

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL PROSESLERİN GÜVENLİĞİNDE PARLAYICI, PATLAYICI
KİMYASAL ORTAMLARIN ETKİ ANALİZİ VE SAHA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet DEMİR

Kimya ve Süreç Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya ve Süreç Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2017

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL PROSESLERİN GÜVENLİĞİNDE PARLAYICI, PATLAYICI
KİMYASAL ORTAMLARIN ETKİ ANALİZİ VE SAHA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet DEMİR
(125107008)**

Kimya ve Süreç Mühendisliği Anabilim Dalı

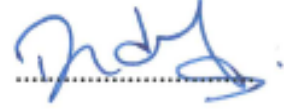
Kimya ve Süreç Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ

ŞUBAT 2017

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 125107008 numaralı Yüksek Lisans Ahmet DEMİR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Kimyasal Proseslerin Güvenliğinde Parlayıcı, Patlayıcı Kimyasal Ortamların Etki Analizi ve Saha Uygulaması” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

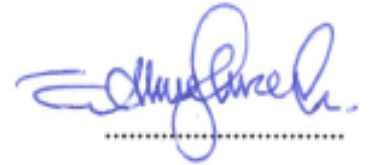
Tez Danışmanı : Doç.Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ
Yalova Üniversitesi



Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Ahmet TURAN
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Anelip AYDIN
Marmara Üniversitesi



Teslim Tarihi : 03 Ocak 2017
Savunma Tarihi : 09 Şubat 2017

Eşime ve çocuklarıma,

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, güleryüz ve hoşgörüsünü eksik etmeyen, benim için çok değerli hocam Sayın Doç.Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ'ye,

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen, aldığım kararlarda daima yanımda olan eşim Ferihan DEMİR'e,

Hayata yeni bir bakış açısıyla, daha mutlu, umutlu bakmamı sağlayan sevgili çocuklarım Onur ve Eymen'e, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2017

Ahmet Demir

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xx
1. GİRİŞ	1
2. KİMYASAL PROSELERDE TESİS KAZALARI	3
2.1 Avrupa’da ve Türkiye’de Kimyasal Tesis Kazalarına Genel Bakış.....	6
2.3 Türkiye’de Kimyasal Tesis Kazaları Azaltılması İçin Alınan Önlemlere Yönelik Mevzuatlar	7
2.4 Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması-Patlayıcı Gaz Atmosferler Standartıda (EN 60079).....	8
2.5 Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü-Seveso Direktifleri	8
2.6 Türkiye’de Seveso Yönergelerinin Uygulanabilirliği	9
3. PATLAYICI ORTAM GENEL BİLGİLER	11
3.1 Patlayıcı Gazlı Ortam	11
3.1.1 Patlayıcı gazlı atmosferin varlığı açısından tehlikeli alan	12
3.1.2 Patlayıcı gazlı atmosferin varlığı açısından tehlikesiz alan	12
3.1.3 Tehlikeli alan yaratan gaz ve sıvı tanımları	13
3.2 Çalışma Operasyonları	14
4. GAZ VE BUHARIN ORTAMA YAYILIM TÜRLERİ VE KAYNAKLARI 15	
4.1 Kaynakların Yayılım Dereceleri	16
4.2 Yayılma Kaynaklarının Değerlendirilmesi	17
4.3 Kapalı Alanlarda Bulunan Birden Fazla Yayılma Kaynağının Değerlendirilmesi	17
4.4 Yayılma Kaynağının Boyutu ve Yarıçapı	18
4.5 Yayılım Hızı ve Yayılım Hızının Hesaplanması.....	19
4.5.1 Sıvılar	20
4.5.1.1 Sıvıların yayılma hızı	20
4.5.1.2 Sıvı tankı üzerindeki açıklıktan sıvı akışı	21
4.5.2 Buharlaştan sıvı havuzlarda buharlaşma hızı	24
4.5.3 Gazlar	26
4.5.3.1 Gazların yayılım hızı.....	26
5. HAVALANDIRMA	31
5.1 Hava, Kuru Hava, Nemli Hava	31
5.2 Patlayıcı Gazlı Ortamın Uzaklaştırılması ve Dağıtılması	32
5.2.1 Doğal havalandırma	34
5.2.2 Mekanik (zorlanmış) havalandırma	34
5.2.2.1 Mekanik (zorlanmış) havalandırma tipleri.....	34

5.2.2.2 Havalandırmanın değerlendirilmesi	35
5.3 Seyreltme Derecesi	36
5.3.1 Yüksek seyreltme derecesi	36
5.3.2 Orta seyreltme derecesi	36
5.3.3 Düşük seyreltme derecesi;.....	36
5.4 Açık Alanlarda Rüzgârın Bölge Sınıflandırması Belirlenmesinde Etkisi	36
5.5 Kapalı Alanlarda Havalandırma ve Seyreltmenin Tehlikeli Bölgeler Üzerine Etkileri	38
5.6 Havalandırma Etkinliği	38
5.7 Havalandırma Hızı Değerlendirilmesi.....	38
5.8 Seyreltme Derecesinin Değerlendirilmesi	40
5.9 Kapalı Alanların Seyreltilmesi	42
5.9.1 Havalandırılmış kapalı mahallerde arka plan konsantrasyonu ve bültenleri	43
5.10 (f) Faktörü Değerlendirmesi	44
5.11 Havalandırmanın Kullanılabilirlik Kriterleri.....	44
5.11.1 Doğal havalandırmada havalandırmanın kullanılabilirlik kriterleri.....	45
5.11.2 Mekanik (zorlanmış) havalandırmada havalandırmanın kullanılabilirlik kriterleri.....	45
5.12 Havalandırma Düzenlemeleri ve Değerlendirmeler Örnekleri.....	46
5.12.1 Mekanik (zorlanmış) havalandırma dar kapalı mahallerde püskürtme.	46
5.12.2 Düşük hızda gaz ya da sıvı yayılması	47
5.12.3 Proseslerde beklenmeyen kaçaklardan gaz ya da sıvı boşalması	47
5.12.4 Lokal havalandırma gerektiren proseslerde gaz yayılımları.....	47
5.13 Kapalı Alanların Havalandırma Değerleri.....	48
5.14 Rüzgar Kaynaklı Doğal Havalandırma	49
5.14.1 Kaldırma kuvveti etkili havalandırma.....	50
5.14.2 Doğal havalandırmada rüzgarın ve kaldırma kuvvetinin etkisi	55
5.14.2.1 Doğal havalandırmada yaklaşımlar	57
5.15 Diğer Havalandırma Çeşitleri.....	61
5.16 Kapalı Alanların Mekanik (Zorunlu) Havalandırma.....	61
5.17 Havalandırma Amaçlı Sistemler	63
5.18 Havalandırma Çeşitleri.....	64
5.18.1 Kapalı alana hava verme	65
5.18.2 Kapalı alana hava emme	65
5.18.3 Kapalı alana hava emme ve basma	65
6. TEHLİKELİ ALAN VE BÖLGELERİN TAHMİNİ	69
6.1 Patlayıcı Gazlı Atmosferin Varlığı Açısından Tehlikeli Alanın Tayini	67
6.2 Tehlikeli Bölgenin Kapsamını Tahmin	72
6.3 Yanıcı Maddenin Seyreltilmesi İçin Gerekli Zaman.....	73
7. TESİS UYGULAMASI.....	74
7.1 Tesis Hakkında Bilgiler	75
7.2 Tesiste Kullanılan Yanıcı ve Parlayıcı Kimyasal Maddelerin Özellikleri	75
7.3 Kimyasal Maddelerin Kullanıldığı ve Depoalandığı Alanlar	78
7.3.1 Depolama tankları	78
7.3.2 Depolama tankları kollektör grubu	78
7.3.3 Reaktör Grupları.....	79
7.4 Tesisin Tümüne Ait Vaziyet Planı ve Proses İzometrik Çizimleri.....	90
7.5 Prosesteki Yayılım Kaynaklarının Tespit Edilmesi	90
7.6 Yayılım Kaynaklarının Yayılım Dereceleri	90

7.7 Yayılma Kaynağının Boyutu ve Yarıçap	91
7.8 Yayılma Kaynaklarının Yayılma Hızının Değerlendirilmesi.....	92
7.8.1 TK-201 Toluen depolama tankı yayılım kaynaklarının değerlendirilmesi	92
7.8.1.1 17 Numaralı vana flanşlarının yayılım özellikleri	92
7.8.1.2 17 Numaralı vana flanşlarının konumun özelliği.....	93
7.8.1.3 17 Numaralı vana flanşlarının yayılımın etkileri	94
7.8.1.4 26 Numaralı vana flanşlarının yayılım özellikleri	95
7.8.1.5 26 Numaralı vana flanşlarının konumun özelliği.....	96
7.8.1.6 26 Numaralı vana flanşlarının yayılımın etkileri	97
7.8.1.7 25 Numaralı dikdörtgen kapağın yayılım özellikleri	98
7.8.1.8 25 Numaralı dikdörtgen kapağın konumunun özelliği.....	99
7.8.1.9 25 Numaralı dikdörtgen kapağın yayılımın etkileri	100
7.9 Tehlikeli Bölgelerin ve Kapsamının Proses Üzerinde Gösterimi.....	101
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	113
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	131

KISALTMALAR

ATEX	: Patlayıcı Atmosferler
AB	: Avrupa Birliği
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
CENELEC	: Avrupa Standartlaştırma Komitesi
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
LEL	: Alt Patlama Sınır Değeri
UEL	: Üst Patlama Sınır Değeri
SEVESO	: Büyük Endüstriyel Tesisi Kazaları Önleme Direktifi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Kimyasal tesis kaza türleri.	3
Çizelge 2.2 : Dünyada yaşanan endüstriyel kazalara örnekler	5
Çizelge 2.3 : Ülkemizde yaşanan büyük endüstriyel kazalara örnekler	6
Çizelge 4.1 : Birden fazla ana dereceli yayılmanın toplamının alınması prosedürü.	18
Çizelge 4.2 : Ana Boşalma kaynağı İçin Önerilen Delik Kesitleri.....	19
Çizelge 5.1 : Kuru havanın gaz oranları	31
Çizelge 5.2 : Fiziki norm şartlarda havaya ait değerler	32
Çizelge 5.3 : Değişik sıcaklıklardaki kuru havanın yoğunlukları.....	32
Çizelge 5.4 : Açık Alanlarda Havalandırma Hızı (uw)	40
Çizelge 6.1 : Bölge Belirleme Prosedürü	71
Çizelge 7.1 : Tehlikeli bölge sınıflandırması bilgi formu-yanıcı madde listesi	77
Çizelge 7.2 : Depolama tanklarında bulunan ekipmanların yayılım kaynağı	91
Çizelge 7.3 : Kollektör Odası ekipmanların yayılım kaynağı boyutları.....	91
Çizelge 7.4 : Asma kat ekipmanların yayılım kaynağı boyutları	92
Çizelge 7.5 : Zemin kat ekipmanların yayılım kaynağı boyutları	92

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Kimyasal tesis kaza analizi (Inc, 1998).....	4
Şekil 2.2 : Kimyasal tesis kaza nedenleri (Industries, 1998).....	4
Şekil 3.1 : Gaz konsantrasyonun atmosfer de dağılımı	12
Şekil 4.1 : Kaynaktan yayılım türleri.....	20
Şekil 4.2 : Sıvı dolu tanktan sıvı yayılması.	22
Şekil 5.1: Türkiye rüzgar haritası (Türkiye Rüzgar Atlası).....	41
Şekil 5.2: Seyreltme derecesini belirlemek için grafiği.....	41
Şekil 5.3: Mekanik ve doğal havalandırma sistemi	46
Şekil 5.4 : Mekanik havalandırma ile hava beslemesi ve ekzost havanın atılması ...	47
Şekil 5.5 : Lokal havalandırma.....	48
Şekil 5.6 : Rüzgarın merkez düzlemde bina lokal basınç katsayısı.	50
Şekil 5.7 : Rüzgarın merkez düzlemde bina global basınç katsayısı.	50
Şekil 5.8 : İç ve dış hava, sıcaklık farkına göre oluşan basınç farkları grafiği.....	51
Şekil 5.9 : Alt ve üst açıklıklarda oluşan basınç farkının grafik olarak gösterimi.....	52
Şekil 5.10 : Nötr Basınç.....	52
Şekil 5.11 : İç ve dış hava hareketlerine göre nötr basınç değişiminin grafik	53
Şekil 5.12: Etkili eşdeğer açıklık alanında m^2 taze hava hacimsel debisi	53
Şekil 5.13 : Karşıt havalandırma itici güçlerin örneği	55
Şekil 5.14 : Rüzgar kaynaklı tek geçişli havalandırmada.....	58
Şekil 5.15 : İki geçişli ve sıcaklık etkisiyle havalandırma.....	58
Şekil 5.16 : Tek geçişli ve sıcaklık etkisiyle havalandırma.....	58
Şekil 5.17 : İki taraflı havalandırma.	58
Şekil 5.18 : İki taraflı rüzgar etkisiyle havalandırma.	59
Şekil 5.19 : İki taraflı sıcaklık etkisiyle havalandırma.	62
Şekil 5.20.a : Ruzgar kulesi.	61
Şekil 5.20.b : Stack havalandırma.	61
Şekil 5.20.c : Avlu havalandırma.	61
Şekil 5.20.d : Avlu havalandırma.	61
Şekil 5.21 : Mekanik havalandırma tesisatı.....	63
Şekil 5.22 : Havalandırma amaçlı sistem.	64
Şekil 5.23 : Fan vasıtasıyla mahale hava akışı.	64
Şekil 6.1 : Bölge 0	67
Şekil 6.2 : Bölge 1	68
Şekil 6.3 : Bölge 2	70
Şekil 6.1: Tehlikeli bölgelerin mesefa tahmin grafiği.	72
Şekil 7.1 : Depolama tankları.	78
Şekil 7.2 : Kollektör grubu.	79
Şekil 7.4 : R-203 ve R-204 reaktörlerin üst kısmı.	80
Şekil 7.5 : TK-201 de toluen ve TK-202 dikdörtgen depolama tankları.....	80
Şekil 7.6 : R-203 ve R-204 reaktörlerin zemin kattaki kısmı.	81
Şekil 7.7 : R-203 ve R-204 reaktörün zemin kattaki kısmı.	81

