değerler gazların tehlike derecesi hakkında bilgi vermektedir. LEL değeri en düşük olan gazın patlama riski daha fazladır. **Tablo 3'** de sanayide sıkça kullanılan gazların üst ve alt patlama sınırları bulunmaktadır.

Tablo 3 Sanayide kullanılan bazı gazların patlama karakteristikleri¹³

Bazı Gazların Hava ile Karışımı					
Gaz	Formül	LEL	UEL	Patlama Isısı	Minimum Patlama Enerjisi
Metan	CH ₄	4.4-5	15-16,5	595	280
Propan	C ₃ H ₈	1.7-2.1	10-10,9	470	250
Bütan	C ₄ H ₁₀	1.4-1.8	9,3-10.6	365	
Hex n	C ₆ H ₁₄	1,0	8,1	26	
Nonan	C ₉ H ₂₀	0.7	5,6	205	
tilen	C ₂ H ₄	2.3-2.9	32,4-33.5	42	
Benzol	C ₆ H ₆	1.	8	555	200
Hidrojen	H ₂	4	77	560	11
Asetilen	C ₂ H ₂	1.5	78	305	19

ATEŞLEME KAYNAKLARI

Patlamanın üçüncü bileşeni hava ve patlayıcı maddeden sonra ateşleme kaynaklarıdır. Patlayıcı özellikte bulunan maddelerin hava ile karıştıktan sonra patlamaları için ortamda ateş kaynağı bulunmalıdır. Söz konusu ateş kaynağı genellikle elektrik kaynaklıdır. Aydınlatma armatürleri, elektrik prizleri ve anahtarları, elektrikle çalışan makinelerin faaliyetleri sırasında çıkan kıvılcımlar (taşlama makinesi vb.) gibi ateşleme kaynakları patlamaya sebep olabilirler. Patlamaları önlemek için bu ekipmanlar iyi tanınmalı ve uygun yerlere uygun ekipmanlar kullanılmalıdır. Aşağıdaki kısımda bazı elektrik kaynaklı ateşleme kaynakları incelenmiştir.¹⁴

Elektrik Ark ve Kıvılcımı

Şalterler açılıp kapandığında, elektrostatik olarak yüklü elemanlar deşarj olduklarında, kablolar hasar gördüklerinde, herhangi bir kısa devre anında meydana gelen dengeleme akımı gibi sebeplerdir.¹³

Sıcak Yüzeyler

Elektrikli aletlerin çalışmalarından dolayı yüzeyleri ısınıp, patlama riski olan ortamlarda tehlike arz eder.¹³

Statik Elektrik

Statik elektriklenmeden kaynaklı ani yük boşalmaları büyük kazalara ve yangınlara sebep olabilir. Sürtünme ve hava akımı gibi olaylar sonucu yalıtkan maddelerin yüzeylerinde serbest elektronların toplanması sonucu oluşan bir olaydır. Herhangi bir şekilde yalıtkan yüzeylere biriken elektronlar iletilebildiği veya toplanmaları önlendiği takdirde statik elektrik sonucu ark olayı yaşanmaz. Bu olaylarda birinci etken havanın nemidir. Nemli hava elektronları ileticeğinden yalıtkan yüzeylerdeki elektron birikmesi oluşmaz.

Patlama riski olan tesis ve ortamlarda statik elektriklenmeyi önlemenin yolu anti statik malzeme kullanmaktan, çalışanlara anti statik özellikte KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) dağıtmaktan ve işletmenin belirli yerlerine anti statik topraklama levhası yerleştirilmesinden ve iyi bir topraklama tesisatından geçmektedir. Anti statik malzemelerin ana özelliği yüzey dirençlerinin düşük olmasıdır. Bu sayede yüzeyde bulunan elektronlar iletilerek birikmeden dağılmış olur.¹³

Yıldırım Düşmesi ve Elektrikli Hava Şartları

Yıldırım çok yüksek enerji içerdiğinden düştüğü yerde yalnızca patlayıcı ortamı ateşlemekle kalmaz, tesiste mekanik tahribata ve yangına neden olabilir. Ayrıca elektrikli hava şartları elektrostatik yüklenmelere yol açar. Örneğin üstü çinko kaplı bir saman deposu veya hububat silosu bu nedenle yanabilir. İyi bir topraklama yapılarak metal yüzeylerin yeryüzü ile aynı potansiyelde olması sağlanmalıdır.¹³

Parazit Akım, Katodik Koruma

Elektrikli raylar ve diğer topraklı elektrik besleme akımı taşıyan benzeri tesislerde, örneğin katodik koruma uygulanan ekipmanlarda parazit akımları oluşur. Bu akımlar topraklama noktaları arası gerilim farkı yaratabilir ve bu gerilim farkı da ark çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle patlayıcı madde taşıyan borularda paslanmaya karşı katodik koruma uygulanırken, topraklama noktaları arası gerilim farkı oluşmasını engellemek için eşpotansiyel topraklamaya dikkat edilir.¹⁵

94/9/AT sayılı Yönetmelik:

Bulunduğu ortamda patlamaya sebebiyet verme riski taşıyan ekipmanlar, koruyucu istemler ve cihazla ilgili olarak; işaretlenmeleri de dahil olmak üzere alınacak önlemlerin bir bütünüdür.

Bu yönetmeliğin amacı, yönetmelik kapsamına giren muhtemel patlayıcı ortamda kullanılan teçhizatın ve koruyucu sistemlerin güvenli olarak piyasaya arzı için gerekli emniyet kuralları ile uygunluk değerlendirme prosedürlerine ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

Kapsamı ise; yanıcı gazların, buharların, dumanların ya da tozların mevcudiyetiyle ortaya çıkan muhtemel patlayıcı ortamda kullanılabilecek ekipman ve koruyucu sistemlerdir.⁵

Örnek olarak; elektrikli motorları, kompresörler, dizel motorları, aydınlatma tesisatları, kontrol ve iletişim cihazları, dinleme, izleme ve arama cihazları ekipman olarak gösterilebilir.

Koruyucu sistemler ise; yayılmanın başlatabileceği bir patlamayı veya zarara sebebiyet vermeyi önleyen aygıtlardır. Bunlar; yangın söndürücüleri, basınçtan koruma panelleri, söndürme sistemleri, hızlı hareket eden kapama valfleri gibi donanımlardır.⁷

Kapsam dışı alanlar:

Tıbbi cihazlar, Patlama tehlikesinin sadece patlayıcı maddelerin veya kararsız kimyasal maddelerin bulunmasından kaynaklandığı teçhizat ve koruyucu sistemler, muhtemel patlayıcı ortamların yalnızca kazayla gaz sızıntısı sonucu nadiren oluşabileceği ev ortamında ve ticari olmayan ortamlarda kullanılan teçhizatlar, Kişisel Koruyucu Donanım ile İlgili Yönetmelik (89/686/AT) kapsamındaki kişisel koruyucu teçhizatlar, üzerindeki teçhizatlarla birlikte açık denizde seyreden gemiler ve kıyıda uzakdaki seygar su üniteleri, ulaşım vasıtaları, silah, mühimmat ve savaş malzemeleridir.

Türkiye'de mevcut muhtemel patlayıcı ortamlar:¹⁶

- LPG ve Diğer Petrol Ürünleri Üretim, Dolum ve Dağıtım Tesisleri,
- Maden Ocakları,
- Un Değirmenleri,
- Trafo İmalathaneleri,
- Elektrikli Cihaz ve Teçhizat İmalathaneleri,
- Fırın veya Elektrostatik Boya Yapılan İşyerleri,
- Ham Deri İmalathaneleri,
- Akü İmalathanelerinin Bazı Bölümleri,
- Zeytinyağı ve Diğer Yağ İmalathaneleri,
- Boya ve Tiner İmalathaneleri,
- Kimyevi Tahlil Laboratuvarları,
- Yer altı Menhol kablo alanları,

Patlama sebepleri:

- Elektrik kıvılcımları
- Arklar
- Ani parlamalar
- Elektrostatik boşalmalar
- Elektromanyetik dalgalar
- İyonlaştırıcı radyasyon
- Sıcak yüzeyler
- Alevler ve sıcak gazlar
- Mekanik olarak ortaya çıkan kıvılcımlar
- Optik radyasyon
- Kimyasal alev

Ürün Grup ve Kategorileri

I Grup

M1 / M2

M1 Kategorisi: Yüksek seviyede koruma sağlayabilecek şekilde tasarlanmış ve gerektiğinde buna yönelik olarak ilave özel koruma araçları ile teçhiz edilmiş teçhizatı kapsar. Örnek madenler.

(Sürekli çalışmaya devam etmesi gereken teçhizatlar)

M2 Kategorisi: Yalnızca yüksek seviyede koruma sağlayabilecek şekilde tasarlanmış teçhizatı kapsar. (Sürekli çalışmayan teçhizatı tanımlar, patlama anında sistemin enerjisi kesilir.) Örnek yer altı ve yer üstü çalışma alanları.

II Grup

1. Kategori
2. Kategori
3. Kategori

1. Kategori: Bölge/Zone 0 – Patlayıcı bir ortamın sürekli veya çok uzun periyotlarda bulunduğu, en yüksek riskli alandır.

2. Kategori: Bölge/Zone 1 – Patlayıcı ortamın kısa periyotlarda görüldüğü alanlardır, ama süre oluşması durumunda bu teçhizatın enerjisinin kesilmesi amaçlanmaktadır. Bu kategorideki ürünler biraz daha fiziki zor şartlarda kullanılabilecek şekilde üretilirler.

3. Kategori: Bölge/Zone 2 – Yanabilir bir materyalin patlayıcı yoğunluğunun beklenmediği, sadece çok kısa sürede örneğin yıllık 10 saati geçmeyen ortamlar olarak tarif edilirler.¹⁵

94/9 AT ATEX DİREKTİFİ			
GRUP / KATEGORİ			
GRUP I			
MADENLER	KATAGORİ M1	KATAGORİ M2	
	Patlayıcı bir ortamın mevcudiyetinde teçhizat çalışmayı sürdürür. M1	Patlayıcı bir ortam algılandığı zaman teçhizatın enerjisi kesilir. M2	
GRUP II			
YER ÜSTÜ ENDÜSTRİLERİ	KATAGORİ 1	KATAGORİ 2	KATAGORİ 3
GAZ-Ex	II.1G – Bölge/Zon 0	II.2G- Bölge/Zon1	II.3G- Bölge/Zon 2
TOZ-Ex	II.1T- Bölge/Zon20	II.2T- Bölge/Zon21	II.3T- Bölge/Zon22

Bir gazın APL ile ÜPL aralığının tam orta değeri, gazın parlaması – patlaması için en az enerjiye ihtiyaç duyacağı dolayısıyla kolaylıkla patlayabileceği noktadır. ¹⁷

Bu noktada gazın havadaki oranı = hava – yakıt karışımı en ideal orandadır.

Patlama etkisi nedeniyle oluşan fazla basınç hasar seviyesi yükseldikçe vereceği zarar artacaktır.

Patlama basıncı (psi) 3.5 da; ciddi yaralanmalar sık beklenir.

Patlama basıncı (psi) 14.5-29.0 da; %1-%99 akciğer iç kanaması sonucu ölüm.

Patlama basıncı (psi) 3.0 da; insanların basınç etkisiyle yere savrulması.

Patlama basıncı (psi) 2.4-12.2 de; %1-%90 kulak zarı yırtılması oranı.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. ORTAM GAZ ÖLÇÜMLERİ METODOLOJİSİ

Ölçümler Çoklu Gaz Dedektörü El Tipi Ekranlı Cihazla gerçekleştirilmiştir.¹⁶

Özellikler:

Monitörler H₂S, CO, O₂, yanıcı maddeler LEL%(metan) değerlerini gösterir. Motorlu pompalı tek tuşla çalıştırma özelliği olan ölçüm cihazıdır. Derinde gaz ölçümü yapabilmek için plastik serum borusu mevcuttur. Hızlı, pratik ve güvenilir sonuçlarda ölçüm imkanı vermektedir.

- Sıcaklık: - 20 ila +50 ° C
- Toz ve nem girişi IP66/67⁵
- Alarm ayar noktaları : Bölgeye göre değişiklik göstermektedir ve kullanıcı tarafından tanımlanmaktadır.
- Algılama aralığı: min ve max konsantrasyon

H₂S : 0-200 ppm (1 ppm artışlarla)

CO : 0-1000 ppm (1 ppm artışlarla)

O₂ : 0-30.0 % vol (0,1 % vol artışlarla)

LEL (yanıcı) : 0-100%LEL (%1 LEL artışlarla yada 0-5.0% v/v metan

Görsel alarm : kırmızı ışık yayan diyotlar

Alarm koşulları: TWA alarmı, STEL alarmı, düşük alarm, yüksek alarm, çoklu gaz alarmı, aşırı limit (OL) alarm, düşük pil alarmı, güven bip sesi, otomatik devre dışı bırakma alarmı, pompa alarmı şeklindedir.