Şekil 7.8 : Zemin kat toluen ve white spirite elleçleme hattı	82
Şekil 7.9 : Zemin kat Butil akrilat,sitren ve vinil asetat sitren elleçleme hattı	82
Şekil 7.10 : Tesisin vaziyet planı	83
Şekil 7.11 : Depolama tankları ve kollektör odası yerleşim plan	84
Şekil 7.12 : 1. Asma kat yerleşim planı	85
Şekil 7.13 : 2. asma kat yerleşim planı	86
Şekil 7.14 : Zemin kat yerleşim planı	87
Şekil 7.15 : Toluen ve white spirit elleçlemede yanıcı madde presesi izometrik	88
Şekil 7.16 : Tutkal üretiminde yanıcı madde presesi izometrik çizimi	89
Şekil 7.17 : Elleçlemede yanıcı madde presesi bölge kapsamı	90
Şekil 7.18 : Tutkal üretiminde yanıcı madde presesi tehlikeli bölge kapsamı	91
Şekil 7.19 : Depolama tankları ve yerleşim planı tehlikeli bölge	92
Şekil 7.20 : 1. Asma kat yerleşim planı yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı	95
Şekil 7.21 : 2. Asma kat yerleşim planı yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı	102
Şekil 7.22 : Zemin kat yerleşim planı yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı	103

KİMYASAL PROSESLERİN GÜVENLİĞİNDE PARLAYICI, PATLAYICI KİMYASAL ORTAMLARIN ETKİ ANALİZİ VE SAHA UYGULAMASI

ÖZET

Günümüzde başta kimya sanayii olmak üzere pek çok endüstri dalında yaşanan yangın, patlama, kimyasal yayılması gibi olaylar can ve mal kayıplarına ve çevrenin tahribatına sebebiyet vermektedir. Bu tür tehlikelerin engellenmesi ve kontrol altında tutulmasına yönelik tüm çalışmalar ‘Proses Güvenliği’ kavramı altında ele alınmaktadır ve temel olarak, proses güvenliği bir süreç yönetimidir ve büyük endüstriyel kazaların önlenmesi amacıyla yapılmaktadır. ‘İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’ çerçevesinde getirilen risk değerlendirme, acil durum planı hazırlama, SEVESO süreçleri, patlayıcı ortamlara yönelik çalışmalar ile IEC 60079 gibi standartlarla geliştirilen güvenlik ve risk kavramları, Proses Güvenliğinin teknik ve yönetsel alanlarının bütünleşmesini kaçınılmaz kılmaktadır.

Bilindiği gibi kimyasal tesisler çeşitli riskler taşımaktadır ve bu riskler işçilerin hayati önem arzeden kazalara maruz kalmasına ve çevresel tehditlere neden olmaktadır. Bir kimyasal tesiste karşılaşılan başlıca riskler, mekanik tehlikeler, yangın, patlama tehlikeleri, reaktif madde tehlikeleri ve toksik tehlikeleri olarak sınıflandırılabilir. Bu risklerin tam olarak ortadan kaldırılması mümkün olmasa da, bu riskler kabul edilebilir bir seviyeye indirilebilir.

Kimyasal tesis kaza türlerinden patlama, tesiste maliyetli ve ölümlü kazalara sebep olmaktadır. Patlama nedenlerinden en etkili olanı gaz ve buhar patlamasıdır. Tesiste oluşabilecek muhtemel tehlikeli bölgelerin tespit edilmesi için yapılması gereken, proseste kullanılan yanıcı gaz ve sıvı kimyasal maddelerin patlamaya sebep olacak fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve tesisteki yayılma kaynağının tespitidir. Bu amaçla, patlayıcı bölge oluşmasına neden olabilecek gaz ve sıvının, prosesteki hız ve debilerinin önceden belirlenmesi ve buna göre tesisin optimize edilmesi gereklidir.

Sunulan bu tezde, proses güvenliği alanında Türkiye’deki mevcut durumu belirlemek, ATEX, yangın güvenliği, iş güvenliği ve proses kontrolü alanlarında değerlendirmeler yapmak, patlayıcı ve yanıcı kimyasalların yönetimi konusundaki uygulamalar ile proses güvenliği arasındaki dengeyi tartışmak asıl hedeftir. Tespit edilen sonuçlar ışığında, reel olarak faaliyette bulunan bir tesis için, tehlike arz eden gaz ve sıvı kimyasalların akış hızları, yayılım hızları, gaz ve sıvı hacimsel debileri, kritik basınç ve kritik sıcaklık değerlerinin teorik olarak saptanmasına ilişkin veriler derlenmiştir. Bu veriler ışığında, endüstriyel bir tesis için proses güvenliği sınırlamaları belirlenerek, oluşabilecek patlama ve yangın gibi tehlikelerin oluşma ihtimali formalize edilebilir özellik kazanmıştır.

Anahtar Kelimeler: 60079-1:10, ATEX, Patlamadan Korunma Dökümanı, Patlayıcı Ortam, Patlayıcı Atmosfer

IMPACT ANALYSIS AND CASE STUDY OF FLASHING, EXPLOSIVE CHEMICAL COMPOUNDS IN CHEMICAL PROCESSES SAFETY

SUMMARY

Nowadays, incidents such as fire, explosion, chemical substance release, which are faced in the first place chemical industry and lots of other sectors, cause many loss of lives and properties and ecocide. Studies which are done for preventing and keeping under control of these dangers are discussed under 'Process Safety' term and process safety is a management process which is done for preventing major industrial accidents. Risk analysis, emergency plan preparation, SEVESO process, studies for atmospheres explosive, studies for explosion which are developed based on like IEC 60079 which was brought as a part of 'Occupational Health and Safety' law, makes inevitable to become integrated technical and management areas of Process Safety.

As it is known, chemical industry have various risks and these risks cause much loss of lives and environmental hazards. In a chemical plant, the main dangers can be classified as mechanical threats, fire, explosion, reactive compound dangers and toxic hazards. Although it is not possible to remove these risks, they can be reduced to acceptable levels.

The explosive atmospheres which is a chemical plant explosion type of chemical plant accidents, causes costly and fatal accidents. The most effective cause of explosions is the release of combustible gas and vapor. To designate possible hazardous zones which may occur in plants, it is necessary to determine the physical properties of gases and liquids which cause explosion and to determine of the sources of release in the facility. For this purpose, flow rate and mass flow rate of the gases and liquids which can cause the formation of hazardous zones should be predetermined, and the plant should be optimized accordingly these parameters.

In this thesis, the main purpose is to discuss current case in Turkey for process safety, to evaluate the application of ATEX, fire safety, occupational safety and process control, to discuss the balance between application of chemical substances management and process safety. For this purpose, flow rates, mass flow rates, releasing rates, volumetric flow rates of gas and liquids and flow of the gases and liquids which can cause the formation of hazardous area were pre-determined for an actively working plant. In this study, the data was collected for the determination of flow rates, release rates, gas and liquid flow rates, the theoretical critical pressures and critical temperatures of gas and liquid chemicals which constituted a hazardous area in a chemical plant. Regarding these data, process safety parameters were determined and possible hazards, like explosion and fire, were modeled avoid to accident.

Anahtar Kelimeler: 60079-1:10, ATEX, Explosion protection document, Explosive Environment, Explosive Atmosphere

1. GİRİŞ

Kimyasal proseslerde kullanılan yanıcı ve parlayıcı kimyasal maddelerin; çalışana, çalışma ortamına ve çevresine zarar vermemesi amacıyla, patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi ya da prosesin doğası gereği, patlayıcı ortam oluşmasının kaçınılmaz olduğu durumlarda, patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek ve bununla birlikte patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemleri almak için detaylı bir proses güvenliği çalışması yapılması gereklidir. ‘Çalışanların patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunması’ hakkındaki yönetmeliğin 7. maddesine göre işveren ‘Çalışanların ve diğer kişilerin sağlık ve güvenliği için tehlike arz eden patlayıcı ortam oluşma ihtimali olan yerlerde güvenli çalışma şartlarını sağlar. Yapılan risk değerlendirmesi sonucuna göre, çalışanların sağlık ve güvenliği için tehlike arz eden patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunan yerlerde, çalışma süresince uygun teknik önlemleri alarak bu kısımların gözetim altında tutulmasını sağlar’ hükmüne ve aynı yönetmeliğin 10. maddesine göre de, işveren patlamadan korunma dökümanını hazırlamakla yükümlüdür. Patlamadan korunma dökümanında; patlama riskinin belirlendiği ve değerlendirildiği hususu, bu yönetmelikte belirlenen yükümlülüklerin yerine getirilmesi için alınacak önlemler, işyerinde sınıflandırılmış yerler, asgari gereklerin uygulanacağı yerler ve uyarı cihazları da dahil olmak üzere iş ekipmanının tasarımı, işletilmesi, kontrolü ve bakımının güvenlik kurallarına uygun olarak sağlandığı yazılı olarak yer almaktadır. Patlamadan korunma dökümanı işin başlamasından önce hazırlanır ve işyerinde, iş ekipmanında veya iş organizasyonunda önemli değişiklik, genişleme veya tadilat yapıldığı hallerde yeniden gözden geçirilerek güncellenmek zorundadır. Patlamadan korunma dökümanının hazırlanması yasal zorunluluktur.

Sunulan bu tez çalışmasında, solvent bazlı tutkal imalatı yapan bir tesiste, patlayıcı gaz ortamı bulunan ya da bulunma olasılığı olan bir alan içindeki mevcut proses ekipmanlarının kurulması ve kullanılması için özel tedbirlerin alınmasını gerektirecek parametrelerin belirlenmesi ve modellenmesi hedeflenmiştir. Patlayıcı atmosferin belirlenmesi için TS EN 60079-10-1-2015, ‘Patlayıcı ortamlar,

Bölüm 10-1: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Patlayıcı gaz atmosferler standardı' kullanılmıştır. Aynı zamanda tehlikeli patlayıcı atmosferin ortamdaki uzaklaştırılması amacıyla havalandırma etkisi incelenmiştir. Tesiste ortaya çıkan tehlikeli alanlar ve bu alanların kapsamı hesaplanmış, tehlikeli bölgenin kabul edilebilir risk seviyesine indirgenmesi ya da patlama olmaması için alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

2. KİMYASAL PROSELERDE TESİS KAZALARI

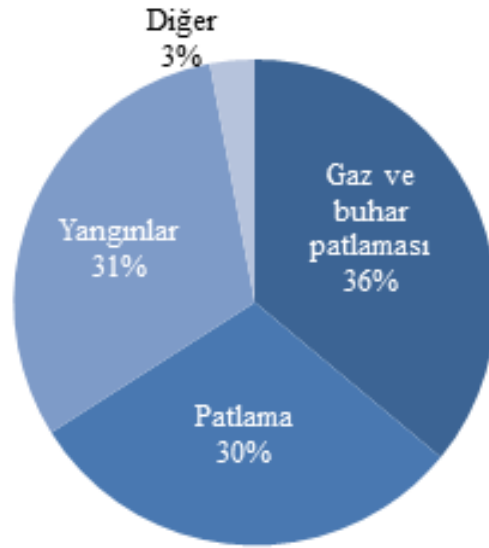
Kimya sanayii başta olmak üzere, teknolojinin gelişimi ile daha karmaşık endüstriyel proseslerin kullanımı yaygınlaşmış ve proses içinde ve çevresinde ciddi tehlikeler ortaya çıkmıştır. Karmaşık süreçler, karmaşık güvenlik tedbirlerini gerektirmektedir ve bu durum ‘proses güvenliği’ kavramını doğurmaktadır. Verimli bir proses güvenliği kimya sanayii başta olmak üzere tüm endüstri kolları için bir seçim değil, bir zorunluluktur (Crowl, 2002).

Yanıcı ve zehirli maddelerde yapılan çalışmalar, çevreye ve insana zarar verecek riskler barındırmaktadır. Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi, en yaygın kaza türleri karşılaştırıldığında, kimyasal tesislerde yangın meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu, patlamanın meydana gelme ihtimalinin ise daha düşük olduğu saptanmıştır (Kletz, 2011).

Çizelge 2.1 : Kimyasal tesis kaza türleri.

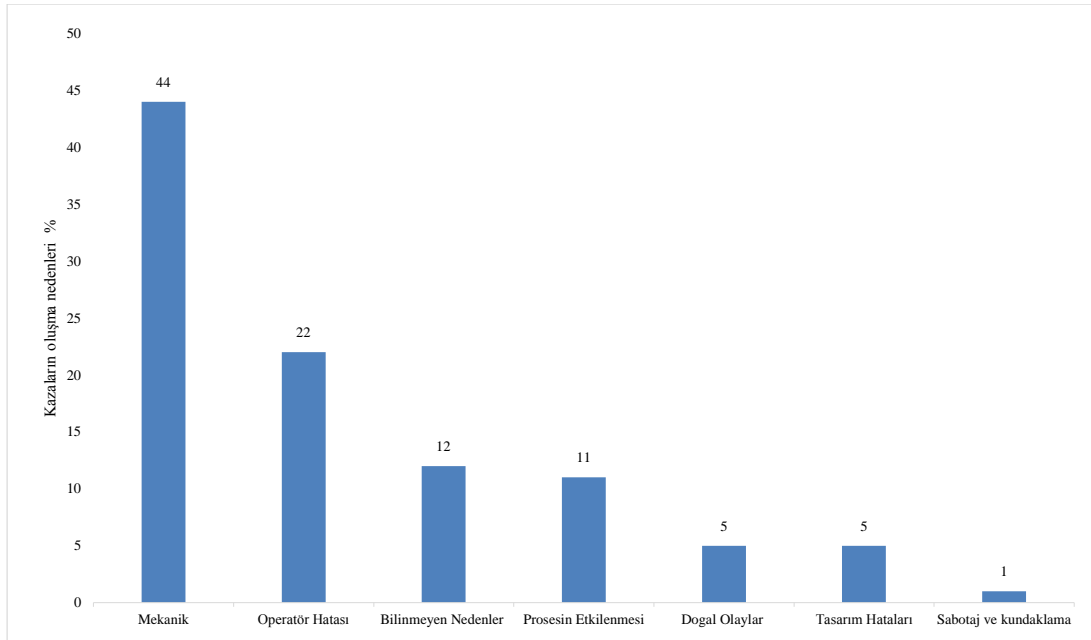
Kaza Tipi	Meydana gelme İhtimali	Ölümlü kaza ihtimali	Ekonomik kayıp ihtimali
Yangın	Yüksek	Düşük	Orta
Patlama	Orta	Orta	Yüksek
Toksik Salımı	Düşük	Yüksek	Düşük

Şekil 2.1’de gösterilen kimyasal tesis kaza analizinde, gaz ve buhar patlaması yüksek risk taşımaktadır (Inc, 1998). Bu nedenle yanıcı madde kullanılan petrokimya gibi endüstrilerde patlayıcı atmosferin oluşması engellenmelidir. Patlayıcı atmosferin önlenemediği durumlarda, ateşleme kaynaklarının tehlikeli bölge içinde yer almayacak şekilde tesis dizayn edilmeli ve patlama yayılımı engellenmelidir.



Şekil 2.1: Kimyasal tesis kaza analizi (Inc, 1998).

Kimyasal tesislerde kaza nedenlerinin başında mekanik arızalar gelmektedir (Şekil 2.2). Pompa, vana ve kontrol elemanlarından kaynaklanan kazalar, bakım ve onarım prosedürünün tam anlamıyla yerine getirilmemesinden kaynaklanmaktadır. İnsanlardan kaynaklanan kazaların eğitim ve bilgilendirme ile kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesi mümkündür (Industries, 1998).



Şekil 2.2 : Kimyasal tesis kaza nedenleri (Industries, 1998).

2.1 Avrupa’da ve Türkiye’de Kimyasal Tesis Kazalarına Genel Bakış

Tehlikeli kimyasallar içeren endüstriyel tesislerde meydana gelen kazalar, insan ve çevre sağlığı için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Bu kazalar çalışanlar için hayati tehlike oluşturduğu gibi işletme çevresindeki yerleşim yerlerini tehdit etmekte ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

Kazalar incelendiğinde, yangın ve patlamaların meydana geldiği kazaların coğrafi ve iklimsel etkileri sınırlı olabilmektedir. Ancak Fransa’nın Toulouse şehrinde meydana gelen felakette olduğu gibi zehirli maddelerin havaya, suya ya da toprağa yayılmasıyla oluşan “domino etkisi” sonucunda bu etkiler çok büyük boyutlara ulaşabilmektedir (Özkılıç, 2014).

İtalya’nın Seveso kasabasında 1976 yılında triklorofenol üretimi yapan bir reaktörde meydana gelen patlama sonucu gaz bulutu çevreye yayılmış ve 36.000 kişi bu gazdan etkilenmiş, 80.000 hayvan telef olmuş, 110 hektar tarım alanı kullanılamaz hale gelmiştir.

Çizelge 2.2’de dünyada yaşanan kazalardan örnekler sunulmuştur.

Çizelge 2.2 : Dünyada yaşanan endüstriyel kazalara örnekler

Yıl	Yer	Olay	Sonuç
1974	İngiltere-Flixborough	Kimyasal madde üretim reaktörü patlaması	29 ölü, 100 yaralı, 2.000 konut ve işyeri hasarlı
1976	İtalya-Seveso	Tetraklorodibenzo dioksin sızıntısı	36.000 kişi etkilendi, 80.000 hayvan telef oldu, 110 hektar tarım alanı kullanılmaz hale geldi.
1984	Hindistan-Bhopal	Metilzosiyanat sızıntısı	2.000 ölü, 200.000 kişi etkilendi.
1984	Meksika-Mexico City	Propan patlaması	650 ölü, 4.000 yaralı
2001	Fransa-Toulouse	300 ton Amonyum Nitrat patlaması	30 ölü, 2.500 yaralı

Büyük endüstriyel kazaların benzerleri Türkiye’de de meydana gelmektedir. 1900-2014 yılları arasında Türkiye’de 133 adet teknolojik afet raporlanmış, 5.912 kişi hayatını kaybetmiş, 278 milyon dolar ekonomik kayıp olmuştur. İzmit’teki 1999 depremi sırasında Tüpraş rafinerisinde ve Yalova Aksa tesislerinde meydana gelen kazalar, çok sayıda insanın bölgeden tahliyesine, mal kaybına ve çevresel kirliliğine yol açmıştır. Tuzla Tersaneler Bölgesi, Akçagaz LPG dolum tesisi ve Kayalar Kimya

ve Sanayi A.Ş.'de büyük kazalar meydana gelmiş ve yaklaşık 200 milyon dolarlık zarar ortaya çıkmıştır. Çizelge 2.3'de ülkemizde yaşanan kazalara örnekler verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Ülkemizde yaşanan büyük endüstriyel kazalara örnekler

Yıl	Yer	Olay	Sonuç
1976	Balıkesir	Şeker fabrikasında patlama	1 ölü, 6 yaralı
1978	Kocaeli	Petrol depolama tesisinde yangın	mal kaybı (tam tahribat)
1978	Izmir	Şeker fabrikasında patlama	2 ölü, 1 yaralı
1980	Batman	Petrol rafinerinde patlama	2 ölü, 18 yaralı
1988	Kocaeli	Fermentasyon tesisinde patlama	5 ölü
1989	Istanbul	Boya fabrikasında patlama	14 ölü, 44 yaralı
1990	Istanbul	İlaç fabrikası patlama	2 ölü
1992	Tekirdağ	Tekstil fabrikasında patlama	32 ölü, 84 yaralı
1997	Istanbul	Tersanede patlama	2 ölü, 24 yaralı
1997	Denizli	Seluloz fabrikasında yangın	Mal kaybı
1999	Kocaeli	Petrol rafinerinde yangın	Çevreye zarar
1999	Yalova	Akrilik elyaf fabrikasında sızıntı	Çevreye zarar
1999	Istanbul	Boya Fabrikasında yangın	6 ölü, 20 yaralı
1999	Tekirdağ	Kimyasal depolama tesisinde sızıntı	2 ölü, 3 yaralı,
2000	Kocaeli	Kimyasal depolama tesisinde patlama	4 yaralı
2002	Istanbul	Lastik fabrikasında patlama	1 ölü, mal kaybı
2002	Kocaeli	Petrol rafinerinde patlama	5 yaralı
2002	Kocaeli	LPG depolama tesisinde patlama	2 yaralı, mal kaybı
2003	Izmir	LPG deposunda patlama	2 yaralı
2003	Istanbul	Demir-Çelik fabrikasında patlama	2 ölü, 2 yaralı
2003	Kocaeli	Petrol rafinerinde yangın	Mal kaybı
2003	Kocaeli	Boya fabrikasında patlama	Mal kaybı
2003	Hatay	Kimya fabrikasında sızıntı	150 yaralı
2007	Ankara	LPG depolama tesisinde patlama	1 ölü, 1 yaralı
2007	Istanbul	Motor yağı depolama tesisinde patlama	4 ölü
2007	Kocaeli	Petrol rafinerinde patlama	2 ölü, 7 yaralı
2009	Izmir	Petrol rafinerinde patlama	4 yaralı
2009	Kocaeli	Petrol rafinerinde patlama	2 yaralı
2009	Antalya	Kimya fabrikasında patlama	3 yaralı

2.2 Dünya'da Kimyasal Tesis Kazaları Azaltılması İçin Alınan Önlemler

Patlayıcı ortamların sınıflandırılması ve risklerin değerlendirilmesi için dünyada iki görüş hakimdir. Bu görüşlerden birincisi Kuzey Amerika görüşü, ikincisi ise Avrupa Birliği Atmosphères Explosives (ATEX) direktif ve standartları sonucu uygulanmakta olan Batı Avrupa görüşüdür. Özellikle Avrupa Birliği direktiflerinin mevzuatımıza uyarlanmış olması sebebiyle, patlayıcı ortam sınıflandırılması konusu

büyük önem kazanmıştır. 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 gerçekleştirilmektedir (Özkılıç, 2014).

1976 yılında, Avrupa Topluluğu Konseyi, üye ülkelerin, potansiyel patlayıcı atmosferlerde elektriksel teçhizat kullanımına ilişkin olarak, 76/11/EEC sayılı yönergeyi yayınlamış ve 1994 yılında 94/9/EC sayılı yönerge ile mevcut yönergenin teknik gelişmelere uyumunu sağlamıştır.

16/12/1999 tarihli ve 99/92/EC sayılı yönerge (ATEX 137), Avrupa Parlamentosu ve Konseyi direktifi olarak yayınlanmış ve bu direktif ile, yanıcı kimyasal madde kullanılan tesislerde, tehlikeli bölgeler, patlamanın oluşmaması ya da oluştuğu durumda çalışanların patlamadan etkilenmemesi için alınması gereken tedbirler belirlenmiştir.

14/12/1999 tarihli 99/9/EC sayılı ATEX 100a, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi direktifi olarak yayınlanmış ve bu direktif ile patlayıcı ortamlarda kullanılacak teçhizatların özellikleri belirlenmiştir.

2.3 Türkiye’de Kimyasal Tesis Kazaları Azaltılması İçin Alınan Önlemlere Yönelik Mevzuatlar

Patlayıcı ortamlar ile ilgili ilk düzenleme 24.12.1973 tarihinde ‘Patlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı maddelerle çalışan iş yerlerinde ve işlerde alınacak tedbirler hakkında tüzük’ ile yapılmış, 30.06.2012 tarihli 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile kaldırılmıştır.

Avrupa parlamentosu ATEX 137 ile ‘Patlayıcı ortamların tehlikelerinden çalışanların korunması hakkında yönetmelik’ olarak yayınlanmıştır. Bu yönetmelik 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile 2013 yılında tekrar düzenlenmesi suretiyle halen kullanılır niteliktedir.

2.4 Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması-Patlayıcı Gaz Atmosferler Standartı (EN 60079)

Patlama korumalı bölgelerin tanımlanması ve burada kullanılacak elektrikli malzemelerin bu ortamlara uygunluğu için çalışmalar, IEC tarafından yapılmaktadır. EN 60079 ve takip eden seri numaralı mevzuatlar ile elektriksel patlamaya karşı düzenlenen Avrupa standartları, TC31 teknik komitesi tarafından geliştirilmiş ve Avrupa Birliği ülkelerinde ulusal standartlar olarak kabul edilmiştir. IEC yayınları, ulusal ve bölgesel standartları yönlendirmeyi amaçlayan tavsiyelerle ilgili yasal düzenlemelere sahiptir.

Bölge'ler IEC 60079-10-1 ile 2 standartlarında tarif edilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan IEC 60079-10-1 standardı, ülkemizde 'TS EN 60079-10-1:2015, Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Patlayıcı gaz atmosferler standardı' olarak çevrilmiştir ve halen uygulanmaktadır (Özkılıç, 2014). TS EN 60079 standardı, yanıcı ve patlayıcı kimyasallar ile yapılan çalışmalarda ortama yayılma ihtimali olan gaz veya buhar bulutunun sınıflandırılması ve patlayıcı bölgenin boyutunun hesaplanması için hazırlanmıştır. Bunun için ortama yayılan gaz ve buharın teorik volumetrik eşdeğer hızı ile ortamdaki fiili havalandırma hızlarının analizleri yapılmaktadır.

2.5 Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü-Seveso Direktifleri

Büyük endüstriyel tesislerde meydana gelen kazalar tesise ve tesiste çalışanlara zarar verdiği gibi tesis etrafındaki yerleşim alanlarını da etkilemektedir. Avrupa Birliği, 1976 yılındaki Seveso kazasının ardından, büyük endüstriyel tesislerde, patlama ve zehirli gaz salınımının olası sonuçlarının azaltılması için alınması gerekli önlemlerin belirlendiği, 'Seveso I Direktifi-1982:82/501/EEC' yönergesini, 1982 yılında yayınlamıştır. Daha sonra elde edilen deneyimler ışığında 'Seveso II Direktifi-1996:96/82/EEC' yönergesi bir öncekinin yerini almıştır. Seveso II Direktifine ek çalışmalar yapılarak 2003 yılında tekrar yayınlanmıştır. 2012/18/EEC sayılı Seveso III Direktifi, 2012 yılında AB Bakanlar Konseyi'nde kabul edilmiştir. 'Tehlikeli maddelerle ilgili büyük kaza risklerinin kontrolüne ilişkin yönerge, 96/82/EEC Sayılı Seveso II Yönergesi', Seveso III yönergesinin yürürlüğe girmesi ile 2015 yılında yürürlükten kaldırılmıştır.