Yapılan ölçümlerde over limit (aşırı limit alarmı) yakalanmıştır.

- GasAlertMax XT II kullanımında işçiler kendilerini güvende hissetmekte ve olaylar en aza indirgenmektedir; böylece herkes

güvenli bir ortamda fazlasını yapabilecektir. Bu, iş sürekliliği ve üretkenlikten tasarruf anlamına gelir.

- SmartSample pompasıyla basit kullanıma sahiptir. GasAlertMax XT II, dört tehlikeye karşı güvenilir bir şekilde monitörize etmektedir ve basit tek tuşla çalışma imkanı olan, dar alanlar için ideal, akıllı, uzaktan örnekleme için sağlam, motorlu pompa ile birleştirilmiştir. GasAlertMax XT II, MicroDock II otomatik test ve kalibrasyon sistemi ile tamamen uyumludur. BW Teknolojileri Honeywell CANADA menşeiye sahip cihazdır.



Resim 1 El Tipi Ekranlı Cihaz, Çoklu Gaz Dedektörü¹⁶
ATEX Directive 2014/34/EU

Uygunluk:

EN 60079-0:2012+A11 Patlayıcı Ortamlar: Genel gereksinimler

EN 60079-1:2014 Patlayıcı Atmosferler: Alev korumalı muhafazalar ile ekipman koruması "d" EN 60079-11:2012 Patlayıcı Atmosferler: Dahili güvenlik gereçleri "i"

Kullanımı:

Özünde doğal gaz uyarısı verir. 4 gaza kadar eş zamanlı ve sürekli izleme için güvenli, taşınabilir çok gazlı dedektör hizmeti sunmaktadır. Oksijen (eksikliği zenginleştirilmiş) , yanıcı gazlar , karbon monoksit ve hidrojen sülfür ölçümü yapar. Ortam Sıcaklık Aralığı : - 20 °C ila

+50 °C aralığında çalışır⁷.

X= Oksijen sensörünü göstermektedir (O veya X)

W= Yanıcı Gazlar sensörünü göstermektedir (O veya W)

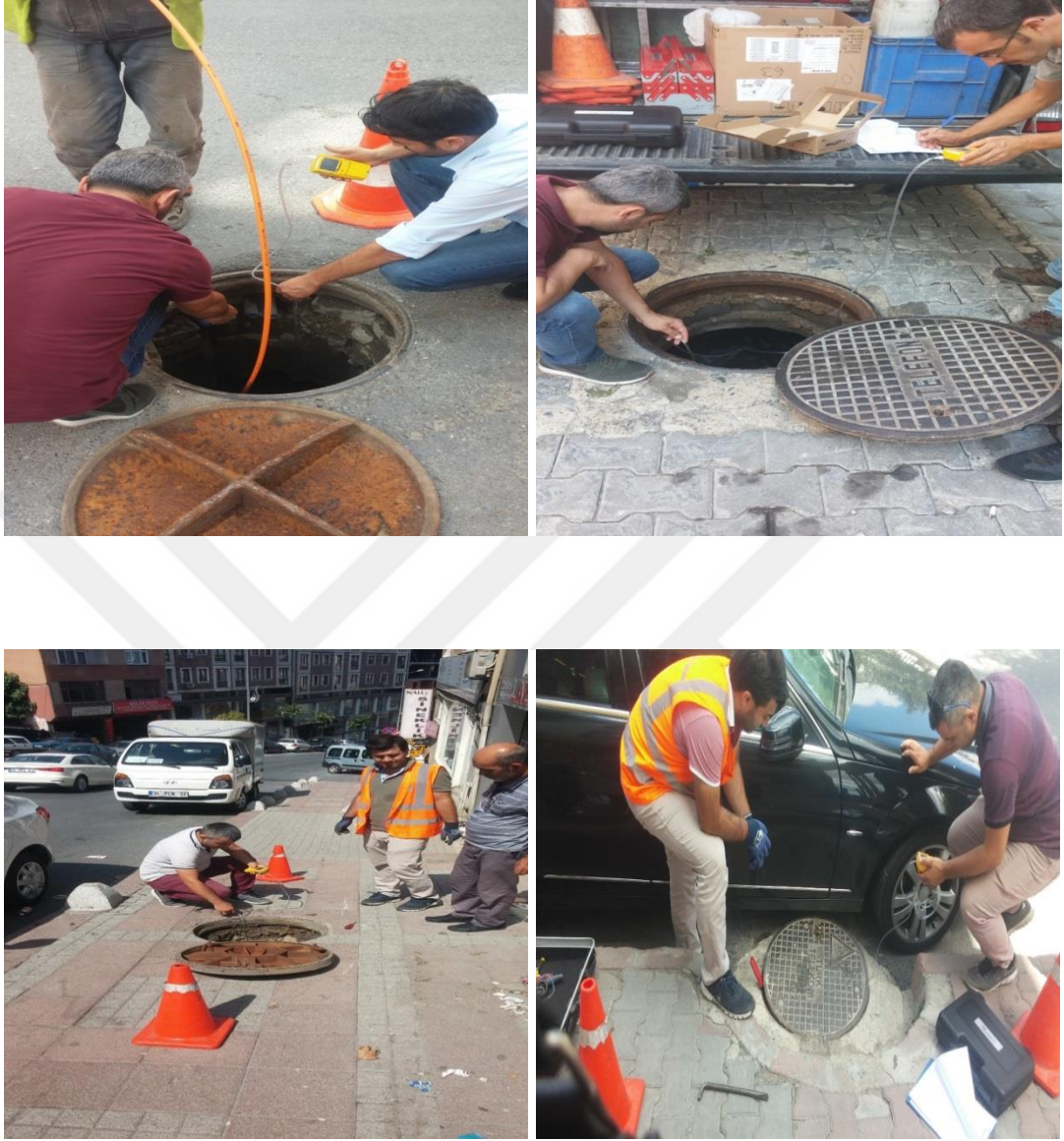
H=Hidrojen Sülfür sensörünü göstermektedir (O,H veya H1-H5)

M=Karbon Monoksit sensörünü göstermektedir (O,M veya M1-M5)

Ekipman şarj edilebilir pil batarya takımıyla güçlendirilmiştir. Ürünün kalibrasyonu üretici firma tarafından yapılmış olarak kullanım öncesi reset ve sıfırlama yapılarak ölçüm öncesi kalibrasyonların otomatik olarak yapılması ölçüm ekibi tarafından sağlandıktan sonra menholde farklı derinlik seviyelerinde gaz ölçümleri yapılarak kayıt edilmiştir⁷.



Resim 2 Ölçüm Kaydı ve Ölçüm Görseli



Resim 3 Patlayıcı Gazların Ölçümü

Hava akımı hızları ise anemometre ile ölçülerek kayıt edilmiştir. Dar teleskopik sonda -1 metreye kadar çekilebilmekte olup yer altında derinde hava akımı hızı ölçümleri yapma imkanı sağlamıştır.

Teknik Bilgiler:

Hava akım hızı (m/s):

Ölçüm aralığı: 0,1 - 25,0

Hassasiyet: ölçüm değerinin $\pm\%5'$ i + 1 ölçüm birimi

Çözünürlük: 0,01

3.2. IEC EN60079-10-1 METODOLOJİSİ

Yönetmelikte çalışanların sağlık ve güvenliklerini korumak için özel önlem alınması gereken yerler tehlikeli, özel önlem alınması gerekmeyen yerler tehlikesiz olarak tanımlanmıştır. Bu tehlikeli yerlerdeki gaz, buhar, sis kaynaklı parlayıcı-yanıcı maddelerin oluşturacağı patlayıcı ortamlar da kalıcılık sürelerine göre üç gruba ayrılmıştır: Tez konusu olarak gazların patlayıcı ortam davranışını inceleyeceğiz.⁶

Bölge 0 (Zone 0): Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak, uzun süreli veya sık sık olduğu yerlerdir.

Bölge 1 (Zone 1): Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan yerlerdir. Vanalar, pompa, salmastra bölgelerini ilgilendirmektedir.¹⁷

Bölge 2 (Zone 2): Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma koşullarında patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa süre için kalıcı olduğu yerlerdir. Arıza bakım durumlarında oluşabilme imkanı vardır.¹⁸

Yanıcı ve parlayıcı tozların oluşturduğu patlayıcı ortamlar da kalıcılık sürelerine göre üç gruba ayrılmıştır.⁵

Bölge 20 (Zone 20): Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık patlayıcı ortam oluşturabileceği yerlerdir.

Bölge 21 (Zone21): Normal çalışma şartlarında havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların ara sıra patlayıcı ortam oluşturma ihtimalinin bulunduğu yerlerdir.¹⁹

Bölge 22 (Zone22): Normal çalışma şartlarında havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların patlayıcı ortam oluşturma ihtimali bulunmayan ancak böyle bir ihtimal olsa bile bunun yalnızca çok kısa bir süre için geçerli olduğu yerlerdir.¹⁴

Ayrıca tabaka, tortu ve yığın halinde bulunan yanıcı-parlayıcı tozların bulunduğu alanlar da patlayıcı ortam oluşturabilecek alan olarak dikkate alınmalıdır.

Gazlar, buharlar, sisler ve tozlar için aşağıda belirtilen bölgelerde, karşılarında verilen kategorideki ekipman/ekipmanlar kullanılmalıdır.⁵

Bölge 0 veya Bölge 20: **Kategori 1** ekipman,

Bölge 1 veya Bölge 21: **Kategori 1 veya 2** ekipman,

Bölge 2 veya Bölge 22: **Kategori 1, 2 veya 3** ekipman.

Patlayıcı ortamların sınıflandırılması ve risklerin değerlendirilmesi alanında dünyada “Kuzey Amerikan” görüşü ve “Batı Avrupa Görüşü” olmak üzere iki farklı görüş hakimdir.

“Kuzey Amerikan” görüşünde patlayıcı ortam, DIVISION olarak tabir edilen sınıflama yöntemi ile yapılır. Division sistemi yöntemi ANSI/NFPA 70 ve National Electrical Code Article 500 standartlarında anlatılmaktadır.⁴

Division sisteminde 2 farklı bölge tanımlanmıştır. Bunlar;

Bölge(Division) 1: Normal çalışma (koşullarında) esnasında patlayıcı ortam oluşan ve oluşma ihtimali yüksek olan ve uzun süren yerler.

Bölge(Division) 2: Normal çalışma esnasında patlayıcı ortam oluşma ihtimali az olan yerler. Ancak anormal hallerde (tamir bakım, arıza, kaza gibi) patlayıcı ortam oluşan ve oluşma ihtimali olan ve kısa süren yerlerdir.

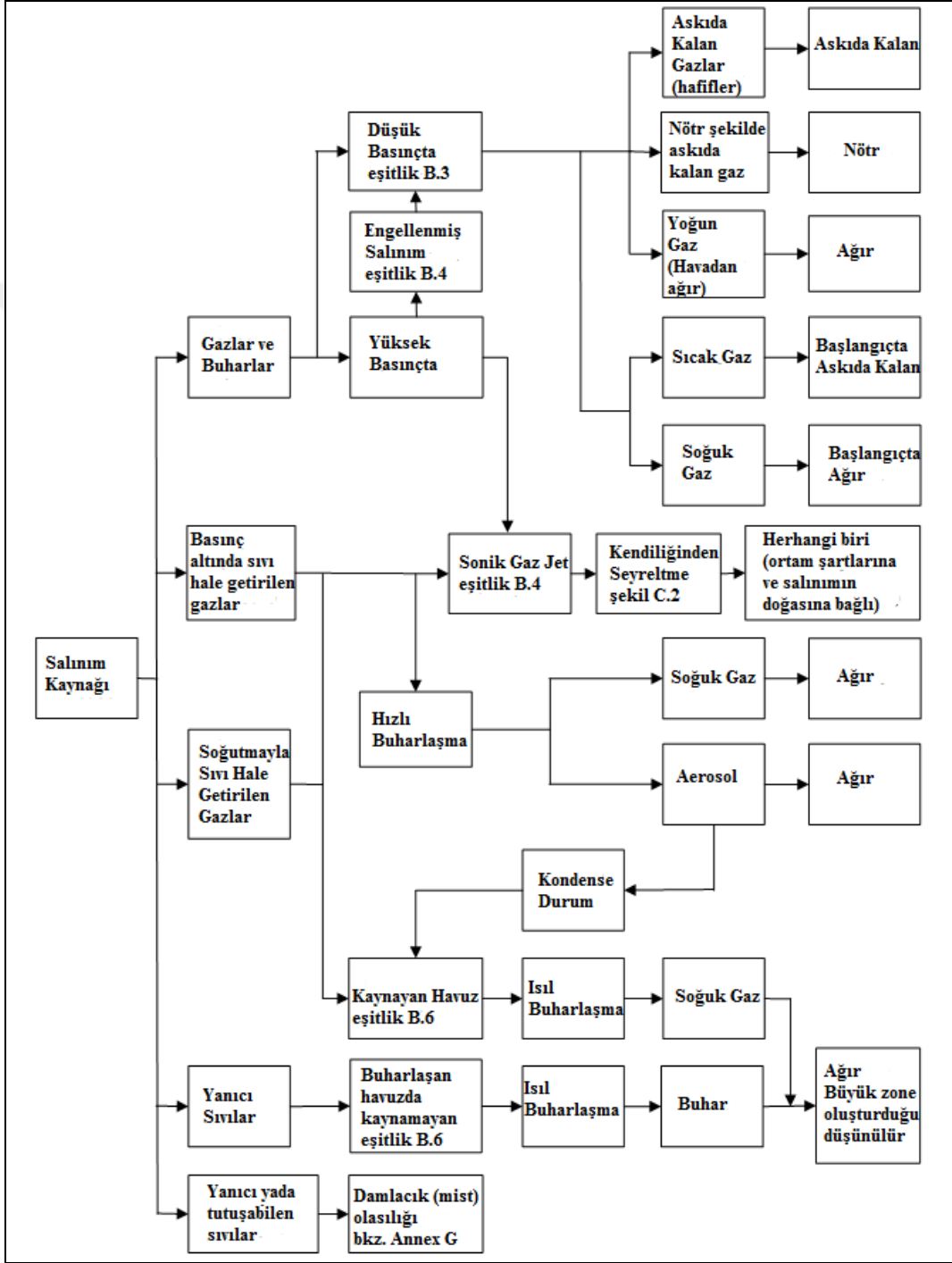
Batı Avrupa görüşü AB ATEX yönergeleri kapsamında ülkemizde de uyarlanmış olup güncel olarak mevzuatımızda geçerlidir. Başta Avrupa olmak üzere dünyanın diğer bölgelerinde bu sınıflandırma "Bölge" (Zone) sistemine göre International Electrotechnical Commission (IEC) ve European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) adlı kurumlar tarafından gerçekleştirilmiştir.¹⁹