2.6 Türkiye’de Seveso Yönergelerinin Uygulanabilirliği

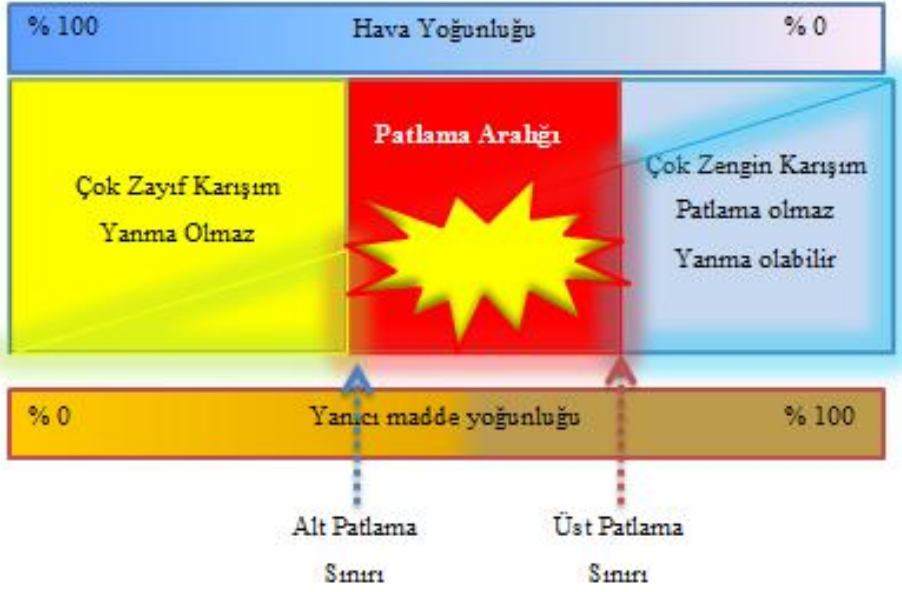
Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, AB’den gelen teknik ve finansal yardımlarla ‘Tehlikeli Madde İçeren Kazaların Kontrolüne İlişkin Seveso II Direktifi’nin uyumlaştırılması konusundaki çalışmalarını 2004 yılında başlatmıştır. Bu çalışmalar sonucunda; 2010 yılında ‘Büyük endüstriyel kazaların kontrolü hakkında yönetmelik’ Seveso II Direktifi ile uyumlu halde yayınlanmıştır. 2014’de ‘Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hakkında yönetmelik’ yayınlanmış ve eski yönetmelik iptal edilmiştir. Yapılan değişlikle birlikte, yönetmelik kapsamında, işletmelerin yapmakla yükümlü oldukları ‘bildirim’ dışındaki ‘Büyük kaza önleme politikası, güvenlik raporu, dahili acil durum planı’ hazırlanması ve sunulması ile ilgili yükümlülükler, 1 Ocak 2016 tarihinde başlamıştır.

3. PATLAYICI ORTAM GENEL BİLGİLER

30.04.2013 tarihli ‘Çalışanların patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunması hakkında yönetmeliği ’ne göre; patlayıcı ortam, yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışım olarak tarif edilmiştir. Bir yanıcı madde, atmosferde yeterli dağılıma ulaşmışsa ve havadaki yoğunluğu patlama sınırlarına erişmişse, patlayıcı ortam oluşması kaçınılmazdır.

3.1 Patlayıcı Gazlı Ortam

Patlayıcı gazlı ortam, normal atmosfer şartları altında havanın gaz veya buhar halindeki yanıcı maddelerle yaptığı karışımdır. Ateşleme olduktan sonra patlama yanmamış olan karışımın tamamına yayılır (IEC 60079-10-1). Yanıcı gaz yoğunluğunun az, hava yoğunluğunun fazla olduğu durumlar, çok zayıf karışımlar olarak isimlendirilir (Şekil 3.1) ve böyle bir durumda, yanma meydana gelmez, bu nedenle ideal bir güvenlik ortamı oluşur. Yanıcı gaz yoğunluğu arttığında ve belirli bir konsantrasyona ulaştığında, gazın ‘Alt patlama’ ve ‘Üst patlama’ sınır değerlerine ulaştığında, bu iki değer arasındaki herhangi bir değerde patlama ve yanma meydana gelir. Bu durumun engellenebilmesi için, hava yoğunluğu artırılarak gazın ait ‘Alt patlama sınır değeri’nin altına düşürülmesi gerekmektedir. Hava yoğunluğunun az, yanıcı gaz ve buhar yoğunluğunun fazla olduğu durumlar çok zengin karışımlardır. Bu durumda yanma ve patlama meydana gelmez ancak hızlı bir şekilde patlama aralığına düşme ihtimali yüksektir, dolayısıyla çok zengin karışımlar patlayıcı gazlı atmosfer olarak değerlendirilmelidir.



Şekil 3.1 : Gaz konsantrasyonunun atmosferde dağılımı

Parlayıcı ve/veya yanıcı maddelerin hava ile yaptıkları karışımların, bağımsız olarak bir patlama meydana getirmeyecekleri yapılacak araştırmalarla kanıtlanmadıkça, bu maddeler patlayıcı ortam oluşturabilecek maddeler olarak kabul edilir.

3.1.1 Patlayıcı gazlı atmosferin varlığı açısından tehlikeli alan

Patlayıcı gaz ortamı bulunan ya da bulunması beklenen bir prosesin kurulduğu alan, patlayıcı gazlı atmosferin varlığı açısından tehlikeli alan olarak değerlendirilir ve bu alandaki mevcut cihazların kurulması ve kullanılması için özel tedbirlerin alınmasını gerektirir. Prosesteki atmosfere kapalı olan patlayıcı gaz ile işlem yapılan ekipmanlar da, hava girişi olmasa da ekipman içinde iç yangın olma olasılığı bulunduğu için tehlikeli alan olarak değerlendirilmelidir.

3.1.2 Patlayıcı gazlı atmosferin varlığı açısından tehlikesiz alan

Patlayıcı gaz ortamı bulunması beklenen ya da bulunan bir prosesin kurulduğu alandaki mevcut cihazların kurulması ve kullanılması için özel tedbirlerin alınmasını gerektirmeyecek alandır.

3.1.3 Tehlikeli alan yaratan gaz ve sıvı tanımları

Yanıcı madde; kendiliğinden yanabilen gaz, buhar veya buğu çıkaran maddedir.

Yanıcı sıvı; parlama noktası 37.8°C ve daha yüksek olan sıvıdır. Yandığında B sınıfı yangın meydana getirir. Benzin, benzol, makine yağları, laklar, yağlı boyalar, katran ve asfalt gibi maddeler B sınıfı yangına sebep olmaktadır.

Parlama noktası; belirli standart şartlar altında, bir sıvının alevlenebilir buhar/hava karışımı oluşturacak miktarda buhar çıkardığı en düşük sıcaklıktır.

Kaynama noktası; saf bir sıvının atmosferik basınçta kaynamaya başladığı sıcaklıktır. Sıvı karışımlar için kullanılması gereken kaynama noktası ise, mevcut sıvı serisinin en düşük kaynama noktasına sahip olanı ile belirlenir.

Buhar basıncı; bir sıvının kendi buharıyla dengede iken oluşturduğu basınçtır. Buhar basıncı sıcaklığın fonksiyonudur.

Çok kolay alevlenir madde; 0°C'den düşük parlama noktası ve 35°C'den düşük kaynama noktasına sahip bir sıvı ile oda sıcaklığında ve atmosferik basınç altında hava ile temasında yanabilen bir gaz, çok kolay alevlenir maddedir.

Alevlenir gaz veya buhar; belirli bir oranda hava ile karıştığında patlayıcı atmosfer oluşturan gaz veya buhardır.

Yanıcı buğu; patlayıcı atmosfer oluşturacak şekilde havaya yayılmış sıvı damlacıklarıdır.

Bir gaz ve buharın bağıl yoğunluğu; aynı basınç ve sıcaklıkta havanın yoğunluğu referans alınmasıyla saptanan bir gaz veya buharın yoğunluğudur.

Patlayıcı gaz ortamının alev alma sıcaklığı; belirli şartlar altında, gaz veya buhar halindeki yanıcı madde ile havanın yaptığı karışımın alev aldığı en düşük sıcaklıktır.

Alt patlama sınır değeri (LEL); belirlenen bir değerin altında olması durumunda, patlayıcı gazlı atmosferin ortaya çıkmayacağı alev alabilen gazın, buharın veya buğunun yoğunluğudur.

Üst patlama sınır değeri (UEL) ; belirlenen değerin üstünde olması durumunda, patlayıcı gazlı atmosferin ortaya çıkacağı alev alabilen gazın, buharın veya buğunun yoğunluğudur.

3.2 Çalışma Operasyonları

Çalışma operasyonları aşağıda listelendiği gibidir.

a) Normal çalışma şartı

Normal çalışma şartlarında, proseste yanıcı madde az da olsa bir yayılım meydana gelebilir. Arıza nedeniyle ya da bakım ve onarım yapılmayan iş ekipmanlarından kaynaklı yayılmalar normal çalışma şartı olarak değerlendirilemez.

b) Periyodik bakım

Ekipmanın performansını korumak için üretici tarafından önerilen periyotlarda normal çalışma şartlarında bakım yapılmasıdır.

c) Sık rastlanmayan (nadir) arızalar

Sık rastlanmayan arızalar, yanıcı maddenin prosesten yayılmasına yol açacak zincirleme sorunların başlangıcı olabilmektedir ve bu durum otomatik veya elle (manuel) proses kontrollerin başarısız olmasına sebep olmaktadır.

d) Geri dönülmez hatalar

Yanıcı maddenin büyük bir felaket sonucu ortama yayılmasıdır.

4. GAZ VE BUHARIN ORTAMA YAYILIM TÜRLERİ VE KAYNAKLARI

Patlayıcı gaz ortamı sadece yanıcı gaz veya buharın hava ile birlikte mevcut olması halinde oluşacağı için, yanıcı maddelerin ortamda mevcut olmasının mümkün olup olmadığına karar verilmesi gerekir. Genel olarak bu gaz ve buharlar, tamamen kapatılmış veya atmosfere açık proses teçhizatının içinde bulduklarından, tesiste yanıcı atmosferin nerede mevcut olacağına ya da yanıcı maddelerin yayılması ile nerede yanıcı atmosfer meydana getireceğinin öngörülmesi önemlidir.

Yayılım kaynağı, patlayıcı gaz ve buhar atmosferinin oluşmasına sebep olabilecek şekilde, gazın, buharın veya buğunun prosesden boşaldığı noktadır. Yayılım kaynağının, birden fazla yayılma şekli olabilir. Tank, pompa, boru hattı, kap, vb. proses teçhizatlarının her biri, potansiyel bir yanıcı madde yayılım kaynağı olarak değerlendirilir.

Kapalı proses sistemlerinde, filtre değiştirme ve malzeme doldurma esnasında, bazı bölümlerinin açılmasından dolayı yayılma kaynağı olarak düşünülmesi gereklidir. Bu prosedür ile her yayılım 'sürekli', 'ana' veya 'tali' olarak derecelendirilmelidir. Yayılmanın derecesi tayin edildikten sonra, boşalma hızı ve bölgenin yayılma sınırlarını etkileyen diğer faktörler belirlenmelidir. Eğer yayılması söz konusu olan yanıcı maddenin toplam miktarı az ise, bu bölge için sınıflandırma prosedürünün kullanılması uygun olmaz. Ateşlemeli ısıtıcılar, fırınlar, kazanlar, gaz türbinleri gibi içinde yanıcı malzeme bulunan proses teçhizatının bölge sınıflandırmasında, tahliye çevrimi, başlatma ve kapatma şartları dikkate alınmalıdır. Sıvı sıcaklığı parlama noktasının altında bile olsa, sıvı sızıntılarından oluşan buğular yanıcı olabilir. Bu nedenle, buğunun meydana gelmesini önlemek önem arz eder.

Tesisteki teçhizatlardan birinin yanıcı madde ihtiva ettiği öngörülüyorsa, etrafında tehlikeli bölge oluşturması mümkün değildir. Aynı durum yanıcı madde ihtiva eden fakat bunu atmosfere yayamayan elemanlar için de geçerlidir. Eğer bir elemanın atmosfere yanıcı madde yayabileceği tespit edilirse, yayılmanın sıklığı ve süresi tayin edilerek, yayılma derecesinin belirlenmesi gerekir.

4.1 Kaynakların Yayılım Dereceleri

Tehlikeli bölge türünü belirlenmenin temel unsurları, yayılım kaynaklarının tesbiti ve yayılma derecelerinin belirlenmesidir. Yayılım derecelerine göre kaynaklar aşağıdaki gibidir.

- Sürekli dereceli yayılım veren kaynaklar

Sürekli, dereceli yayılım veren kaynaklara, sabit bir çatı tankında bulunan ve atmosfere kalıcı açıklığı olan yanıcı bir sıvının yüzeyi örnek olarak verilebilir. Bu kaynaklar, prosesteki devamlı veya uzun sürelerle devam etmesi beklenen boşalma kaynağıdır (IEC 60079-10-1).

- Ana dereceli yayılım veren kaynaklar

Normal çalışmada periyodik olarak meydana gelen boşalma kaynağıdır (IEC 60079-10-1). Ana dereceli yayılım veren kaynaklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- a) Normal çalışmada, yanıcı madde yayması beklenen pompa, kompresör ve vana keçeleri,
- b) Kaplarda bulunan ve normal çalışmada sıvı tahliye edilirken atmosfere yanıcı madde yayması mümkün olan sıvı tahliye noktaları,
- c) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenen numune alma noktaları,
- d) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenen tahliye vanaları, havalandırma vanaları ve diğer açıklıklar.

- Tali dereceli yayılım veren kaynaklar

Normal çalışmada periyodik olarak meydana gelmesi beklenmeyen, meydana gelse de seyrek olarak ve kısa sürelerle oluşan yayılmadır. Tali dereceli yayılım veren kaynaklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- a) Normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenmeyen pompa, kompresör ve vana keçeleri,
- b) Normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenmeyen flanşlar, bağlantılar ve boru bağlantı parçaları,
- c) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenmeyen numune alma noktaları,
- d) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenmeyen tahliye vanaları, havalandırma vanaları ve diğer açıklıklar.

4.2 Yayılma Kaynaklarının Değerlendirilmesi

Yayılma kaynağının sınıflandırılması doğru ve kesin bir şekilde yapılmalıdır. Bazı durumlarda, prosesteki yayılma kaynağını ayırt etmek güç olabilmektedir. Yukarıda verilen tanımlar dikkate alınarak, mühendislik tecrübesi, bilgi ve birikime göre en iyi sınıflandırma yapılmalıdır (60079-10-1).

4.3 Kapalı Alanlarda Bulunan Birden Fazla Yayılma Kaynağının Değerlendirilmesi

Kapalı alanlarda birden fazla kaynaktan yayılma olduğunda, bölgenin türünü ve boyutunu belirlemek için, yayılım derecesinin toplamı, arka plan konsantrasyonu ve seyreltme derecesi belirlenmelidir. Sürekli dereceli yayılım veren kaynaktan sürekli olarak yayılma beklenir ve kapalı alandaki bütün sürekli yayılım dereceleri toplu olarak değerlendirilmeli ve en yüksek ana dereceli yayılımlar toplanmalıdır (IEC 60079-10-1). Çizelge 4,1'de birden fazla ana dereceli yayılmanın toplamının alınması prosedürü görülmektedir.

Çizelge 4.1: Birden fazla ana dereceli yayılımın toplamının alınması prosedürü.

Ana dereceli yayılım veren kaynak sayısı	Kullanılacak ana dereceli yayılım veren kaynak sayısı
1	1
2	2
3 ile 5	3
6 ile 9	4
10 ile 13	5
14 ile 18	6
19 ile 23	7
24 ile 27	8

Tali dereceli yayılım veren kaynaktan normal çalışma olmadığı durumda boşlama olması beklendiğinden, herhangi bir zamanda yayılım beklenir ve sadece büyük olan tali dereceli yayılım dikkate alınır. Yayılım derecesinin toplamında proses iyi analiz edilmelidir. Sürekli ve ana dereceli yayılım veren kaynağın olduğu yerde havalandırmanın iyileştirilmesi ve yayılım derecesinin fiziksel önlemlerle düşürülmesi gereklidir.

4.4 Yayılma Kaynağının Boyutu ve Yarıçapı

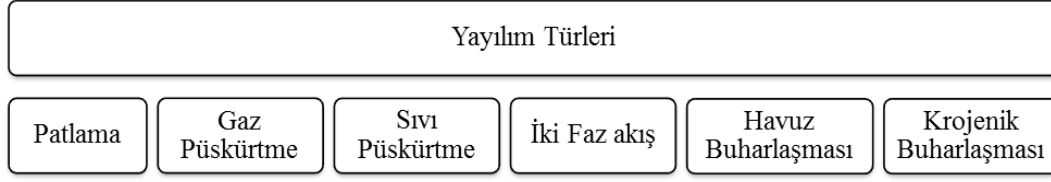
Proseste bulunan ekipmanların bağlantı yerlerinde, çevresel şartlar ve malzemenin ömrüne bağlı olarak yıpranmaların oluşması sebebiyle ya da prosesin işleyişi gereği kimyasal madde atmosfere açık hale gelmektedir. Bu açıklıklarda düşük değerli boyut seçilmesi başarılı sonuç vermeyebilir. Değerlendirmede çalışma koşulları, prostesten kaynaklanan ekipmanın titreşimi, sıcaklık değişimi, kötü çevre koşulları veya olumsuz koşullar dikkate alınmalıdır. Proses tasarımında seçilebilecek en yüksek değer seçilmelidir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Ana boşalma kaynağı için önerilen delik kesitleri (IEC 60079-10-1).

Malzemenin Türü	Türü	Kaçakların Değerlendirilmesi		
		Normal koşullarda, yayılma açıklığının genişleme olmadığına S (mm ²)	Normal koşullarda, yayılma açıklığının genişleme olduğunda S (mm ²)	Normal koşullarda, yayılma açıklığının yüksek genişleme olduğunda S (mm ²)
Sabit parçaların sızdırmazlık elemanları	Sıkıştırılmış fiber contaflaşlar	≥ 0,025 kadar 0,25	>0,25 kadar 2,5	İki cıvata arasında conta kalınlığı genellikle ≥ 1 mm
	Sipirel sargılı contaflaşlar	0,025	0,25	İki cıvata arasında conta kalınlığı genellikle ≥ 0,5 mm
	Yüzük tipi mafsal bağlantısı 50 mm'ye kadar küçük delik bağlantısı (1)	0,1	0,25	0,5
Düşük hızda hareketli parçaların sızdırmazlık elemanları	Vana sapı keçeleri	≥ 0,025 kadar 0,1	≥ 0,1 kadar 0,25	1,0
	Basınç tahliye vanaları	0,25	2,5	NA
Yüksek hızda hareketli parçaların sızdırmazlık elemanları	Pompa ve kompresörler	NA	NA	NA
				≥ 1 kadar 5

4.5 Yayılım Hızı ve Yayılım Hızının Hesaplanması

İstenmeyen durumlarda ortama kimyasal madde serbest bırakıldığında, ortamdaki kimyasal madde oranının belirlenmesinde dört temel kavramsal süreç takip edilmelidir. Bu sürecin amacı, boşalma kaynağının tespitinde bütün parametreleri ve hangi hesap yönteminin kullanılacağını belirlemektir. Yayılma kaynaklarından yayılan gaz ve buharın yayılım türleri Şekil 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Kaynaktan yayılım türleri.

Yayılma hızının hesaplamalarında kullanılan denklemler yanıcı sıvılar ve gazlar için yaklaşık değerler vermektedir. Yayılma hızlarının hassas olması için, yayılma kaynaklarının, yayılma açıklığındaki sıvı ya da gazların vizkoziteleri incelenmelidir. Yanıcı maddelerin yayıldığı açıklık fazlaysa, vizkozite önemli ölçüde yayılma hızını azaltır. Açıklıkların karakteristik özelliklerine, türbülansa ve viskositeye bağlı olarak yüzey basınç katsayısı, düzenli akışın sağlandığı açıklıklarda $C_d = 0,99$, düzensiz akışın sağlandığı açıklıklarda ise $C_d = 0,75$ olarak alınır.

4.5.1 Sıvılar

4.5.1.1 Sıvıların yayılma hızı

Sıvılar endüstriyel tesislerde tanklarda depolanır, pompalar, borular ve ekipmanlar sayesinde proseste yaygın bir şekilde dolaşması sağlanır. Sıvı, bir delik ya da kırık bir borudan çevreye yayıldığında bir havuz ya da akış oluşturur ve ardından buharlaşır. Bu durumda çevre sıcaklığına ve basıncına bağlı olarak proseste ve çevrede oluşabilecek tehlikenin seviyesi sıvı akış hızına bağlı olarak değişmektedir.

Küçük bir delik boyunca sıvı akış hızını hesaplamak için, Bernoulli ve Torricelli prensipleri esas alınmaktadır. Sıvı bir akışkan için mekanik enerji Denklem 4.1'de verilmiştir.

$$g\Delta z + \Delta\left(\frac{u^2}{2}\right) + \int \frac{dP}{\rho} + W_s + F_f = 0 \quad (4.1)$$

g	Yer çekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
Δz	Yükseklik (m)
u	Akışkanın hızı (m/s)
P	Basınç (Pa)
W_s	Pompa, türbin, fan vb. tarafından yapılan iş (kJ/kg)
F_f	Sürtünme kaybı (kJ/kg)
ρ	Sıvı yoğunluğu (kg/m ³)

Sıkıştırılmayan akışkanların için yoğunluk sabit olduğundan Denklem 4.2 aşağıdaki gibidir.

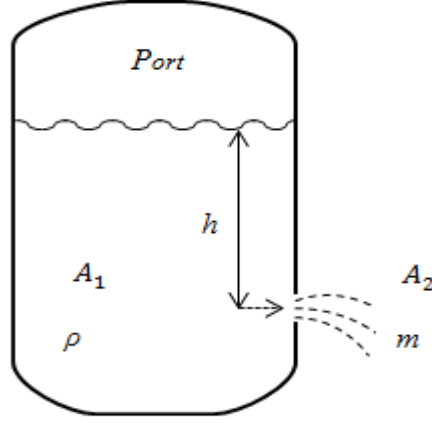
$$\int \frac{dP}{\rho_1} = \frac{\Delta P}{\rho_1} \quad (4.2)$$

Ayrıca herhangi bir pompa ve türbin olmadığı için $W_s = 0$ 'dır.

$$g\Delta z + \Delta\left(\frac{u^2}{2}\right) + \frac{\Delta P}{\rho_1} + F_f = 0 \quad (4.3)$$

4.5.1.2 Sıvı tankı üzerindeki açıklıktan sıvı akışı

Belirli bir seviyeye kadar sıvı dolu olan bir tankta, sıvının herhangi bir noktasında basınç oluşmaktadır. Bu basınç, belirli bir değer ya da atmosfer basıncında sabit tutulmalıdır.



Şekil 4.2 : Sıvı dolu tanktan sıvı yayılması.

Basınçlı veya kriyojenik depolama tankının üst ya da alt kısmında oluşabilecek delinme ilgili iki farklı durum tespit edilmiştir. İçindeki sıvının yoğunluğu ρ olan kapalı tankta sıvı seviyesinin h kadar altında bir delik bulunmaktadır (Şekil 4.2). Sıvının üzerindeki havanın basıncı P 'dir.

Bu durumda sıvının yayılma hızı Denklem 4.4'de verilmiştir.

$$W = C_d \sqrt{2 \rho \Delta p} \quad (4.4)$$

W	Sıvı kütle yayılma hızı (kg/s)
C_d	Yüzey basınç katsayısı
ρ	Sıvı yoğunluğu (kg/m ³)
Δp	Basınç farkı (N/m ²)

Denklem 4.4.'teki Δp değeri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\Delta p = p_v + \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (4.5)$$

Δp	Açıklık boyunca basınç farkı (Pa)
p_v	Sıvının buhar basıncı (Pa)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s ²)
Δh	Sızıntı yapan sıvının yüksekliği (m)

Denklem 4.4 ve 4.5 birleştirildiğinde sıvı kütle yayılma hızı;

$$W = C_D A_o \rho \sqrt{2 \left(\frac{P - P_0}{\rho} + gh \right)} \quad (4.6)$$

W Sıvı kütle yayılma hızı (kg/s)

A_o Delik alanı (m²)

P Kap içindeki basınç (N/m²)

P_0 Ortam basıncı (N/m²)

h Delik üzerindeki sıvı yüksekliği (m)

Sıvı boru hattı üzerindeki delik arızası, tesisat üzerindeki flanş ve vanaların zamanla yıpranması ve contaların yıpranarak özelliğini kaybetmesiyle de arızalar meydana gelmektedir. Tesisatta veya tankta meydana gelen arızalar sonucu sıvı yayılması; tesisatta veya tanktaki sıvı seviyesinin, arızanın meydana geldiği delik seviyesinin altına düşmesine kadar devam etmektedir. Sıvı aşağıya doğru ilerledikçe kütle yayım hızı düşer, herhangi bir t anındaki boşaltma hızı Denklem 4.7 ile ifade edilir.

$$W = C_D A_o \rho \sqrt{2 \left(\frac{P - P_0}{\rho} + gh_{başlangıç} \right)} - \frac{\rho g C_D^2 A_o^2}{A_1} t \quad (4.7)$$

A_1 Tankın kesit alanı (m²)

t Sızıntının başlangıcından itibaren geçen zamanı (s)

Tank içindeki sıvının seviyesinin delik seviyesine düşmesi için geçen zaman;

$$t_e = \frac{1}{C_D g} \left(\frac{A_1}{A_o} \right) \left[\sqrt{2 \left(\frac{P - P_0}{\rho} + gh_{başlangıç} \right)} - \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho}} \right] \quad (4.8)$$

4.5.2 Buharlařan sıvı havuzlarda buharlaşma hızı

Havuzlarda buharlaşma; sıvı dökülmesi ile ve yanıcı sıvının depolandığı açık kaplardan buharlaşması ile gerçekleşmektedir. Havuzlarda buharlaşma prosesi, ince yüzey dökülmeleri için geçerlidir. Sıvı; zeminden, atmosferden, güneş ışınlarından ısı alarak buharlaşır. Endüstriyel proseslerde buharlaşma genellikle zeminden ısı transferiyle meydana gelmektedir. Dökülen sıvının kaynama noktası ortam sıcaklığından düşük ise, havuzda buharlaşma meydana gelmez. Sıvının buharlaşma hızı hesaplanırken, havuzun sıcaklığı çevre sıcaklığında olmalı ve faz değişimi olmamalıdır.