Patlama korumalı bölgelerin tanımlanması ve burada kullanılabilecek elektrikli malzemelerin bu ortamlara uygunluğu için çalışmalar uluslararası IEC Komitesi tarafından yapılmaktadır. EN 60079 ve takip eden seri numaralı ve elektriksel patlamaya karşı koruma ile ilgilenen Avrupa standartları TC31 teknik komitesi tarafından geliştirilmiş ve Avrupa birliği ülkelerinde ulusal standartlar olarak kabul edilmişlerdir. IEC yayınları, ulusal ve bölgesel standartları yönlendirmeyi amaçlayan tavsiyelerle ilgili yasal düzenlemelere sahiptir. BÖLGE'ler IEC 60079-10-1 ile 2 standartlarında tarif edilmektedir.¹⁹

Buna göre zone (bölge) sınıflamaları (Zone 0, 1, 2, 20, 21, 22) mevzuatımızda "Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik"de yer almıştır.

Standart metodolojisi patlayıcı alandaki boşalma kaynakları, boşalma kaynaklarından yayılan gaz ya da sıvıdan buharlaşan gazların ortama yayılma hızları, bu kimyasalların yanıcılık dereceleri, ortamdaki havalandırma koşulları ve hava çevrim miktarı, buna göre ortamdaki gazın yayılma boyutları ve kalıcılık süreleri birimlerine göre sınıflandırma yapılması ve mesafe tayin edilmesi şeklinde bir yol içerir.⁹

Standartta bir işletmede gerçekleşebilecek ve patlayıcı ortam risklerinin değerlendirilmesi gereken boşalma kaynaklarından salınım olayları belirtilmiştir (**Şekil 12**).²⁰



Şekil 22 Boşalma Kaynaklarından Salınım Senaryoları

Tablodan Yer altı telekomünikasyon hatlarında salınım kaynağı olarak Düşük Basınçta askıda kalan gazlar seçilmiştir.

Gaz, Buhar ve Sis Ortamlarında Patlayıcı Zone Hesaplamaları Boşalma Kaynakları

Bir prosesin **yanıcı madde içeren veya içinden yanıcı madde geçen** her bir bileşeni – ekipmanı boşalma kaynağı olarak değerlendirilebilir. Buna karşın ekipmanın normal çalışma koşullarında ya da bir arıza durumunda içindeki yanıcı madde içeriğini ortama yayabilmesi gerekir. Örneğin kaynaklı bir boru hattında kaçak olması beklenmez.²¹

Boşalma kaynakları, boşalma derecesine göre Sürekli / Ana / Tali olarak 3'e ayrılır. Hesaplamamızda Boşalma kaynağını Ana yada Tali boşalma kaynağı olarak seçeceğiz.

Sürekli Boşalma Kaynakları: Atmosfere sürekli bir yayılmanın gerçekleşebileceği ekipman veya yüzeyler. Örn: Buharlaştan sıvı yüzeyleri (sıvının sürekli bulunduğu durumlarda), tank – hazne içi ortamlar, yanıcı sıvı havuzları, rutine bağlı boyama – boya tabancası işlemleri ve diğer sürekli yanıcı sıvı – gaz yayılımı olabilecek bileşenler.²²

Ana Boşalma Kaynakları: Normal çalışma koşullarında ortama yanıcı madde yayması beklenen ekipman ve bileşenler. Genellikle keçeli – salmastralı pompa ve kompresörler; sık sık ya da ara sıra da olsa açılıp kapanan vanalar; tank ve tüplerin basınç tahliye vanaları (PRV vanaları) diğer hareketli parçalar bu kapsamda değerlendirilebilir. Buna karşın uzman prosesin özel durumlarına göre normal çalışma koşullarında da kaçak yapabilecek diğer ekipmanlar olabileceğini değerlendirmek zorundadır. Yer altı kanalı alanından gelen kaçak gazlar bu kapsamda değerlendirilebilir.¹⁹

Tali Boşalma Kaynakları: Normal çalışma koşullarında ortama yanıcı madde yayması beklenmeyen ekipman ve bileşenler. Genellikle hareketli olmayan birleştirme noktaları; flanşlar; dirsek bağlantıları; yüzük tipi

bağlantılar; hortum bağlantıları; sabit kullanılan vana bağlantıları ve diğer kaçak yapabilecek bağlantı noktaları bu kapsamda değerlendirilebilir.²³

Kesit Alanı “S”

Kesit alanı bir ekipmandan kaçak olacak noktadaki kaçak kesit alanıdır. Bir alanda birden fazla boşalma kaynağı mevcut ise, kaynağın sürekli, ana ya da tali olmasına göre dikkate alınacak kaynakların adedi değişmektedir.²⁴

Sürekli boşalma kaynaklarının **hepsi** hesaplamalarda dikkate alınır.

Standardın 2009 versiyonunda Ana boşalma kaynakları söz konusu ise aşağıdaki tabloya (**Tablo 4**) göre en büyük boşalma derecesi veren **n** adet kaynak dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.¹⁹

Tablo 4 Hesaplama da kullanılacak ana boşalma kaynağı adetleri (v 2009).

“Ana” Kaynağı	Boşalma	Hesaplamalarda kullanılacak en büyük S kesit alanlı boşalma kaynağı adeti (n)
1		1
2		2
3 – 5		3
6 – 9		4
10 – 13		5
14 – 18		6
19 – 23		7
24 – 27		8
28 – 33		9
34 – 39		10
40 – 45		11
46 – 51		12

Standardın 2015 versiyonuna göre; Ana ve Tali boşalma kaynaklarında ise, **sadece en büyük** boşalma derecesi veren kaynak

(sadece 1 adet) dikkate alınır.²⁵

Ekipmanlarda "S" kesit alanları **Tablo 5**'de gösterilmiştir;²⁶

Tablo 5 Standartta tanımlanan ekipman "S" kesit alanları.

Tür	Ekipman	S (mm ²) – Kaçak deliğinin genişlemeyec eği durumlar	S (mm ²) – Kaçak deliğinin genişleyeceği durumlar (örn: korozyon)	S (mm ²) – Kaçak deliğinin şiddetli şekilde genişleyeceği durumlar (örn: conta patlaması)
Sabit parçalarda mühürleme, birleştirme, kaynatma	Sıkıştırılmış fiber contalı Flanşlar	0,025 – 0,25	0,25 – 2,5	2 saplama arası sektör alanı = sektör yay uzunluğu x sıkıştırılmış conta kalınlığı (genellikle >= 1 mm)
	Spiral sarılmış contalı Flanşlar	0,025	0,25	2 saplama arası sektör alanı = sektör yay uzunluğu x sıkıştırılmış conta kalınlığı (genellikle >= 0,5 mm)
	Yüzük tipi birleştirme bağlantıları	0,1	0,25	0,5
	50 mm.'ye kadar küçük borulu bağlantılar (yüüklü, vidalı, kelepçeli vb. bağlantılar)	0,025 – 0,1	0,1 – 0,25	1
Düşük hızlı hareketli parçalarda mühürleme, birleştirme, kaynatma	Vana mili salmastrası	0,25	2,5	Ekipman üretici verilerine bakın (min. 2,5)
	Basınç tahliye vanaları	0,1 x Orifis alanı		
Yüksek hızlı hareketli parçalarda mühürleme, birleştirme kaynatma	Pompa ve kompresörler		1 – 5	Ekipman üretici verilerine bakın (min. 5)

Alandaki beraber değerlendirilen ekipmanlarda kullanılan kimyasal madde, proses koşulları (sıcaklık, basınç, vb.) aynı ise genellikle en büyük boşalma

derecesi en büyük “S” kesit alanı olan ekipmanda olacaktır.⁹

Sıvının Boşalma Hızı (W)

$$W = Cd.S\sqrt{2\rho\Delta p}$$

W = Sıvının boşalma hızı (kg/sn)

S = Sıvının geçtiği kesit alanı (m²)

ρ = Sıvı yoğunluğu (kg/m³)

Δp = Sıvı basıncı (Pa)

Cd = Boşalma katsayısı. Düz şekilli boşalma kaynaklarında 0,99 ve düzensiz şekilli – köşeli deliklerde 0,75 değerini alır.

Not: 1 Bar = 100000 Pascal (Pa)

Tanklar gibi sıvı kolonu var olan boşalma kaynaklarında **Δp** ; Hidrostatik Basınç hesabıyla bulunur.

$$\Delta p = \rho.g.\Delta H$$

Δp = Sıvı basıncı (Pa)

ρ = Sıvı yoğunluğu (kg/m³)

g = Yerçekimi ivmesi = 9,81 m/sn²

ΔH = Sıvı kolunu üst seviyesi ile sıvı boşalma noktası arasındaki dikey yükseklik farkı (m)¹²

Gaz Boşalma Hızı (W_g) : Tezimizde gazların boşalma hızı hesaplanacaktır.

Gaz boşalması bloklanan (engellenen) akım ve bloklanmamış (engellenmemiş) akış şeklinde 2 türlü olabilir. Birim zamanda boşalan kütleyi ifade eder. Birimi kg/sn.'dir.

P = Boru hattı ya da gaz tank/tüp/ yer altı kanalı/konteynirindeki basınç (Pa) (Mutlak basınç olarak ifade edilir)

P_c = Kritik basınç (Mutlak Basınç olarak ifade edilir)

$P > P_c$ ise akış bloklanan akıştır.

$$P_c = P_o \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)}$$

P_c = Kritik basınç (Mutlak Basınç olarak ifade edilir)

P_o = Dış ortam basıncı (atmosfer basıncı)²⁷

γ = Adiyabatik politropik genleşme indeksi

$$\gamma = \frac{M \cdot C_p}{M \cdot C_p - R}$$

C_p = Sabit basınçtaki özgül ısı değeri (J/kg.K)

M = Molekül Ağırlığı (kg/kmol)

R = Evrensel Gaz Sabiti = 8314 (J/kmol.K)

Not: 0 °C = 273,15 Kelvin (K)

Hesaplamalarda $X =$ Akış hızı $> P_c$ ise türbülanslı jet akış oluşuyor demektir.

$V_{ses} < X$ ise laminar akış oluşuyor demektir.²⁷

Bloklanan Gaz Boşalma Hızı

$$Wg = Cd \cdot S \cdot P \cdot \sqrt{\gamma \cdot \frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \cdot \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}$$

S = Gazın geçtiği kesit alanı (m²)

P = Boru hattı ya da gaz tank/tüp/konteynirindeki basınç (Pa) (Mutlak basınç olarak ifade edilir)

P_o = Dış ortam basıncı (atmosfer basıncı) (Pa)

γ = Adiyabatik politropik genleşme indeksi

M = Molekül Ağırlığı (kg/kmol)

T = Konteynir içerisindeki mutlak sıcaklık (K – Kelvin)⁸

R = Evrensel Gaz Sabiti = 8314 (J/kmol.K)

Cd = Boşalma katsayısı. Düz şekilli boşalma kaynaklarında 0,99 ve düzensiz şekilli – köşeli deliklerde 0,75 değerini alır.