Buharlaşma hızı Denklem 4.9 ile hesaplanır.

$$W_e = \frac{6,55 \times 10^{-3} U_w^{0,78} A_p P_v M^{0,667}}{R T} \quad (4.9)$$

W_e	Sıvının buharlaşma hızı (kg/s)
U_w	Sıvı havuzun yüzeyindeki rüzgar hızı (m/s)
A_p	Havuz yüzey alanı (m ²)
P_v	T sıcaklığındaki sıvının buhar basıncı (kPa)
M	Gaz ve ya buharın molar kütlesi (kg/kmol)
R	Gaz sabiti (J/kmol K)
T	Akışkan, sıvı veya gazın mutlak sıcaklığı (K)

Kaynama sıcaklığındaki buhar basıncı 101,3 kPa kabul edildiğinde;

$$\rho_v = \frac{P_a M}{R T_a} \quad (4.10)$$

ρ_v	Gazın yoğunluğu (kg/m^3)
P_a	Atmosferik basınç (Pa)
M	Gaz veya buharın molar kütlesi (kg/kmol)
R	Gaz sabiti (J/kmol K)
T_a	Ortam mutlak sıcaklığı (K)

Hacim Buharlaşma Oranı; (m^3/s)

$$Q_g = \frac{6,55 U_w^{0,78} A_p P_v T_a}{10^5 M^{0,333}} x \frac{T_a}{T} \quad (4.11)$$

Q_g	Hacim buharlaşma Hızı (m^3/s)
U_w	Sıvı havuzun yüzeyindeki rüzgâr hızı (m/s)
A_p	Havuz yüzey alanı (m^2)
P_v	T sıcaklıkta sıvının buhar basıncı (kPa)
M	Gaz ve ya buharın molar kütlesi (kg/kmol)
T	Akışkan, sıvı veya gazın mutlak sıcaklığı (K)
T_a	Ortam mutlak sıcaklığı (K)

Proseslerde sıvı kütle aktarımını, havanın hareketi önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgar hızı buharlaştırmayı artırır ancak yanıcı gaz veya buharı seyreltir.

4.5.3 Gazlar

Gaz yayılımı, yayılım sırasındaki basınca bağılı olarak, atmosferde gaz püskürtmesi veya gaz bulutu oluşturmaktadır (Çengel, 1997).

Soğuk ortam şartlarında, havadan daha az yoğun gazların düşük hızdaki yayılımları yukarı doğru, havadan daha yoğun gazların yayılımları ise zemin seviyesine ya da çukurlara doğrudur (Hill, 1998). Yüksek basınçlı yayılımlar ilk olarak, etrafındaki hava ile türbülansa girerek karışır ve havada yüksek basınçtaki genişmeden dolayı bir termodinamik etki görülür. Gaz kaynaktan uzaklaştıkça genişler, soğur ve ilk başta havadan daha ağırmış gibi hissedilir. Fakat Joule-Thomson etkisinden dolayı, oluşan soğuma sonunda, hava tarafından sağlanan ısı ile kompanse edilir. Böylelikle oluşan gaz bulutu 'neutrally buoyant' olur. Havadan ağır halden 'neutrally buoyant' davranışa geçiş, yayılımın özelliğine bağılı olarak herhangi bir anda gerçekleşir ve bulut alt patlama sınır değerinin altına kadar seyrelir.

4.5.3.1 Gazların yayılım hızı

Basınçlı gaz, prosesin boru hatlarında ve depolandığı tanklarda bulunmaktadır. Sıvı kimyasalın buharlaşması, tankların üst kısmında gaz birikmesi meydana getirmektedir. Tank yada boru hattında bir delik açılması gazın püskürmesine sebep olur (Raymond A. Serway, 2000). Bir gaz-sıvı sistemi için, belirli bir sıcaklık ve basınç değerinin üstünde, sıvı ve buhar faz birbirinden ayırt edilemez durumda olmaktadır. Bu noktaya kritik nokta denir. Gazın bulunduğu kap içindeki basınç, kritik basınçtan daha yüksek ise, salınan gazın hızı boğulan özellik göstermektedir.

Kritik basınç;

$$p_c = p_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (4.12)$$

p_c Kabın içindeki kritik gazın basıncı (Pa)

p_a Atmosfer basıncı (Pa)

γ Gaz özgül ısı oranı

Gaz özgül ısı oranı;

$$\gamma = \frac{MC_p}{MC_p - R} \quad (4.13)$$

C_p Sabit hacimdeki molar özgül ısı (J / kgK)

M Gazın moleküler kütlesi (kg/kmol)

R Evrensel gaz sabiti (Kj/kmol K)

Tipik bir gaz için, γ değeri yaklaşık olarak 2.0'dir.

Gazın Hacimsel Akış Hızı (m^3/s);

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} \quad (4.14)$$

W_g Sabit basınç altındaki özgül ısı (J / (kgK))

ρ_g Gazın yoğunluğu (kg/m^3)

$$\rho_g = \frac{P_a M}{R T_a} \quad (4.15)$$

P_a Atmosferik basınç (Pa)

M Gaz veya buharın molar kütlesi (kg/kmol)

T_a Ortam mutlak sıcaklığı (K)

$p > P_c$ gazın bulunduğu kap içindeki basınç kritik basınçtan daha yüksek ise;

$$W_g = Sp \sqrt{\gamma \frac{M}{RT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma+1)}{2(\gamma-1)}}} \quad (4.16)$$

W_g	Gazın boşalma hızı (kg/sn)
p	Gazın bulunduğu kap içindeki hızı (Pa)
p_o	Atmosfer basıncı (Pa)
γ	Gaz özgül ısı oranı
S	Gazın salındığı açıklığın çapraz kesiti. (m ²)
M	Gazın moleküler kütlesi (kg/kmol)
T	Kap içindeki mutlak sıcaklık (K)

Gazın boşaldığı açıklıktaki gazın hızı sesin hızına eşitse;

$$V_s = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \quad (4.17)$$

$p < P_c$ gazın bulunduğu kap içindeki basınç kritik basınç daha yüksek ise;

$$W_g = C_d S p \sqrt{\frac{M}{Z R T} \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \cdot \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (4.18)$$

W_g	Gazın boşalma hızı (kg/sn)
p	Gazın bulunduğu kap içindeki hızı (Pa)
p_0	Atmosfer basıncı (Pa)
Γ	Gaz Özgül Isı Oranı
S	Gazın Salındığı Açıklığın Çapraz Kesitidir. (Yüzey alanı, m ²)
M	Gazın Moleküler Kütlesi (kg/kmol)
T	Kap İçindeki Mutlak Sıcaklık (K)
R	Gaz Sabiti (kJ/kmol K)
Z	Sıkıştırma Faktörü

İdeal gazlarda sıkıştırma faktörü $Z=1.0$ dir. Gerçek gazlarda ise sıkıştırma faktörü 1.0 den büyük veya küçük olabilir.

Gazın yayıldığı açıklıktaki gazın hızı aşağıdaki formül kullanılır. (m/s)

$$V_0 = \frac{dG/dt}{p_0 S} \quad (4.19)$$

Genleşen gazın yoğunluğu; (kg/m³)

$$p_0 = p \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (4.20)$$

Kabın içindeki gazın yoğunluğu; (kg/m³)

$$p = \frac{PM}{RT} \quad (4.21)$$

5. HAVALANDIRMA

5.1 Hava, Kuru Hava, Nemli Hava

Atmosferi meydana getiren çeşitli gazlarla su buharı karışımından oluşan akışkana “hava” denir. Hava bir gaz karışımıdır ve havayı meydana getiren gazlar Çizelge 5.1’de verilmiştir. Bu gazların haricinde su buharı da bulunur. Havadaki (H₂O) ve (CO₂) oranları sabit olmakla birlikte iklim şartları ve havanın kullanımına göre değişmektedir.

Çizelge 5.1 : Kuru havanın gaz oranları (Sprenger, 1983).

Gazın Adı	Sembolü	Ağırlık Oranı (%)	Hacim Oranı (%)
Azot	N ₂	75,51	78,10
Oksijen	O ₂	23,01	20,93
Argon	Ar	1,286	0,9325
Karbondioksit	CO ₂	0,04	0,03
Hidrojen	H ₂	0,001	0,01
Neon	Ne	0,0012	0,0018
Helyum	He	0,00007	0,0005
Kripton	Kr	0,0003	0,0001
Xenon	ArXe	0,00004	0,000009

Deniz seviyesinde normal şartlarda bir metreküp havanın ağırlığı 1,293 gram ve basıncı da 1,01325 bar’dır. Hava hareketleri bazı atmosfer olaylarına sebep olur. Sıcaklığın artmasıyla hava yoğunluğu azaldığından hava yükselir ve yükselen havanın yerine daha soğuk hava geçer ve böylece hava akımları oluşur. Hava ile ilgili büyüklükler hesaplanırken fiziki şartlar; 0°C sıcaklık ve 1,01325 bar basıncın olduğu açık ve temiz bir havanın sahip olduğu şartlardır. Havaya ait değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Fiziki norm şartlarda havaya ait değerler (ISO 2533).

Adı	Sembolü	Değeri
Molar kütle	M	28,965 kg/kmol
Molar gaz sabiti	R_m	8314,2 J/kmol
Özgül gaz sabit	R_i	287,2 J/kgK
Atmosfer Basıncı	p	1,0135 bar
Molar Hacim	V	22,4138 m ³ /kmol
Yoğunluk	ρ	1,293 kg/m ³
Basınca bağlı özgül ısı kapasitesi	c_p	1,0043 kJ/kgK
Hacime bağlı özgül ısı kapasitesi	c_v	0,7171 kJ/kgK
Adyabatik Üs	κ	1,400
Mutlak sıcaklık	T	273,15 K

Kuru hava; bileşeninde hiç su buharı bulunmayan, sadece gazlardan oluşan maddeye denir ve atmosferde sözü edilen kuru havaya rastlanmaz.

Maddenin birim hacmine düşen kütle miktarı yoğunluk olarak tarif edilir. Havanın yoğunluğunun değişik sıcaklıklara göre farklılıklar Çizelge 5.3'te göstermektedir.

Çizelge 5.3 : Değişik sıcaklıklardaki kuru havanın yoğunlukları.

Sıcaklık °C	Yoğunluk ρ (kg/m ³)	Sıcaklık °C	Yoğunluk ρ (kg/m ³)
0	1,293	160	0,815
20	1,204	180	0,778
40	1,127	200	0,746
60	1,059	300	0,616
80	1,000	400	0,524
100	0,946	500	0,426
120	0,898	1000	0,277
140	0,853		

5.2 Patlayıcı Gazlı Ortamın Uzaklaştırılması ve Dağıtılması

Endüstride, kimyasal proseslerin gelişmesiyle kimyasal proseslerden açığa çıkan tehlikeli gazlar ortam havasını kirletmektedir. Bazı proseslerde kuru havaya, nemli havaya, sıcak havaya ya da soğuk havaya ihtiyaç vardır. Havalandırma sistemi bu gereksinimleri karşılamaktadır.

Proseslerde, gaz ve buharın çalışma ortamına salınımında havanın türbülansından faydalanılır. Gaz ve buhar konsantrasyonu kısmen de olsa azaltılabilir, böyle bir durumda konsantrasyon değişiminde difüzyon mekanizmasına önem arzeder. Uygun havalandırma, patlayıcı gazlı ortamda, oluşan tehlikeli bölgenin ortamda kalıcılığını azaltır. Atmosfere salınan gaz ve buhar difüzyon yoluyla havada seyreltilerek, alt patlama sınır değerinin altına düşürülür (Akal, 1991).

Havalandırma ve hava hareketinin iki temel işlevi vardır. Bunlar; tehlikeli bölge kapsama sınırını azaltmak için seyreltmenin artırılması ve patlayıcı gazlı ortamın kalıcılığını azaltarak, tehlikeli bölge türünü düşürülmesi olarak ifade edilebilir.

Normal olarak havalandırma oranı arttıkça tehlikeli bölgenin kapsama sınırı küçülür. Fakat havalandırmaya mani olan setler, duvarlar ve tavanlar gibi bazı engeller tehlikeli bölge kapsama sınırını arttırmaktadır. Hava hareketlerinin artması açık sıvı yüzeylerinde buharlaşmanın artmasına sebep olabilmektedir. Ancak artan hava hareketinin faydası boşaltma hızının artmasından daha fazladır.

Havalandırma, havanın rüzgarla veya sıcaklık farkıyla veya vantilatör gibi suni yollarla hareket ettirilmesiyle elde edilir. Bundan dolayı iki temel havalandırma tipi vardır.

a) Doğal havalandırma

b) Mekanik (Zorlanmış) Havalandırma (Genel ve Lokal Havalandırma)

Kapalı ya da açık alanlarda, yanıcı ve parlayıcı gazlı ortamın taze hava ile yer değiştirmesi; rüzgarın etkisi ile ve doğal havalandırmanın yeterli olmadığı şartlarda, fanların yardımı yapılır. Özellikle havalandırma açıklıkları olarak tasarlanmayan kapı ve pencereler endüstriyel havalandırmada açıklık olarak kullanılamaz. Ortam havasında vantilatör ile taze hava sirküle edilirken, aspiratör ile egzoz gazı dışarı atılır. Bazı durumlarda fan yardımı ile taze havanın ortama alınması sağlanırken, patlayıcı havanın dışarı atılması doğal havalandırma ile yapılabilmektedir. Buna 'karma' ya da 'hibrit' sistem adı verilir. Hibrit havalandırma sistemi, işletmenin öncelikli yatırım maliyetlerinin ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi için tercih edilmektedir.