Z = Sıkıştırılabilirlik kat sayısı (düşük basınçta 1 alınır, yüksek basınçlı gazlarda değişir)²⁸

Bloklanmayan Gaz Boşalma Hızı

$$W_g = C_d \cdot S \cdot P \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \cdot \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_o}{P} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \left(\frac{P_o}{P} \right)^{1/\gamma}}$$

S = Gazın geçtiği kesit alanı (m²)

P = Boru hattı ya da gaz tank/tüp/yeraltı kanalı/konteynirindeki basınç (Pa)
(Mutlak basınç olarak ifade edilir)

γ = Adiyabatik politropik genişleme indeksi

M = Molekül Ağırlığı (kg/kmol)

T = Konteynir içerisindeki mutlak sıcaklık (K – Kelvin)⁸

R = Evrensel Gaz Sabiti = 8314 (J/kmol.K)

C_d = Boşalma katsayısı. Düz şekilli boşalma kaynaklarında 0,99 ve düzensiz şekilli – köşeli deliklerde 0,75 değerini alır.

Z = Sıkıştırılabilirlik kat sayısı (düşük basınçta 1 alınır, yüksek basınçlı gazlarda değişir)

W_g = Kütleli boşalma hızı kg/sn

Hesaplamalarda bazı kabuller yapacağız:

i) **W_g** = 0,1 kg/sn

ii) **W_g** = 0,01 kg/sn

iii) **W_g** = 0,001 kg/sn yada ; $x < 0,001 \text{ kg/sn}^{28}$

Buharlaştırılan Havuz Boşalma (Evaporasyon) Hızı (**W_e**)

$$W_e = \frac{6,55 \times 10^{-3} \cdot u_w \cdot A_p \cdot p_v \cdot M^{0,667}}{R \cdot T}$$

W_e = Buharlaştırma hızı (kg/sn)

U_w = Rüzgar (ortamdaki hava akımı) hızı (m/sn)

A_p = Havuz göllenme alanı (m²)

P_v = Buhar Basıncı (sıvı sıcaklık değerine karşılık gelen buhar basıncı)
(Pa)¹⁰

M = Molekül Ağırlığı (kg/kmol)

R = Evrensel Gaz Sabiti = 8314 (J/kmol.K)

T = Konteynir içerisindeki mutlak sıcaklık (sıvı havuzunun sıcaklığı) (K – Kelvin)⁸

KABULLER:

- Sıvının, ani olarak düz ve yatay yüzeye 1 cm. derinliğinde havuz oluşturacak şekilde döküldüğü ve ortam şartlarında buharlaştığı kabul edilir. Daha sığ yüzey döküntüleri için uygulanamaz.
- Faz değişimi olmadığı ve sorgucun ortam sıcaklığında olduğu kabul edilir.
- Bağıl yoğunluğu nötr gazlar ve Ağır gazlar hepsi -> Nötr gaz gibi davrandığı kabul edilir.
- Sürekli boşalma sonucu katastrofik bir döküntü senaryosuna uygulanamaz.

Standartta bazı örneklerde endüstri uygulamalarında kullanılan örn: %2 (solvent vb.) ani buharlaşma oranı ile hesaplama yapılmış ve buharlaşma formülü kullanılmamıştır.²⁸

Rüzgar ve Hava Akım Hızı (U_w)

Dış alanlarda aşağıdaki tablo (**Tablo 6**) kullanılır. Sıvı buharlaşması veya hafif – ağır gaz yayılımı ile ortamda engellerin varlığı ve boşalma kaynağının yerden yüksekliği parametrelerine göre değişkenlik gösterir.

Tablo 6 Açık Alan Hesaplamalarında Seçilecek Temsili Rüzgar Hızları

Dış Alan Türü	Engelsiz Alanlar			Engelli Alanlar		
	<= 2 m.	>2 m – 5 m.	>5 m.	<=2 m.	>2 m – 5 m.	>5 m.
Zeminden Yüksekliği	<= 2 m.	>2 m – 5 m.	>5 m.	<=2 m.	>2 m – 5 m.	>5 m.
Havadan hafif gaz salımları için havalandırma hızları	0,5 m/sn.	1 m/sn.	2 m/sn.	0,5 m/sn.	0,5 m/sn.	1 m/sn.
Havadan ağır gaz salımları için havalandırma hızları	0,3 m/sn.	0,6 m/sn.	1 m/sn.	0,15 m/sn.	0,3 m/sn.	1 m/sn.
Sıvı buharlaşma salımları için havalandırma hızları (zeminden yükseklikten bağımsızdır)	> 0,25 m/sn.			> 0,1 m/sn.		

İç alanlarda tipik 0,05 m/sn hava akış hızı ile hesaplama yapılmalıdır. Buna karşın, havalandırma miktarının kontrol edilebildiği veya hava giriş/çıkış ağızlarına yakın noktalarda başka uygun bir değer alınması mümkündür.⁶

Hesaplama ; Havadan hafif gaz salımları için havalandırma hızları ; $U_v = 0,5$ m/sn alınacaktır.

Salınım Karakteristiği

Boşalma kaynağından çıkan salınımın LEL değeri ve üstündeki konsantrasyon aralığındaki bulut hacmi debisidir (m^3/sn).

$$\text{Salınım karakteristiği} = \frac{W_g}{\rho_g * k * LEL}$$

W_g = Gaz boşalma hızı (kg/sn). Eğer buharlaşan sıvı var ise bu durumda W_e kullanılır.

k = Emniyet faktörüdür. Standart metodolojisinde k ; 0,5 ve 1,0 arasında değerler almaktadır. Genellikle kimyasal maddenin alt patlama limitinin tam belirlenemediği karışım kimyasallarında k faktörü emniyet amaçlı olarak

0,5'e kadar düşük alınır. Hesaplama k = 1 (Her zaman)

LEL (%vol) = Alt Patlama Limiti. Hacimce alt patlama – yanıcılık limitidir.

Gaz Yoğunluğu (ρ_g)

$$\rho_g = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T_a}$$

ρ_g = Gaz/Buhar yoğunluğu (kg/m³)

P_a = Atmosfer basıncı (Pa) = 101325 Pa

M = Molekül Ağırlığı (kg/kmol) ; Metanın molekül ağırlığı = 16 kg/kmol

R = Evrensel Gaz Sabiti = 8314 (J/kmol.K)

T_a = Ortamdaki mutlak sıcaklık (K – Kelvin)⁸

T_{a1} = 20 ° C için 20 + 273 = 293 K

T_{a2} = 30 ° C için 30 + 273 = 303 K olarak hesaplanır;¹⁴

Bir sıvı buharlaşması veya gaz yayılımı geometrik açıdan 3 farklı şekilde gerçekleşebilir:

Ağır Gaz/Buhar (Heavy Gas): Havadan ağır gazlar ve sıvı buharları yüzeye yatay olarak yayılırlar.

Yayılm (Diffusive) : Salınım geometrisi ya da yakın yüzeylere çarpma nedeniyle Düşük hızdaki jet yayılım ya da momentumunu kaybeden jet dağılımıdır.

Jet: Engellenmemiş yüksek hızlı salınım

Seyrelme Derecesinin Tahmini

İlk tahminler sürekli boşalmanın Zone 0, ana boşalmanın Zone 1 ve tali boşalmanın Zone 2 ile sonuçlanacağı yönündedir. Ancak, havalandırmanın etkisi sebebiyle bu her zaman böyle olmaz.

Bazı durumlarda, gazın seyrelme derecesi ve havalandırmanın kullanılabilirliği o kadar yüksektir ki pratik olarak tehlikeli bölge yoktur. Buna karşılık, seyrelme derecesi o kadar düşük olabilir ki sonuçta zone numarası bir alt zone numarası olur (örn: tali derece kaynaktan Zone 1 tehlikeli bölge).

Tehlikeli bölge hacmindeki gaz seyrelme derecesi yüksek, orta veya düşük olarak 3 farklı kategoriye ayrılır.

Yüksek seyrelme (VH)

Genellikle tehlikeli bölge hacmi $0,1 \text{ m}^3$ 'den küçük iken geçerlidir.¹¹

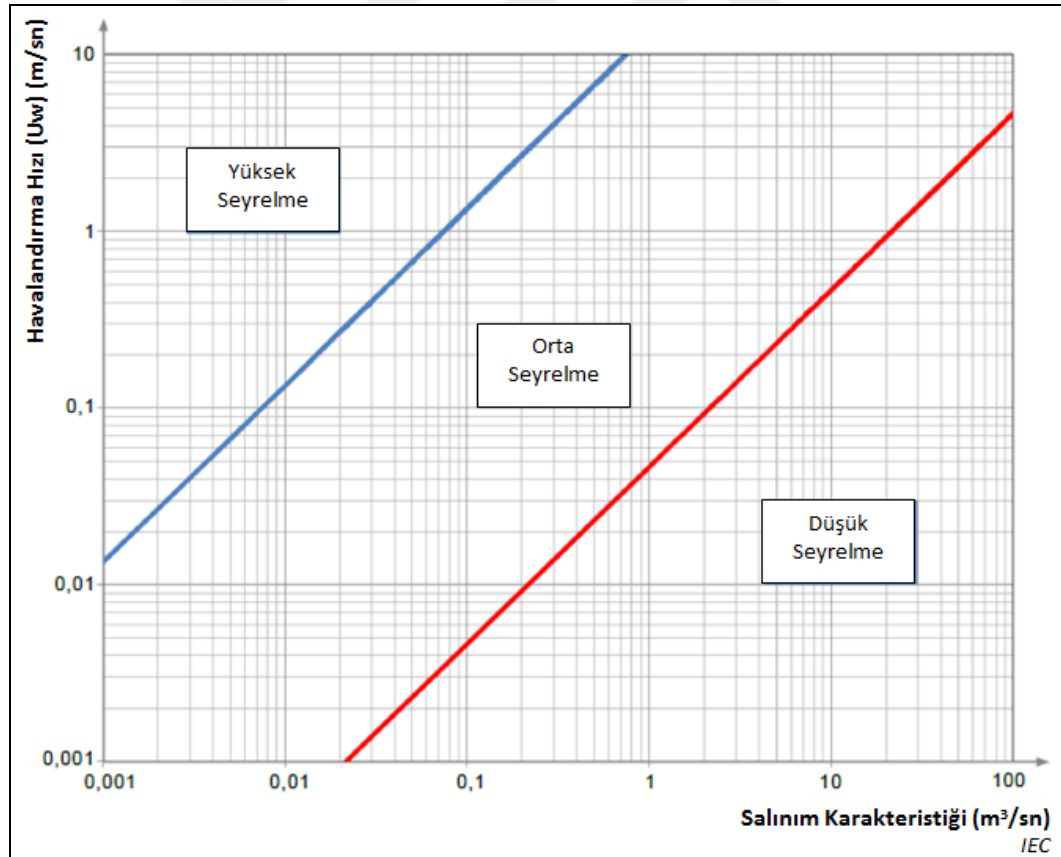
Düşük seyrelme (VL)

Tehlikeli bölge hacmi V_0 'ı aştığı durumlarda düşük olarak kıymetlendirilir. Düşük havalandırma genellikle açık havada meydana gelmez. Bunun istisnası çukur gibi hava akışının kısıtlı olduğu durumlardır. Düşük havalandırma olan durumlarda zone tüm hacmi kaplar ve zone haritasında tüm alan zone olarak gösterilir. İç alanlarda LEL'in %25'ini aşan bir konsantrasyonda ortam Düşük Seyrelmeli olarak kabul edilir.¹¹

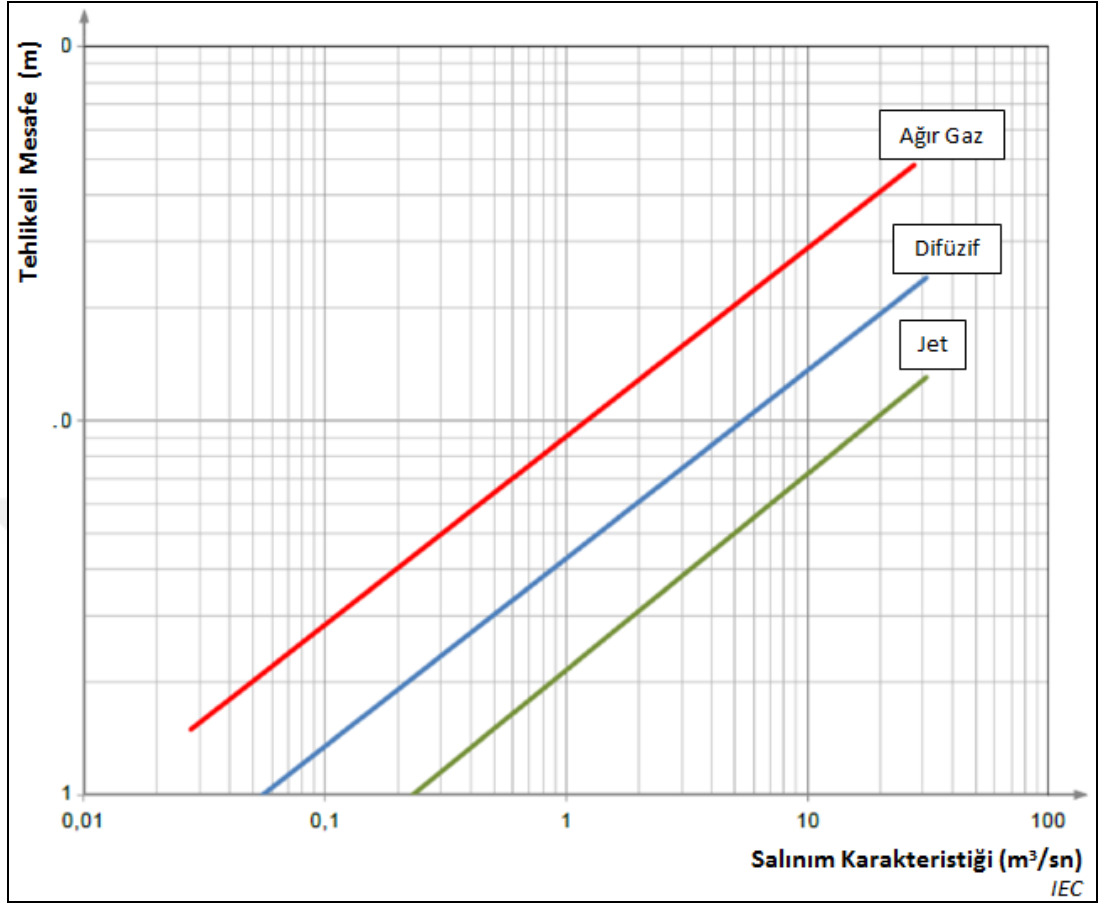
Orta seyrelme (VM)

Eğer seyrelme ne yüksek ne de düşükse orta olarak görülmelidir ($0,1 < V_z < V_0$). Tehlikeli bölge hacmi kapalı hacmin değerinden önemli ölçüde küçükse kapalı hacmin sadece bir bölümünün tehlikeli olarak sınıflandırılması kabul edilebilir. Bazı durumlarda, kapalı hacmin büyüklüğüne bağlı olarak, tehlikeli bölgenin hacmi toplam hacime yakın olabilir. Bu durumda kapalı hacmin tamamı tehlikeli olarak sınıflandırılmalıdır.

Seyrelme Derecesi; Salınım Karakteristiği ve ortamdaki Hava Akım Hızına göre aşağıdaki şekilden (Şekil 13) belirlenir. Tehlikeli Bölgenin Mesafesi; Salınım Karakteristiği ve Gaz Yayılım Türüne göre aşağıdaki şekilden (Şekil 14) belirlenir.¹¹



Şekil 13 Seyrelme Derecesi Belirleme Diyagramı. $Wg / (\rho_g \times k \times LFL)$ (m^3/s)



Şekil 14 Tehlikeli Bölge Mesafesi Belirleme Diyagramı.²⁰

Havalandırmanın Kullanılabilirliği

Havalandırmanın kullanılabilirliğinin patlayıcı gaz ortamının mevcut olması ve oluşması üzerinde etkisi vardır. Bundan dolayı, zone tipini belirlerken havalandırmanın kullanılabilirliğinin de (derecesi ile beraber) hesaba katılması gerekir.

Havalandırma için 3 kullanılabilirlik seviyesi düşünölmelidir;

- İyi: Havalandırma pratik olarak sürekli mevcuttur.
- Orta: Havalandırmanın normal çalışmada sürekli mevcut olması beklenir. Kesintilere seyrek oluşmaları ve kısa süreli olmaları kaydıyla izin verilir.
- Kötü: İyi veya orta standardını karşılamayan havalandırmadır, fakat kesintilerin uzun sürelerle oluşması beklenmez.

Kötü kullanılabilirlik şartlarını bile karşılamayan havalandırmanın bölgenin havalandırmasına katkıda bulunduğu düşünölmemelidir.¹¹

Tabii havalandırma

Açık hava alanları için havalandırma değeriendirilmesi normal olarak asgari 0,5 m/s rüzgâr hızına dayandırılmalıdır. Bu değerin hemen hemen sürekli olması gerekir. Bu durumda havalandırmanın kullanılabilirliğinin iyi olduğu düşünölmür.

Suni havalandırma

Suni havalandırmanın kullanılabilirliği kıymetlendirilirken teçhizatın güvenile- bilirliği ile yedek fanların varlığı gibi hususlar dikkate alınmalıdır. Kullanılabilirliğin iyi olması için arıza hâlinde yedek fanların otomatik olarak devreye girmesi gerekir. Ancak, havalandırmanın arızalanması hâlinde yanıcı maddenin boşalmasının önlenmesi yönünde tedbir alınmış ise (prosesin otomatik olarak kapatılması gibi), havalandırma çalışır durumdayken yapılan sınıflandırmanın değeriştirilmesi gerekmez, yani kullanılabilirlik iyi olarak alınır.

Tablo 7'te yukarıda açıklanan kriterler çerçevesinde zone belirleme tablosu verilmiştir. Zone 1 + Zone 2 veya Zone 0 + Zone 1 olarak belirlenen alanlarda: V_z tehlikeli zone'u ifade etmekte olup, alanın = V_0

hacminin geri kalanı merkezdeki tehlikeli zone'u çevreler şekilde bir alt zone olarak kategorilenir.¹¹

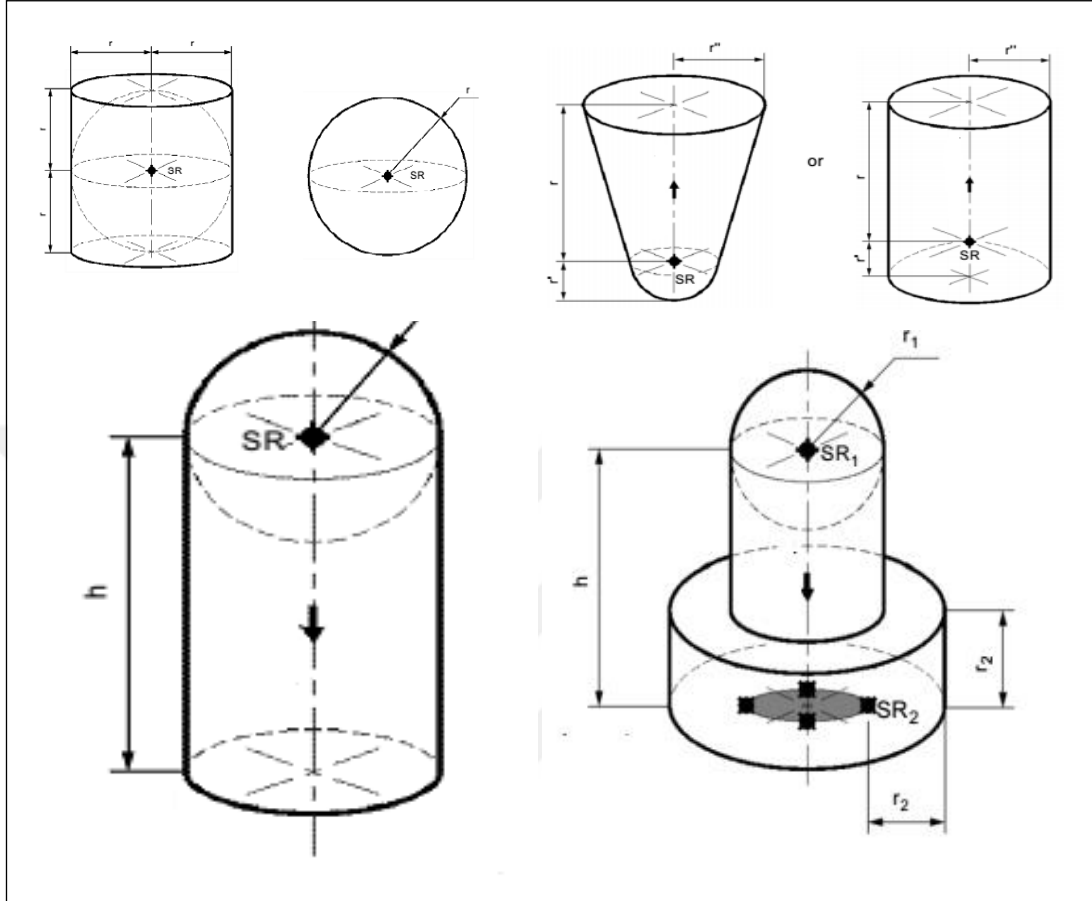
Tablo 7 Zone belirleme tablosu

Boşalma derecesi	HAVALANDIRMA						
	SEYRELME DERECESESİ						
	Yüksek			Orta		Düşük	
	HAVALANDIRMANIN KULLANILABİLİRLİĞİ						
	İyi	Orta	Kötü	İyi	Orta	Kötü	İyi, orta veya kötü
Sürekli	(Zone 0 NE) Tehlikesiz ^a	(Zone 0 NE) Zone 2 ^a	(Zone 0 NE) Zone 1 ^a	Zone 0	Zone 0 + Zone 1	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Ana	(Zone 1 NE) Tehlikesiz ^a	(Zone 1 NE) Zone 2 ^a	(Zone 1 NE) Zone 2 ^a	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 veya Zone 0 ^b
Tali	(Zone 2 NE) Tehlikesiz ^a	(Zone 2 NE) Tehlikesiz ^a	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1 veya Zone 0 ^b

a Zone 0 NE, Zone 1 NE ve Zone 2 NE normal şartlarda ihmal edilebilir yayılma sınırına sahip teorik Zonaları gösterir. Bu durumda tabloda altta yazan zone kategorisi kullanılır.

b Eğer pratike havalandırma çok zayıf ve yayılma sürekli gaz ortamı oluşacak şekilde ise (havalandırma yok durumuna yaklaşık ise) Zone 0 kullanılır. Genellikle havalandırmanın kullanılabilirliği göz önünde bulundurulur yorum yapılır.

Salınım oluşumları göz önüne alındığında yayılım tiplerine göre değişik geometrilere yayılım görülür (Şekil 4).



Şekil 15 Gaz bulutu yayılım şekilleri. **Sol üst:** Difüzyon ile yayılma (hafif gazlar); **Sağ üst:** Jet şeklinde yayılma (basıncı gazlar); **Sol alt:** Sıvılaştırılmış gaz (sıvı fazı kaçağı); **Sağ alt:** Döküntü yapan sıvı havuzu ve buharlaşma.

Şekilde verilen kısaltmalar aşağıda tanımlanmaktadır;

SR: Boşalma/salınım kaynağı

r: Tehlikeli bölge mesafesi göz önüne alındığında tehlikeli bölgenin esas uzunluğu

r', r'': Basıncı gazlarda boşalım açısına bağlı olarak tehlikeli bölgenin yayılacağı esas mesafeler olarak nitelendirilebilir. Genellikle basınç arttıkça açı düşer. Bununla beraber boşalma kaynağının geometrisi de açığa etki eder. Özellikle flanş gibi ekipmanlarda boşalmanın her yönden olabileceği düşünülmelidir.

r_2 : Sıvı döküntülerinde havuzlanma alanı. Çeşitli algoritmalar ile belirlenebilir.

h : Zemin seviyesi yada boşalma kaynağı arasındaki uzaklık¹¹



4. BULGULAR

4.1.ORTAM GAZ ÖLÇÜMLERİ SONUÇLARI

4.1.1.PATLAMA GERÇEKLEŞMİŞ ÖRNEK VAKA

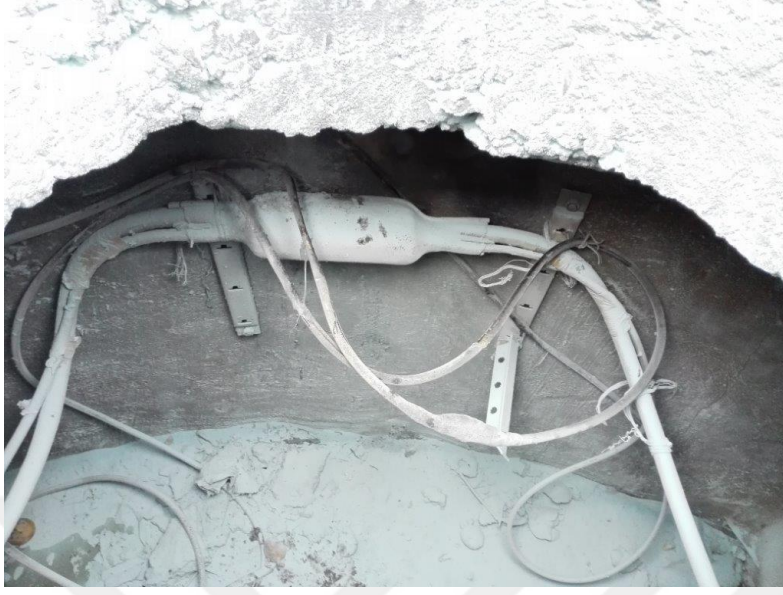
Gazi Osman Paşa Bölgesi'nde meydana gelen menhol patlamasına ait fotoğraflar:



Resim 4 Menhol Patlaması Sonrası Yapılan Çalışmalar



Resim 5 Menhol Kapağının Yerinden Fırlaması İle Hasar Gören Kaplama



Resim 6 ATEX Kategori Uygunluğu Olmayan Elektrikli Ekipman (Junction Box)



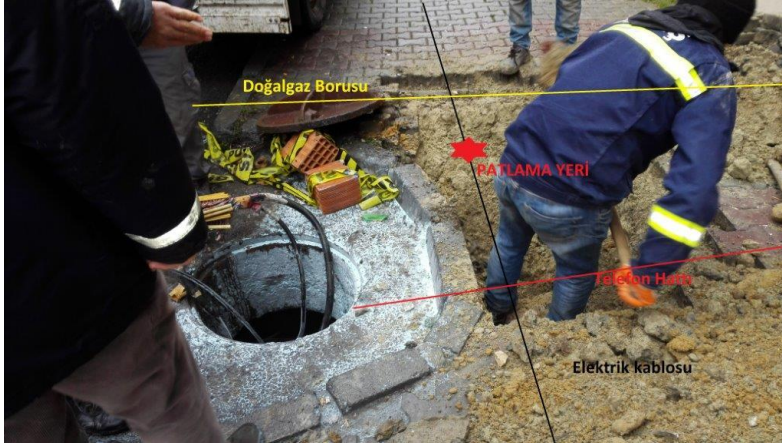
Resim 7 Hasar Gören Duvar Yüzeyi



Resim 8 Patlama Sonrası Menhol Göreseli



Resim 9 Yangına Müdahale Edildiğine Ait GörSEL



Resim 10 Patlama Alanında Doğal Gaz Boru, Elektrik Kablosu, İletişim Kablo Hatları bulunmaktadır

4.2. ORTAM GAZ ÖLÇÜM SONUÇLARI

01.08.2017 tarihinde Beyoğlu bölgesindeki ölçümler ve sonuçları:

1.Taşkızak Sok. No:2 Şişli İtfaiye İstasyonu Halil Rifat Paşa Mah. Şişli



Resim 11 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19,8$

Hava akım hızı ortalama boğazda = 0,09 m/s

2.Perpa İş merkezi Yüzer Havuz sokak ile Perpa sokağı arasındaki kesişim

üzerindeki menhol kuyusu



Resim 12 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,2$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,27 m/s

3. Zincirlikuyu Cad. Bilim İlaç A.Ş. Küçük Piyale Sok. arkası



Resim 13 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = +OL$, $O_2 = 18,6$ (*) (**Metan ölçülebilir limitlerin üzerinde değerde çıkmıştır**)

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = +OL$, $O_2 = 20,3$ (*) (**Metan ölçülebilir limitlerin üzerinde değerde çıkmıştır**); **+OL= (≥ 5) Over limited**

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,40 m/s

4.Kahraman Bey Sok. ile Darülaceze Caddesi Sok. Yayla Mah. Kesişimi
Feriköy



Resim 14 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,04 m/s

5. Akar Cad. Bomonti Şişli



Resim 15 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,3$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,2$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,11 m/s

6. Sedef Caddesi Kağıthane



Resim 16 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 4$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 21$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 21$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,12 m/s

7. Osman Paşa Caddesi Kağıthane



Resim 17 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 21$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 21$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,12 m/s

8. Seyrantepe Mahallesi Selamet Sokak Şehit Barbaros Yalçın Cad.



Resim 18 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,14 m/s

9. Altunay Caddesi Kağıthane



Resim 19 Rastgele Gaz ¼l¼m¼ Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = $0,07$ m/s

10. Taşocağı Caddesi Kağıthane



Resim 20 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,05 m/s

27-28.07.2017 tarihinde Bağcılar bölgesindeki ölçümler ve sonuçları:

1. Bağcılar Mahallesi Koçman Caddesi No:19 önü



Resim 21 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19,7$

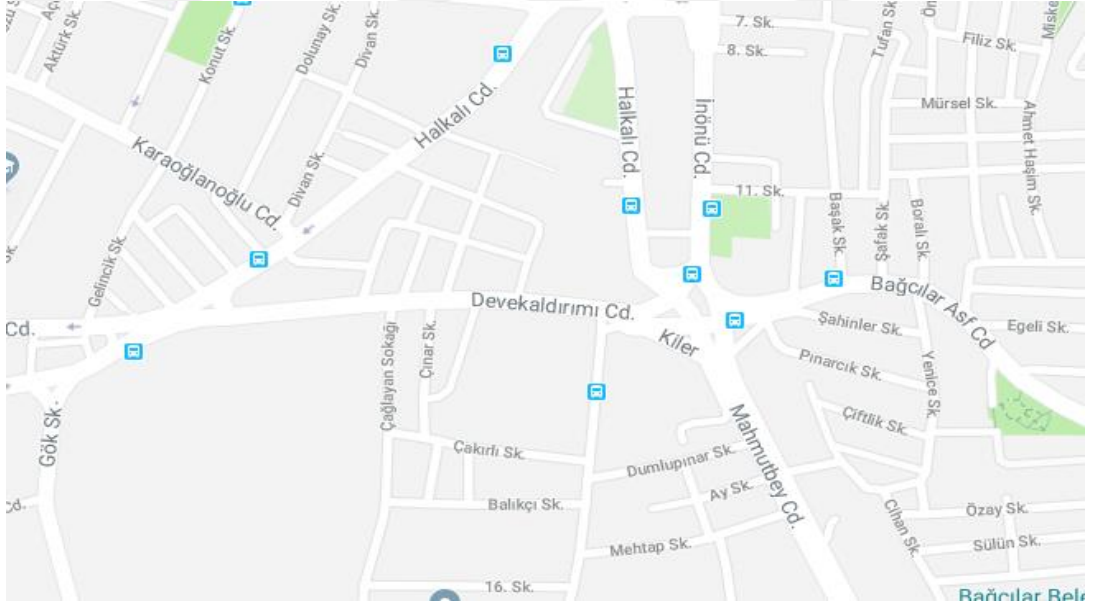
c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19.8$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,07 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,40 m/s

Sıcaklık 35,3 °C

2. Güneşli Mah. Devekaldırımı Cad. ile Üsküp Caddesi kesişimi



Resim 22 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,3$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,2$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19.9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,01 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,20 m/s

Sıcaklık 33,5 °C

3. 1556 Sokak ile 1560 Sokak kesişimi



Resim 23 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,06 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,10 m/s

Sıcaklık 36,9 °C

4. 1062 Sokak ile 1063 Sokak Kesişimi



Resim 24 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19,4$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19,5$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 19.5$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,03 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,40 m/s

Sıcaklık 35,2 °C

5. Kirazlı Mah. Zubay Hanım Cad. 1151 Sokak Kesişimi



Resim 25 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,05 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,10 m/s

Sıcaklık 35,3 °C

6. Zafer Mahallesi Kale Sokak No:4 önu SD:85 menholü



Resim 26 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,00 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,03 m/s

Sıcaklık 29,3 °C

7. Yenibosna Zafer Mahallesi Kale Sok. No:43 önu SD:85 menholü



Resim 27 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,24 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,02 m/s

Sıcaklık 29 °C

8. Yenibosna Hürriyet Mahallesi Hürriyet Cad. No:89 SD:184 Saha Menholü



Resim 28 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,02 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,10 m/s

Sıcaklık 28,8 °C

9. Yenibosna Mahmutbey Cad. SD:210 Saha menholü



Resim 29 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

a) Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

b) Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

c) Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,02 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,10 m/s

Sıcaklık 28,8 °C

10. Yenibosna Hürriyet Mahallesi Hürriyet Cad. SD:182 Saha Menholü



Resim 30 Rastgele Gaz Ölçümü Yapılan Menhol Arazi Haritası

- Boğazda $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$
- Ortada $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$
- Derinde $H_2S = 0$, $CO = 0$, $LEL \% = 0$, $O_2 = 20,9$

Hava akımı hızı ortalama boğazda = 0,04 m/s

Hava akımı hızı ortalama alt kısımda = 0,01 m/s

Sıcaklık 29,2 °C

Gün içerisinde yapılmış olan rutin arıza bakım çalışmaları esnasında kapalı alan olan menhol çukurlarında hangi seviyelerde patlayıcı veya zehirleyici gaz değerleri olduğunu tespit etmek için bu ölçümleme çalışmaları yapılmıştır. Parametrelerden metan için 1 kez over limit ölçülebilen değer üzerinde bir değer yakalanmış olup gaz değerleri organik ayrışma sonucu oluşan metan, hidrojen sülfür gibi atık su kanallarından oluşabileceği gibi doğalgaz iletim hatlarındaki kaçaqlardan da

oluşabilmektedir. Patlayıcı ortam oluşumu dönemsel olarak değişkenlik gösterebilmekte olup yaşanmış bir menhol kapağı patlaması örnek olarak tez çalışmasında incelenmiştir. Ani olarak bir anda gelişen bir durum olması sebebiyle patlama öncesinde gaz ölçümleri değersel olarak alınamamıştır. Bu tür ortamlarda istenilen gazlara ait kritik değerlere ulaşıldığında alarm veren gaz sensörlü cihazlarla kontrol edilmesi gerek insan sağlığı açısından zehirlenmeleri gerek se patlayıcı ortamların kontrol edilerek şayet gaz değerleri kritik seviyeler üzerinde ise havalandırma yapılmadan menhol çalışmasına başlanılmaması gerekmektedir.

4.3. 60079-10-1 E GÖRE PATLAYICI ORTAM TEORİK HESAPLAMASI

Hesaplamlarda bazı kabuller yapacağız:

- i) $W_g = 0,1 \text{ kg/sn}$
- ii) $W_g = 0,01 \text{ kg/sn}$
- iii) $W_g = 0,001 \text{ kg/sn}$ yada ; $x < 0,001 \text{ kg/sn}$

Kabuller Neticesinde Yapılan Hesaplamalar :

$$\bullet \quad \rho_g = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T_a} \quad ; \quad T_{a1} = 293 \text{ K,}$$

Metan için hesap : ²¹

Metan için Molekül ağırlığı : 16 kg/kmol

LEL % = 44% olacak şekilde hesaplanabilir.

$$Q_g = (101325 \times 16) / (8314 \times 293) = 1621200 / 2436002 = 0,66552$$

$T_{a2} = 303$ K için hesap :

$$Q_g = (101325 \times 16) / (8314 \times 303) = 1621200 / 2519142 = 0,64355$$

• Salınım Karakteristiği S.K. hesabı :

$$\text{Salınım karakteristiği} = \frac{W_g}{\rho_g * k * LEL}$$

i) $W_g = 0,1$ kg/sn için;

$$\text{S.K.} = 0,1 / (0,66552 * 1 * 0,044) = 0,1 / 0,02662 = 3,75657 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{S.K.} = 0,1 / (0,64355 * 1 * 0,044) = 0,1 / 0,02574 = 3,88500 \text{ m}^3/\text{sn}$$

ii) $W_g = 0,01$ kg/sn için;

$$\text{S.K.} = 0,01 / (0,66552 * 1 * 0,044) = 0,01 / 0,02662 = 0,37566 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{S.K.} = 0,01 / (0,64355 * 1 * 0,044) = 0,01 / 0,02574 = 0,38850 \text{ m}^3/\text{sn}$$

iii) $W_g = 0,001$ kg/sn için;

$$\text{S.K.} = 0,001 / (0,66552 * 1 * 0,044) = 0,001 / 0,02662 = 0,03756 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{S.K.} = 0,001 / (0,64355 * 1 * 0,044) = 0,001 / 0,02574 = 0,03885 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$U_v = 0,5$ m/sn Havalandırma rüzgar hızı alınarak ;

Şekil 13' deki tablodan Seyrelme Derecesi **Orta Seyrelme** olarak bulunur.

Tablo 4 deki **Zone Belirleme Tablosunda** Havalandırmanın kullanılabilirliği açık alanlarda her zaman iyi alınır. **Zone 1** tayin edilir.

Boşalma kaynağını **Ana** kaçak durumu olarak kabul ederek Bölge Zone 1

tafin edilir. Kategori ekipman seçimi belirlenen bölgenin durumuna göre yapılacak olup Kategori 1 veya 2 ekipman seçimi kullanılmalıdır.

Metan yayılımında difüzyon davranır .

Şekil 3. Tehlikeli Bölge Mesafesi Belirleme Diyagramı kullanılarak,²⁰

S.K. = 3,75657 m³/sn için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 8,3 m.

S.K. = 3,88500 m³/sn için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 8,6 m.

S.K. = 0,37566 m³/sn için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 2,5m.

S.K. = 0,38850 m³/sn için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 2,8 m.

S.K. = 0,03756 m³/sn için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 1 m.

S.K. = 0,03885 m³/sn için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 1 m. ¹⁷

HESAPLAMALAR BENZER ŞEKİLDE Hidrojen Sülfür için Molekül ağırlığı :
10 kg/kmol²⁰

LEL % = 4% olacak şekilde ayrıca hesaplanabilir.