5.2.1 Doğal havalandırma

Doğal havalandırma, isteyerek açılmış olan bölümlerden rüzgar ve iç-dış hava sıcaklıkları arasındaki farklardan kaynaklanan basınç farkı dolayısı ile oluşur. Açık pencerelerden, kapılardan veya doğal olarak havalandırma sağlamak için açılan bölgelerden sağlanan hava akımı ile iç ortam havası istenen sıcaklıkta tutulur ve iç ortamdaki kirleticiler ortamdaki uzaklaştırılabilir (Gürel ve Ketrez, 2010).

Doğal havalandırma, bir yapının enerji kullanılmadan havalandırılabilirdiği çevre dostu bir yöntem olup, sürdürülebilir kalkınma için de oldukça önemlidir (Esin ve Yüksek, 2011).

5.2.2 Mekanik (zorlanmış) havalandırma

Mekanik havalandırma, taze havanın mekanik olarak dış atmosferden sistem içine aspiratör yoluyla alınmasıdır. Mekanik havalandırma, kapalı alanlarda kullanılsa da atmosfere açık alanlarda doğal havalandırmanın engeller yüzünden kısıtlanması veya önlenmesi durumunda da kullanılabilir. Mekanik havalandırma sistemlerinde hava değişim miktarı seçilen fana, tasarlanan sistemin dağıtım şebekesine ve dağıtım şebekesindeki kayıplara bağlıdır. Sistem tasarımında bu parametreler uygun seçilmemişse binaya sağlanan hava miktarı istenen değerden farklı olacaktır. Mekanik havalandırma çoğunlukla büyük binalar için ihtiyaç duyulan minimum hava miktarını sağlayarak yaşayanların ve çalışanların sağlıkları ve konforları için tercih edilen zorunlu bir sistem olarak ortaya çıkar. Karmaşık bir sistemdir ve yatırım maliyeti ve işletme maliyeti yüksektir (Öztürk ve Atalay, 2005).

Bir alanda mekanik havalandırma genel veya lokal olabilir bunların her ikisi içinde farklı derecelerde hava hareketi ve hava değişimi uygun olabilir.

Mekanik havalandırma ile;

- a) Patlayıcı atmosfer bölge tipi ve bölge kapsamı azaltılabilir,
- b) Patlayıcı gaz atmosferinin kalıcılık süresinin azaltılması sağlanabilir,
- c) Patlayıcı gaz ortamının oluşması önlenir.

5.2.2.1 Mekanik (zorlanmış) havalandırma tipleri

Genel havalandırma sistemi, temiz hava ile kirli havanın karışma oranını azaltır.

Kapalı alanda genel havalandırmanın iyileştirilmesi amacıyla duvarlarına ve/veya çatısına vantilatörler takılarak yapılmaktadır. Lokal egzoz havalandırma sistemi, yanıcı gaz ve buharı kaynağında veya kaynağın çok yakınında yakalar ve dışarı atar. Sürekli veya periyodik olarak yanıcı buhar çıkaran proses teçhizatında hava buharını çekmek için lokal havalandırma sistemi kullanılmaktadır.

5.2.2.2 Havalandırmanın değerlendirilmesi

Mekanik (zorlanmış) havalandırma kapalı mekanlarda etkili ve güvenilir bir havalandırma sağlamaktadır. Patlayıcı atmosferin patlamasının önlenmesi amacıyla tasarlanan bir mekanik havalandırma sistemi aşağıdaki şartları karşılamalıdır (IEC 60079-10-1).

- a) Etkinliği kontrol edilmeli ve izlenmelidir,
- b) Lokal havalandırma sisteminin içindeki ve çekme sistemi boşaltma noktasının ve çekme sisteminin diğer açıklıklarının hemen dışındaki tehlikeli bölge sınıflandırması dikkate alınmalıdır,
- c) Tehlikeli bölge havalandırması için havalandırma havası normal olarak tehlikesiz bir bölgeden çekilmeli ve etraftaki bölge üzerindeki emme etkisi dikkate alınmalıdır,
- d) Havalandırma sisteminin ebatları ve tasarımı belirlenmeden önce boşaltmanın yeri, derecesi ve hızı tespit edilmelidir.

Ayrıca aşağıdaki hususlar havalandırma sisteminin kalitesini etkiler:

- e) Yanıcı gazlar ve buharlar genellikle havadan ağır yoğunluklara sahiptir. Bundan dolayı kapalı alanın zemin döşemesine veya tavanına yakın yerlerde birikme eğiliminde olur. Buralarda hava hareketi oldukça azdır,
- f) Gaz yoğunluğu sıcaklıkla değişmektedir,
- g) Engeller ve kısıtlamalar hava hareketini azaltabilir veya tamamen durdurabilir. Bundan dolayı bölgenin bazı bölümlerinde havalandırma olmayabilir,
- h) Havanın devir daimi bazı proseslerde zorunludur.

5.3 Seyreltme Derecesi

Patlayıcı atmosferin dağılması, kalıcılığının kontrol edilmesi için kullanılan havalandırma, havalandırmanın kullanılabilirliği ve havalandırma sistemi tasarımı ‘Seyreltme Derecesine’ bağlıdır. Seyreltme derecesi atmosferik koşullar altında patlayıcı ortamın, alt patlama sınır değerinin altına düşülmesi ve patlayıcı ortamın dağıtılması için gerekli olan havalandırma miktarıdır. Seyreltme derecesi havalandırmaya ve boşalma hızına bağlıdır. Boşalma kaynağından boşalma hızı ne kadar hızlı ise seyreltme derecesi arttırılmalı, boşalma hızı düşükse seyreltme derecesi düşürülmelidir. Havalandırma dereceleri aşağıda açıklanmıştır (IEC 60079-10-1, s. 23).

5.3.1 Yüksek seyreltme derecesi

Yüksek seyreltme derecesi, boşalma kaynağında çıkan yanıcı ve parlayıcı gazın yoğunluğunu anında azaltabilir ve alt patlama sınırının altına düşürebilir. Böylelikle yayılma sınırı düşürülür ve ihmal edilebilir bir bölge meydana gelir. Ancak, havalandırmanın kullanılabilirliği iyi değilse, tehlikeli bölgeyi çevreleyen yayılma sınırı ihmal edilebilir ve ikinci bir bölge oluşabilir.

5.3.2 Orta seyreltme derecesi

Yanıcı ve parlayıcı gazın ve sıvının yayılması devam ederken, yoğunluğu kontrol edilebilir. Böylece yayılma sona erdikten sonra patlayıcı gaz atmosferin kalıcılığı devam etmez. Tehlikeli bölgenin sınıflandırılması ve yayılma sınırı tasarım parametreleri ile sınırlıdır.

5.3.3 Düşük seyreltme derecesi;

Yanıcı ve parlayıcı gazın ve sıvının yayılmasına devam ederken, yoğunluğu kontrol edilemez. Bu sebeple boşalma sona erdikten sonra patlayıcı gaz atmosferin kalıcılığı önlenemez.

5.4 Açık Alanlarda Rüzgârın Bölge Sınıflandırması Belirlenmesinde Etkisi

Yayılma kaynağından yayılma birçok biçimden ve koşullardan etkilenmektedir (IEC 60079-10-1, s. 46). Bunlar;

- a) Gaz, buhar veya sıvılar,

- b) Açık ve kapalı mekanlar,
- c) Sonik veya sesaltı jetler, kaçak veya buharlaşma,
- d) Engellenmiş veya engellenmemiş koşullar,
- e) Gaz ve buhar yoğunluğu.

Havalandırma ile seyreltmenin karşılaştırılması yapıldığında; havalandırma, kapalı alanda havanın giriş ve çıkışını mekanik olarak sağlar. Seyreltme ise, gaz ve buhar bulutunun mekanik olarak dağıtılmasıdır. Kapalı mekânlarda tehlikeli gaz, buhar ve sıvı ile yapılan çalışmalarda tehlike havalandırma ile ters orantılıdır. Boşalma kaynağından yayılan gazın yoğunluğu ve boşalma hızı tehlike oluşturup oluşturmayacağı havalandırmanın hassasiyetine bağlıdır. Açık alanlarda havalandırmada beklenmeyen durumlar ortaya çıkabileceği için tehlike boşalma kaynağının özelliklerine, patlayıcı gaz atmosferin özelliklerine ve ortam hava akışına bağlıdır. Engellenmemiş hava hareketlerinin (rüzgârın) bulunduğu açık alanlarda, rüzgar patlayıcı gaz atmosferin seyreltilmesine yeterli olacaktır. Şekil 5.1 açık alanlarda rüzgâr hızını göstermektedir.



u_w (m/s)	>7,5	6,5 – 7,5	5, – 6,5	,5 ,5	< 4,5
P (W/m ²)	>500	300 - 500	20 - 300	10 - 200	<100

Şekil 5.1 : Türkiye rüzgar haritası (Türkiye Rüzgar Atlası)

5.5 Kapalı Alanlarda Havalandırma ve Seyreltmenin Tehlikeli Bölgeler Üzerine Etkileri

Parlayıcı gaz ve buhar bulutunun, kapsadığı bölge ve bu bölgenin kalıcılığı havalandırma ile kontrol edilebilir. Seyrelme derecesi belirlenirken, yayılma kaynağı büyüklüğü ve gaz ve buharın boşalma hızı en yüksek değerlerde değerlendirilmeli ve aynı zamanda belgelenmelidir (IEC 60079-10-1).

Normal şartlarda;

Sürekli Boşaltma Dereceli Kaynağın olduğu alanda Bölge 0,

Ana Boşaltma Dereceli Kaynağın olduğu alanda Bölge 1,

Tali Boşaltma Dereceli Kaynağın olduğu alanda Bölge 2,

olması beklenirken, havalandırma ve seyreltmenin etkisi ile değişebilmektedir.

5.6 Havalandırma Etkinliği

Havalandırma etkinliğini etkileyen en önemli faktörler, havalandırma miktarı, parlayıcı ve yanıcı maddenin cinsi, boşalma kaynağı ve boşalma hızıdır. Havalandırma hızı, yayılma hızından daha büyükse; tehlikeli bölge alanı dar ve patlayıcı atmosferin kalıcılık süresi kısadır. Belirli bir yayılma kaynağı için havalandırma etkinliği yüksek ise, tehlikeli bölgenin genişliği azdır ve ihmal edilebilir seviyede (NE) tehlikesiz bir bölge olarak kabul edilmektedir (IEC 60079-10-1).

5.7 Havalandırma Hızı Değerlendirilmesi

Boşalma kaynağından gaz ve buhar çıkışının ortamdaki uzaklaştırılmaması durumunda, alanda patlayıcı ortam oluşur. Patlayıcı ortamın alandan uzaklaştırılması, hava akışı, doğal havalandırma ve mekanik havalandırma sistemleri ile sağlanmaktadır.

En iyi durum havanın homojen olarak ve düşük hızda ortama verilmesidir (Köksal, 2001). (TS 12281, 1997)'e göre konut iç mekânlarında hava hızı, kış aylarında 8 m/dk – 10 m/dk arasında, yaz aylarında ise 13 m/dk – 27 m/dk arasında olmalıdır.

Havanın mekânlara homojen olarak dağılmasında hava akış hızının etkisi vardır (Alioğlu, 2001). Parlayıcı ve yanıcı ortamı dağıtmak ve alandan uzaklaştırmak için kapalı alanlarda havalandırma hızı açık alanlarda ise rüzgar hızı esas alınmalıdır. Kapalı alanlarda havalandırma sisteminin havalandırma debisi ve havalandırma hızı, ortamın hava akış hızının etkinliğini değiştirmektedir.

Kapalı alanlarda patlayıcı atmosferi seyreltmek ya da uzaklaştırmak için tasarlanan havalandırma sistemi aynı zamanda çalışanların konforunu da etkilememelidir. Akış hızına duyarlılık kişiden kişiye değişiklik gösterir. Bununla birlikte 0,1 m/s'den düşük olan hava hızı algılanmaz ve havasızlık hissi oluşturur; 0,25 m/s ile 0,50 m/s arasındaki hız önemsizdir; 1,5 m/s ve daha üstü hava hızı sınırlı hava akımı oluşturur (Zorer, 1992). Açık alanlarda, havalandırma hızı tespitinde istatistik bilgilere uygun referans alınmalıdır. Ülkemizdeki bu istatistik bilgiler için Şekil 5.1'de veriler kullanılabilir.

Genellikle binalar çevresindeki rüzgar büyüklüğü bölgedeki ortalama meteorolojik rüzgar hızından daha azdır ve meteorolojik verileri kullanmak rüzgar basıncının daha yüksek bulunmasına yol açmaktadır. Rüzgar hızı binanın temelinde sıfırdır ve yukarılara çıktıkça artar. Meteorolojik rüzgar ölçümleri 10 m yükseklikte ve açık alanlarda yapılır. Bina çevresinde bulunan çalılar, ağaçlar veya diğer binalar hem rüzgar hızını azaltır hem de türbülans yaratarak rüzgar yönünü değiştirir (Öztürk, Atalay, 2005).