Tehlikeli Bölge Mesafelerinin yorumu mevcut mesafe içerisindeki alanda patlayıcı ortam oluşabileceği şeklinde yorumlanır.²¹

$$\bullet \quad \rho_g = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T_a} \quad ; \quad T_{at} = 293 \text{ K için hesap,}$$

Hidrojen Sülfür için hesap :²¹

Hidrojen Sülfür için Molekül ağırlığı : 10 kg/kmol

LEL % = 4% olacak şekilde hesaplanabilir.

$$Q_g = (101325 \times 10) / (8314 \times 293) = 1621200 / 2436002 = 0,41595$$

T_{a2} = 303 K için hesap :

$$Q_g = (101325 \times 10) / (8314 \times 303) = 1621200 / 2519142 = 0,40222$$

• Salınım Karakteristiği S.K. hesabı :

$$\text{Salınım karakteristiği} = \frac{W_g}{\rho_g * k * LEL}$$

i) W_g = 0,1 kg/sn için;

$$\text{S.K.} = 0,1 / (0,41595 * 1 * 0,04) = 0,1 / 0,02662 = 6,01033 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{S.K.} = 0,1 / (0,40222 * 1 * 0,04) = 0,1 / 0,02574 = 6,21550 \text{ m}^3/\text{sn}$$

ii) W_g = 0,01 kg/sn için;

$$\text{S.K.} = 0,01 / (0,41595 * 1 * 0,04) = 0,01 / 0,02662 = 0,60103 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{S.K.} = 0,01 / (0,40222 * 1 * 0,04) = 0,01 / 0,02574 = 0,62155 \text{ m}^3/\text{sn}$$

iii) W_g = 0,001 kg/sn için;

$$\text{S.K.} = 0,001 / (0,41595 * 1 * 0,04) = 0,001 / 0,02662 = 0,06010 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$S.K. = 0,001 / (0,40222 * 1 * 0.04) = 0,001/0,02574 = 0,06215 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$U_v = 0,5 \text{ m/sn}$ Havalandırma rüzgar hızı alınarak ;

Şekil 13' deki tablodan Seyrelme Derecesi **Orta Seyrelme** olarak bulunur.

Tablo7' deki **Zone Belirleme Tablosunda** Havalandırmanın kullanılabilirliği açık alanlarda her zaman iyi alınır. **Zone 1** tayin edilir.

Boşalma kaynağını **Ana** kaçak durumu olarak kabul ederek **Bölge Zone 1** tayin edilir. Kategori ekipman seçimi belirlenen bölgenin durumuna göre yapılacak olup **Kategori 1** veya **Kategori 2 ekipman** seçimi kullanılmalıdır.

Hidrojen Sülfür yayılımında difüzyon davranır .

Şekil 14 Tehlikeli Bölge Mesafesi Belirleme Diyagramı kullanılarak;

$S.K. = 6,01033 \text{ m}^3/\text{sn}$ için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 10 m.

$S.K. = 6,21550 \text{ m}^3/\text{sn}$ için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 10,5 m.

$S.K. = 0,60103 \text{ m}^3/\text{sn}$ için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 3 m.

$S.K. = 0,62155 \text{ m}^3/\text{sn}$ için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 3,03 m.

$S.K. = 0,0601 \text{ m}^3/\text{sn}$ için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 1 m.

$S.K. = 0,06215 \text{ m}^3/\text{sn}$ için Tehlikeli Bölge Mesafesi yaklaşık olarak 1 m. ¹⁷

5. TARTIŞMA

Yaşanan kaza vakası görselinde gösterildiği üzere; alt yapı kanalizasyon ve yağmur suyu kanalları, doğal gaz iletim hatları ve iletişim hatlarının yer altından geçmesi yönünde uygun yer alan seçimi yapılmaksızın projelendirme yapıldığından, mevcut yer altı alanlarının yetersizliği yahut projelendirme esnasında risk analizi yapılmaksızın projelendirme yapılması nedeniyle, projeler birbirine çok yakın sahalardan geçmektedir. Hatların birbirinden farklı güzergâhlarda hat geçişleri yapılacak şekilde projelendirilmesine özen gösterilmesi önem arz etmektedir.

Doğalgaz iletim hattı kaçaklarının olması, pis su ile yağmur suyu ortak kanallarındaki ayrışan gazların olması gibi sebeplerle bu gazların yer altı hatlarında birikmesi ve havalandırma yollarından kablo iletim hatlarının olduğu tarafa taşınmasıyla birikmeleri, hava ile karışımının patlayıcı ortam oluşturma tehlikesi değerlendirilmelidir. Özellikle doğal gaz kaçaklarının önlenmesi için gaz kaçağını algılayan bir sensör sisteminin otomatik selanoid valf(vana) sistemiyle kaçak tespit edildiğinde anında gaz kesilmesi için kapatılması önerilebilir. Patlama reaksiyonunun oluşumunda patlama üçgenindeki ateşleme kaynağı olarak elektrik ekipmanlarının ark yapması yada statik elektrik oluşumu gibi sebeplerden ötürü patlayıcı ortam oluşumu esnasında patlamaya sebep olacağı düşünülerek exproof malzemeler kullanılmalıdır. Patlama oluşmaması için elektrikli ekipmanın zone oluşan yerlerden uzağa yerleştirilmesi, gaz birikebilecek alanlara konulmaması önerilmektedir. Zone 1 olan bölge için kategori 1 ve kategori 2 ekipman kullanılmalıdır. Ayrıca kablolara topraklama levhası yapılmalıdır. Genel olarak patlamadan korunma ilkesi gereği; patlayıcı ortam oluşmasını önlemek, yapılan işlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek, ex malzeme ve ekipman kullanılmasını sağlamak, çalışan güvenliği ve çevre

güvenliği açısından olası patlamanın zararlı etkilerini azaltıcı önlemlerin alınması gerekmektedir.²²



Resim 31 : Exproof junction box

Havalandırmanın patlayıcı ortam oluşumunu önleyici etkisi.göz önüne alındığında çalışmadan önce menhol kapakları açıldıktan ve ortam yeterince havalandırıldıktan sonra çalışma yapılmalıdır. Menhol ortamında gaz birikimlerini anlayabilmenin tek yolu, ölçümü istenilen gazın algılanmasına yönelik sensör konulmasıyla mümkün olacaktır. Çalışanların menhol içerisinde kablo çalışması yapmadan önce iç ortamdaki gazların hangi değerlerde olduğunu ölçümleyip kayıt altına aldıktan sonra ortamda uygun değerler var ise çalışmaya başlamaları önerilir. Ayrıca iletişim hatlarının patlamaya karşı yalıtımı ifade eden ex özellikte borular içerisinden geçirilmesi, elektrikli ekipmanların mutlaka ex ekipman sınıfından uygun kategori sınıfından ekipman seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde kaçınılmaz kazaların yaşanması sonucuyla karşılaşılacağı kuvvetle muhtemeldir.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Alper Yasin ÖZÇELİK' in **Patlama Riski Olan Ortamlarda Elektrik Tesisatının İş Güvenliği**

Açısından İncelenmesi konu başlıklı tezinde iş yerlerindeki patlama ortamları anlatılmış, bu ortamlarda kullanılması gereken elektrikli ekipmanlar açıklanarak güvenli elektrikli ekipmanların tanıtılması yapılmış ve iş yerlerine yönelik bir anketle gerekli bilinçlendirme sağlanarak bir yenilikçi bakış açısı kazandırılmaya çalışılmıştır.²² Mevcut tezimizde ise bu tip güvenli elektrikli ekipmanların menhol alanları için en uygun olanları seçilmiş ve güvenli ortam oluşturulması için özel korumalı üretilmiş elektrikli ekipmanlar önerilerek gerekli güvenli ortamın teşkil edilmesinin sağlanması amaçlanmıştır.²²

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü (İSGÜM) İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Nihat Eğri' nin **Patlayıcı Ortamlarda İş güvenliği** konu başlıklı tezinde ateşleme kaynaklarının tipleri açıklanmış ayrıca bazı kimyasalların alt ve üst patlama limitleri açıklanarak kapalı ortamlardaki bu türden gazların birikmesinin patlayıcı ortam oluşturması açısından oluşturduğu tehlike belirlenmiş, ölçüm yapılacak aletlerin doğru hassasiyetle ölçüm yapması önerilmiş ve kalibrasyon yapılmış ölçüm cihazlarıyla ölçüm yapılması önerilmiştir.²⁰ Mevcut tezimizde çeşitli kimyasallar ve özellikle menhol alanlarında görülebilecek gazlara ait alt ve üst patlama değerleri verilmiş, patlamaya sebep olabilecek ateşleyici kaynaklar açıklanmıştır. Ölçümlere yapılan manuel tip ölçüm aletinin kalibrasyonu yapılmış olarak farklı menhol alanlarında ölçümler yapılarak sonuçlarının kayıt edilmesi yönünde çalışmalar yapılmış , bu sayede tekniker olarak çalışan yeraltı ekiplerine ölçümlere çalışmasının önemi ile birlikte değerlerin kayıt altına alınarak çalışma izni sonrasında güvenli alanlarda çalışması alışkanlığı kazandırılması amaçlanmıştır.²⁰

Tablo 9 Elektrikli ekipmanların sıcaklık sınıfları⁸

SICAKLIK SINIFLARI		
EKİPMAN SICAKLIK SINIFI	EKİPMAN MAKSİMUM YÜZEY SICAKLIĞI	GAZ VE BUHARIN TUTUŞMA SICAKLIĞI
T1	<450	>450
T2	<300	>300
T3	<200	>200
T4	<135	>135
T5	<100	>100
T6	<85	>85

Zone tipine uygun ekipman seçiminde gaz atmosferlerinde Zone 0 için Ga, Zone 1 için Ga veya Gb, Zone 2 için Ga,Gb yada Gc kategori ekipman kullanılmalıdır. Ekipman seçiminde sıcaklık değeri önemli olup; gazların tutuşma sıcaklığından kullanılacak ekipman yüzey sıcaklığının düşük seçilmesi gerekmektedir. Ekipman yüzey sıcaklıkları; T1(450°C), T2(300°C), T3(200°C), T4(135°C), T5(100°C), T6(85°C), olarak sınıflandırılmaktadır. Gazları tutuşma hassasiyetlerine göre 3 sınıfa ayıracak olursak II A (az hassas), II B (hassas), II C (çok hassas) olacak şekilde patlama gruplarına ayırmamız mümkündür. Ekipmanlardaki koruma grubu olarak alev sızdırmaz “d” veya arttırılmış emniyetli “e” tipi koruma grubu ekipman kullanılabilir.²³

Bu bilgiler ışığında ; T1 ve T3 ekipman yüzey sıcaklıkları

arasından hidrojen sülfür gazı için kritik yüzey sıcaklığı olarak emniyetli alanda kalmak için 200°C olan T3 sıcaklık grubu ekipman seçilmesi gerekir. II A ve II B gaz hassasiyeti açısından daha hassas olan gaz grubunun seçilmesi emniyetli olacağı için II B seçilir. Aynı anda kapalı ortamda tek bir gaz olabileceği gibi 3 farklı tip gazın birikmesi de mümkün olabileceği göz önüne alınması gerekmektedir.⁸

	Gaz Grubu	Sıcaklık Grubu
• Metan	II A	T1
• Hidrojen Sülfür	II B	T3
• Karbon monoksit	II A	T1

Menhol alanında kullanılacak EX CİHAZ ETİKETİ:

CE Ex II 2 (veya 1) G EEx d ve e (de) IIB T3 olarak belirlenmiştir.²⁴

6.SONUÇ

Bu tez çalışmasında yer altı iletişim iletim hatlarının bir bölümü olan menhol alanlarındaki biriken gazların oluşturdukları patlayıcı atmosferler araştırılmıştır. Patlayıcılık özelliğine sahip gaz ve hava karışımlarının oksijenle zengin olması sebebiyle tutuşturucu kaynak ile birleşmesi sonucunda patlama reaksiyonunun gerçekleştiği açıklanmıştır. Patlayıcı ortamın oluşmasının önlenmesi için öneriler sunulmuş , patlama reaksiyonunun oluşmaması için tutuşturucu kaynak etkisine karşı alınması gereken önlemler bahsedilmiştir. Ülkemizde yer altı doğalgaz iletim hatları, elektrik iletim hatları ve iletişim iletim hatlarının farklı güzergahlardan geçirilmesi önerilmiştir.

Mevcut tehlikelerin varlığı açıklanarak oluşacak riskin sonuçta insan ve çevreye verilebilecek zararlardan bahsedilmiştir. Yaşanan örnek kazaya ait görseller paylaşılmış ve kazaya ait detaylar açıklanarak kazaya sebep olan nedenler anlatılmıştır. Benzer kazaların yaşanmasının önlenmesi için uygulanması gerekli olan tedbirler açıklanmıştır. Tehlike bölgeleri standart kılavuz kullanılarak belirlenmiştir. Zone tayini ile birlikte tehlikeli bölgelerin oluşma mesafeleri hesaplanarak açıklanmıştır. Teorik yaklaşım ile güvenlik bölge ve mesafeleri içerisinde kullanılması önerilen güvenli ekipmanların uygun kategorilere göre seçilmesi önerisinde bulunulmuştur. Saha içerisinde çalışan ekiplerin randomize olarak tesadüfen belirlenen alanlarda çalışmadan önce gaz ölçümleri yapılması ve sonuçların kaydedilmesi sürecinde bir noktada ölçülebilir limit değer üzerinde metan gazı ölçülmüş ve raporlanarak kaydedilmiştir. Bu ölçümler çalışılan saha içerisinde daha fazla sayıda ölçümler yapıldığı takdirde görülecektir ki birden fazla sayıda farklı noktalarda da tehlikeli ortam oluştuğu, bu sebeple patlayıcı atmosfer oluşumu görülecektir , bahsedilen patlayıcı ortam oluşumuna bağlı tehlike ve zehirlenmeye bağlı

yaşanabilecek sağlık sorunlarına daha sık olasılıkla karşı karşıya kalınacağı düşünülmektedir. Bu sektördeki çalışanların özellikle yer altı alanlarındaki çalışmalarında her alan için çalışma öncesinde mutlaka gaz ölçümü yapılması ortamın durumunu değerlendirmesi gerekmektedir. Çalışmaya uygun ortam var ise çalışma izniyle çalışılması gereklidir. Çalışmaya uygun ortam yok ise gerekli müdahalelerden sonra uygun ortam oluşumu beklenip çalışmaya uygun ortam oluştuktan sonra başlanılmalıdır.

Menhollerde çalışma yapılmayacak olsa bile gün yada gece zaman dilimi içinde oluşabilecek tehlikeli ortamların varlığından haberdar olunabilmesi için belirli kritik noktalara ölçümü istenilen gaza duyarlı gaz algılama sensörü yerleştirilmesi önerilmektedir. Ölçüm sonuçlarının tehlike oluşturması halinde patlama ihtimaline karşılık önceden haber veren plc sistemleri ile haberdar olunması sağlanmalı ve tehlikeli gaz oluşumu algılanan noktadaki menhol yada bu menhol ağız çevresinde bir önceki yada bir sonraki menhol kapakları açılarak içerideki gazın doğal havalandırma ile havalandırılması sağlanmalı, eğer havalandırma yeterli gelmiyor ise içeriye doğru hava akımını iletebilecek bir ekipman sayesinde havalandırma sağlanarak yer altı ortamının yeterince havalandırılarak tehlikeli atmosferin azaltılmasına çalışılması önerilmektedir. Bu şekilde uygulanacak güvenli çalışma ortamı oluşturma yönündeki çalışmalar neticesinde kaza oluşma riski azaltılarak neredeyse sifıra yakın bölge güvenliği sağlanabilmesi mümkün olabileceği öngörülmektedir.

Ülkemizde özellikle 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu gereği iş güvenliği ve çalışan sağlık ve güvenliği açısından devlet denetimi süreci uygulanmalı. Sgk bildirimleri neticesinde raporlanan kaza analizleri yapılarak tekrarlanacak kazaların benzeri yada daha büyük etkiye sahip çeşitli zararlara neden oluşturabilecek sonuçlara yönelik kazaların

önlenebilmesi için ülke çapında denetimler ve düzeltici uygulamaların yapılması önerilmektedir. Türkiye’de iş ve işçi sağlığı ile güvenliği kültürünün tesisi ve yerleşmesi; devlet denetimi ve kurumların konuya göstereceği hassasiyet ile gerçekleşebilmesi mümkün görülmektedir.

Patlayıcı ortam olarak yer altı kablo iletim hatlarında patlama ihtimalleri değerlendirilerek patlamadan korunma dokümanları hazırlanmalı gerekli hesaplamalar yapılmalı ve güvenlik tedbirleri uygulanmalıdır. Acil durumlarda ise acil durum ekiplerinin çalışmaları için özel eğitilmiş ekiplerin oluşturulması ve yer altı kurtarma çalışmalarını güvenli ve en az riskle gerçekleştirmelerinin sağlanması, insanlarımızı hayatta tutma yönünde yapılabilecek en güvenli çalışma olarak iş sağlığı ve güvenliği kültürünün ülkemiz çalışanlarına kazandırılması gerekmektedir.

7.ÖZET

TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE MENHOL İÇİNDE VE MENHOL KAPAKLARI ÇEVRESİNDE OLUŞABİLECEK PATLAYICI ORTAMLARIN İNCELENMESİ

Telekomünikasyon sektöründe yer altı kablo çalışması yapılan menhol alanlarındaki ilk çalışma olması itibariyle bu tez özgün bir çalışma olup, patlayıcı ortamlarla ilgili yapılan farklı sektör , iş ortamı, konferans sunumları, yabancı kaynaklar, ulusal ve uluslar arası standartlar, mevcut sektördeki çalışma deneyimleri göz önüne alınması ile araştırmalar sonucu hazırlanmıştır. Ülkemiz ve dünyada yaşanabilecek menhol ortamındaki gaz patlamalarının önlenmesi yönünde kaynak ve hesaplamalara dayalı hazırlanmış kılavuz bir tez çalışmasıdır.

Bu çalışmada patlayıcı ortam kavramı ve patlayıcı ortam oluşturabilecek yer altı iletişim hatlarının çalışma alanı olan menhollerde, menhol kapakları çevresinde patlayıcı ortam oluşumlarının araştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen bilimsel veriler ışığında dikkat edilmesi gerekli hususlar ve alınması gereken önlemler, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na dayandırılarak hazırlanmış olan Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik gereğince uyulması gereken asgari güvenlik koşulları IEC 60079-10-1: 2015 standardına göre incelenmiştir.

Telekomünikasyon alt yapı tesislerinde menhollerde oluşabilecek iş kazalarından korunma konusunda bu sektörde ilk yapılan çalışma olan bilimsel nitelikteki bu tez çalışmamın ülkemiz çalışanlarına faydalı olmasını temenni ederim.

Anahtar kelimeler: Menhol kapağı patlaması, iş sağlığı ve güvenliği, yeraltı patlaması

8. SUMMARY

INVESTIGATION OF EXPLOSIVE ENVIRONMENTS WHICH CAN BE CREATED IN THE TELECOMMUNICATION SECTOR AND IN THE PROPERTIES AROUND THE PROFESSIONAL CABINETS

This thesis is a unique study in the context that it is the first study in turkey on manhole areas where underground cable are used in the telecommunication sector. It is a unique study in which different sectors, business environments, conference presentations, foreign resources, national and international standards on explosive environments, and research results have been prepared. It is a thesis study prepared based on source and calculation in order to prevent gas explosions in the atmosphere of manhole that may be experienced in our country and the world.

In this study, studies were carried out to investigate explosive atmospheres around manhole covers in manholes, which is the working area of underground communication lines that can create explosive atmosphere and explosive atmosphere. The necessary points to be taken into consideration in the light of the obtained scientific data and the precautions to be taken have been evaluated within the framework of the Regulation on the Protection of Employees from the Dangers of Explosive Atmospheres Prepared Based on the Law No. 6331 on Occupational Health and Safety.

The minimum safety requirements to be observed in accordance with the Regulation on the Protection of Employees from the Dangers of Explosive Atmospheres have been examined in accordance with IEC 60079-10-1: 2015.

I hope that this thesis work in scientific quality which is the first work done in this sector to protect against work accidents that may occur in

manholes in telecommunication infrastructure facilities will be beneficial to our country employees.

Keywords: Manhole Cover Explosion, Occupational Health and Safety, underground explosion

9. KAYNAKLAR

- 1- Kepekli, T A, TSE 60079-10-1 Patlayıcı Gaz Ortamları (Ders Notları Basılmamış) Aralık 2015 versiyonu
- 2- Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik Resmî Gazete 30 Nisan 2013 , Sayı : 28633 Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
- 3- Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik Resmî Gazete 30 Haziran 2016 , Sayı : 29758 Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
- 4- Özkılıç Ö, Risk Değerlendirmesi Atex Direktifleri – Patlayıcı Ortamlar Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması – Kantitatif Risk Değerlendirme – Seveso II ve Seveso III Direktifi (Comah Direktifi) Ankara : Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, 2014.
- 5- Eckhoff R.K. Dust Explosions in the Process Industries 3rd Edition Dust Explosions in the Process Industries 3rd Edition Gulf Professional Publishing 2003
- 6- Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions, Fires, and Toxic Releases CCPS (Center for Chemical Process Safety) 2012
- 7- Lewis B, Von Elbe G. Combustion, Flames and Explosions of Gases 2nd Academic Press Inc. 1961
- 8- Kotoyori T., Critical Temperatures for the Thermal Explosion of Chemicals . Industrial Safety Series Volume 7, Elsevier 2005
- 9- Davletshina TA, Cheremisinoff NP, Fire and Explosion Hazards Handbook Of Industrial Chemicals, Noyes Publications 1998,
- 10- Schroll RC, Industrial Fire Protection Handbook, Second Edition, CRC Press 2002
- 11- Perry RH, Perry's Chemical Engineer's Handbook , 7th Editon, McGraw Hill

- 12- Eğri N, Patlayıcı Ortamlarda İş Güvenliği, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2008
- 13- Eckhoff RK, Explosion Hazards in the Process Industries, Gulf Publishing Company, 2005
- 14- Özçelik, AY, Patlama Riski Olan Ortamlarda Elektrik Tesisatının İş Güvenliği Açısından İncelenmesi İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü , Ankara, 2014
- 15- Aydın S, 94/9/AT ATEX Yönetmeliği Onaylanmış Kuruluş ve Ürün Belgelendirme, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Atex Sempozyumu, 22-24 Eylül 2011
- 16- Nolan DP, Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles For Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities, Noyes Publications, 1996
- 17- van den Bosch CJH, Weterings RAPM, Methods for the calculation of physical effects – due to releases of hazardous materials (liquids and gases “Yellow Book” CPR 14E , Second revised print 2005, Gevaarlijke Stoffen
- 18- Cooper Crouse-Hinds , Principles of Explosion-Protection , Soest-Germany, 2012
- 19- Holloway MD, Nwaoha C, Onyewuenyi OA, Process Plant Equipment , Operation, Control, and Reliability, John Wiley and Sons, 2012
- 20- Dow’s Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide, 7th Edition, American Institute of Chemical Engineers, 1994
- 21- Yaws CL, Physical Properties: A Guide to the Physical, Thermodynamic and Transport Property Data of Industrially Important Chemical Compounds,

McGraw-Hill, New York, 1977

22- Özçelik AY, Patlama Riski Olan Ortamlarda Elektrik Tesisatının İş Güvenliği Açısından İncelenmesi İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara,2014

23- Selover TB, Use of DIPPRr data in reactive chemical hazard assessment, Plant/Operations Progress, 1990

24- Patlayıcı Gaz Ortamları, Türk Standartları Enstitüsü 60079-10-1, Aralık 2015

25- Yapıcı M, Tehlikeli Alanlardaki Elektrik Tesisatı Tasarımı, Seçimi ve Monte Edilmesi, IEC 60079 – 14 TMMOB, Elektrik Mühendisleri Odası 3.Atex Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik Sempozyumu, Kocaeli, 2015

26- Rumble J, Handbook of Chemistry and Physics, CRC Taylor and Francis Group , 98th edition, 2017

27-Gestis-Database on Hazardous Substances, 06 Şubat 2018, elektronik adresi:

[http://gestisen.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestiseng:sdbeng\\$3.0](http://gestisen.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$vid=gestiseng:sdbeng$3.0)

28- Multi-Gas Detectors, GasAlertMax XT II BW Teknolojileri Honeywell Canada,

06 Şubat 2018,

Elektronik adresi:<https://www.honeywellanalytics.com/en-ca/products/GasAlertMax-XT-II>

9. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı: ÖZGÜR ÖZCAN

Doğum Yeri : İstanbul

Doğum Tarihi : 22.07.1976

E posta : ozgur@kariyermuhendislik.net

Yabancı Dili : İngilizce

EĞİTİM BİLGİLERİ:

- İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksel Lisans Tezli, T.C. Yeni Yüzyıl Üniversitesi Aralık 2016 – Mart 2018
- TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE MENHOL İÇİNDE VE MENHOL KAPAKLARI ÇEVRESİNDE OLUŞABİLECEK PATLAYICI ORTAMLARIN İNCELENMESİ
- İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksel Lisans Tezsiz, T.C. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi 03.2013 – 08.2013
- B Sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Aralık 2013
- C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı Sertifika Programı, Bahçeşehir Üniversitesi 04.2013 – 05.2013
- Lisans , Çevre Mühendisliği Bölümü , İstanbul Teknik Üniversitesi 1995 – 2001
- İngilizce , İstanbul Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Fakültesi 1994 – 1995