Havadan hafif gazlar yukarı doğru hareket edeceğinden gazı taşınması daha kolaydır. 0,8'den küçük kısmi yoğunluğa sahip gaz boşalmalarının olduğu ortamlarda etkili havalandırma hızını açık alanlarda 0,5 m/s olarak kabul etmek güvenlidir. (IEC 60079-10-1, s. 49).

Havadan ağır gazlar aşağıya doğru hareket edeceğinden havalandırma hızı düşüktür. Düşük sıcaklıkta ve yüksek basınçta gaz ve buhar boşalması olması durumunda etkin havalandırma hızı iki kat azaltılabilir. İstatistik veriler mevcut değilse, Çizelge 5.4'te açık alanlarda havalandırma hızı değerleri kullanmak pratik bir yöntemdir.

Çizelge 5.4 : Açık alanlarda havalandırma hızı (u_w) (IEC 60079-10-1, s. 49)

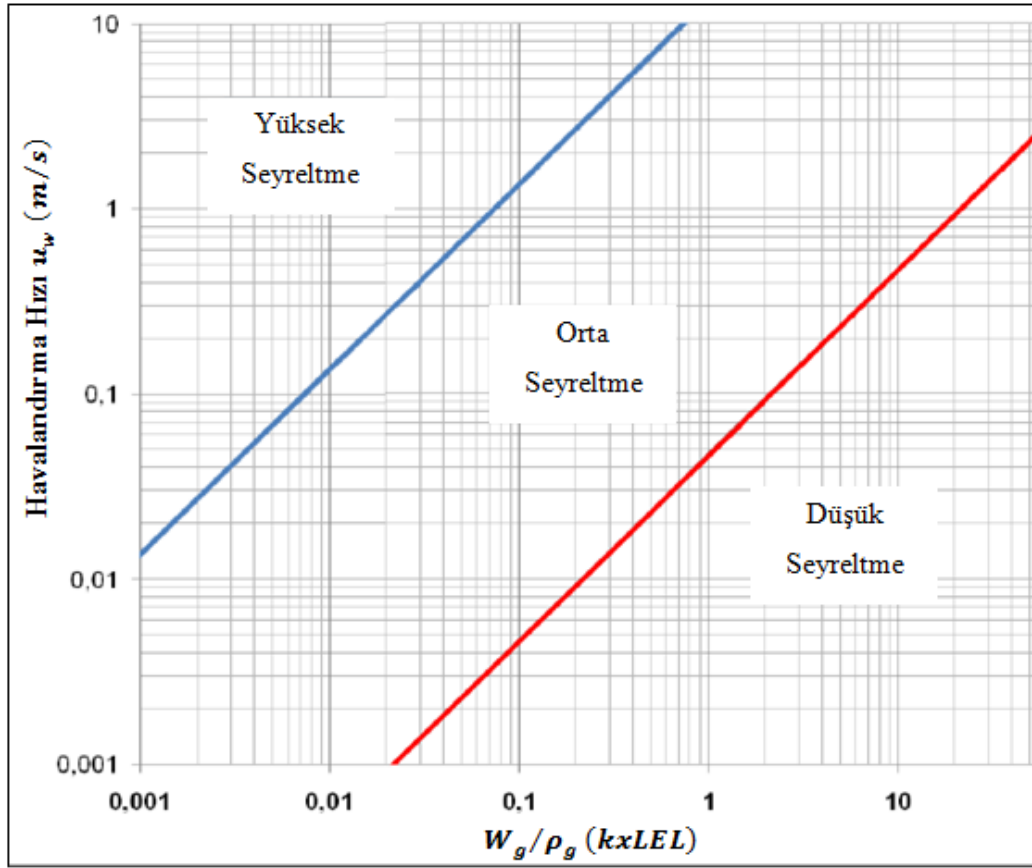
Açık Alan Tipleri		Engelsiz Alanlar			Engellenmiş Alanlar		
Zemin seviyesinin üstünde		≤ 2 m	> 2 m'den 5 m'ye kadar	> 5 m	≤ 2 m	> 2 m'den 5 m'ye kadar	> 5 m
Seyreltme tahmininde kullanılan Havalandırma Hızları;	Havadan daha hafif gaz/buhar boşalması durumunda Havadan daha ağır gaz/buhar boşalması durumunda	0,5 m/s	1 m/s	2 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	1 m/s
Hızları;	Havalandırma Hızları;	0,3 m/s	0,6 m/s	1 m/s	0,15 m/s	0,3 m/s	1 m/s
Herhangi bir yükseklikte sıvı havuz buharlaşma oranını tahmin etmek için Havalandırma Hızları			0,25 m/s			0,1 m/s	

Çizelge 5.4'deki değerlere göre havalandırma kullanılabilirliği iyi olarak kabul edilir. Kapalı mekanlarda doğal havalandırma kullanılması durumunda varsayılan asgari havalandırma hızı 0,005 m/s hemen hemen bütün alanda var olabilecek bir değerdir. Havalandırma sistemi kontrol edilebilir durumlarda minimum havalandırma hızı hesaplanmalıdır.

5.8 Seyreltme Derecesinin Değerlendirilmesi

Parlayıcı ve yanıcı sıvı, gaz ve buğuların bulunduğu ortamda patlayıcı atmosferin seyreltme derecesi, kaynaktan yayılan gazın, kütle boşalma hızı ve alt patlama sınır değerine (LEL) bağlıdır. Patlayıcı gaz bulutu $0,1 \text{ m}^3$ 'ün üstünde ise iyi havalandırılmış ya da kapalı ve açık alanda yüksek havalandırma mevcut demektir. Patlayıcı atmosfer $0,1 \text{ m}^3$ 'den düşük ise ya da kapalı alandaki hacimde %1'den az ise patlama sonuçları açısından ihmal edilebilir seviyededir. Açık alanlarda patlayıcı gaz bulutu 100 m^3 'den büyükse havalandırmanın düşük olduğu kabul edilir (IEC 60079-10-1). Kapalı mekânlarda yayılan gaz ve havalandırma arasındaki kütle dengesi, düşük seviyede ise kabul edilemez durum ortaya çıkar ve havalandırmanın düşük olduğu görülür. Yaklaşık %0,2 LEL hava konsantrasyonu kabul edilebilir

düzyedir. Seyreltme derecesi Şekil 5.2'deki grafik kullanılarak değerlendirilebilir.



Şekil 5.2: Seyreltme derecesi grafiği (IEC 60079-10-1, s. 50).

Şekil 5.2'de verilen grafikte kullanılan yayılmanın karakteristiği Denklem 5.1 ile verilmiş olup birimi (m^3/s) dir.

$$\frac{W_g}{\rho_g (kxLEL)} \quad (5.1)$$

W_g Hava ve gaz buhar karışımı içindeki yanıcı maddenin (kg / s) (Kütle Yayılma hızı, sadece toplam kütlesi yanıcı madde kabul edilmelidir; (kg/s))

k Alt patlama sınır değerine bağlı emniyet faktörü (LEL), 0,5 ile 1,0 arasında

LEL Alt patlama sınır değeri (hacim/hacim)

ρ_g Gaz veya buhar yoğunluğu (kg/m^3)

Gaz ve buhar yoğunluğu (kg/m^3) , Denklem 5.2'de verilmiştir.

$$\rho_g = \frac{P_a M}{RT_a} \quad (5.2)$$

ρ_g Gaz ve buhar yoğunluğu (kg/m³)

Seyreltme derecesi, Şekil 5.2' de yatay ve dikey eksene karşılık gelen değerlerin kesişimidir. Yüksek seyreltme derecesi, orta seyreltme derecesi arasındaki eğri 0,1 m³ patlayıcı hacmini gösterir. Açık alanlarda, hava akışı için önemli engeller olduğu durumda, orta seyreltme derecesi sınıflandırılması yapılabilir. Düşük seyreltme derecesi genellikle açık alanlarda meydana gelmez, fakat hava akışının kısıtlanması veya engellenmesi durumunda kapalı alan gibi değerlendirilir.

5.9 Kapalı Alanların Seyreltilmesi

Seyreltme, patlayıcı atmosferin bulunduğu atmosferin, beslenen taze hava ile gaz buhar konsantrasyonunu dağıtılması ile sağlanmaktadır. Boşaltma kaynağından hızlı ve basınçlı olarak gaz boşalması, püskürtme olarak kabul edilir. Püskürtmenin seyreltilmesi, püskürtme hava sürüklenmesine sebep olduğu için, herhangi bir yerel hava hareketi olmadan kendi kendine oluşmaktadır. Püskürtmenin meydana geldiği kapalı alanın dar olması ya da nesnelere kısıtlanması ile seyreltme derecesi azalır (IEC 60079-10-1, s. 51).

Seyreltme derecesi bir patlayıcı maddenin ortalama arka plan konsantrasyonunun değerlendirilmesi ile de tespit edilebilir. Yüksek salım hızına karşı yüksek havalandırma hızında arka plan konsantrasyonu X_b alt seyreltme derecesi olarak değerlendirilebilir.

Arka plan konsantrasyonu değerlendirilirken, boşalma hızı, havalandırma hızı ve verimlilik faktörü güvenli toleranslara uygun olarak seçilmelidir. Sıfır arka plan konsantrasyonu sadece açık havada veya boşalma kaynağının yakınında yanıcı madde hareketini kontrol eden yerel havalandırma emiş bölgelerinde meydana gelmektedir. $X_b < X_{kritik}$ olarak tanımlanan değer ihmal edilebilir arka plan konsantrasyonu. X_{kritik} , LEL altındaki değerdir (IEC 60079-10-1, s. 51).

5.9.1 Havalandırılmış kapalı mahallerde arka plan konsantrasyonu ve bültenleri

Arka plan konsantrasyonu; yanıcı ve parlayıcı maddenin hava ile bulunduğu ortamdaki konsantrasyondur. Hava ile gaz ve bulutun karışımını ifade etmektedir. Yayılma kaynağından çıkış noktasındaki arka plan konsantrasyonu; X_b kaynaktan uzaklaştıkça azalır. Arka plan konsantrasyonu emniyet faktörü olarak da kullanılır. Yani ortamdaki gaz konsantrasyonu, gazın boşaldığı nokta ile gazın seyreltilmeye başladığı ilk nokta arasında oranı değişmektedir. Bu değişimin olmadığı kabul edilerek arkaplan konsantrasyonu tümü sabit %100 olarak da alınabilir.

Arka plan (vol / vol) konsantrasyonu; Denklem 5.3'de verilmiştir.

$$X_b = \frac{fxQ_g}{Q_g + Q_1} = \frac{fxQ_g}{Q_2} \quad (5.3)$$

X_b Ortalama arkaplan konsantrasyonu (vol/vol)

Q_g Boşalma kaynağında yanıcı gazın hacimsel akış hızı (m³/s)

Q_1 Açıklıklardan mahale giren havanın hacimsel akış hızı (m³/s)

f Arkaplan konsantrasyonu, patlayıcı atmosfer ile havalandırmanın karışımının seviyesi

$Q_2 = Q_1 + Q_g$ Kapalı mahaldeki, arkaplan konsantrasyonu ve hava karışımının hacimsel akış hızı (m³/s)

Hava değişim sıklığı ve havalandırma hacimsel akış hızı ile ilgili Denklem (5.4) verilmiştir (IEC 60079-10-1).

$$Q_2 = CV_0 \quad (5.4)$$

Q_2 Kapalı mahaldeki, arkaplan konsantrasyonu ve hava karışımının hacimsel akış hızı (m³/s)

C Kapalı mahalın hava değişim sayısı (s⁻¹)

V_0 Mahalin toplam hacmi (m³)

Ortalama arka plan konsantrasyonu X_b , boşalma kaynağından çıkan patlayıcı atmosfer ile ve havalandırma hacimsel akış hızının göreceli büyüklüğüne bağlıdır. Ortalama arka plan konsantrasyonu (X_b) ile hava değişim sayısı (C) ters orantılıdır. Patlayıcı atmosferin kalıcılığı belirlenmesinde dikkate alınır.

5.10 (f) Faktörü Değerlendirmesi

Ortalama arka plan konsantrasyonun oluşumunda, havalandırmanın etkili olabilmesi için havalandırma ile boşalma kaynağı arasında engel ya da kısıtlayıcı sebepler olmamalıdır. Engel ya da kısıtlayıcı sebepler havalandırma hızının verimini düşürmektedir. Bu durumda patlayıcı atmosfer ile havalandırma akış hızının karışım verimini etkileyen faktör (f) de dikkate alınmalıdır. Bu faktör (f) 1.0-5.0 arasında değerlendirme yapılır. (f) değeri 1.0'den 5.0'e kadar arttıkça kapalı alan içinde havanın giderek verimsiz hale geldiği tespit edilmiş olur. Bu tespit tecrübe ve deneylerle elde edilmektedir.

5.11 Havalandırmanın Kullanılabilirlik Kriterleri

Havalandırmanın kullanılabilirliğinin, patlayıcı gaz ortamının mevcut olması ve oluşması üzerinde etkisi vardır. Bu nedenle, bölge tipini belirlerken havalandırmanın kullanılabilirliğinin de hesaba katılması gerekir. Havalandırma için üç kullanılabilirlik seviyesi düşünülmelidir

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.

Havalandırma türlerini değerlendirirken buldukları durumları dikkate alarak değerlendirme yapmak için farklı yaklaşımlar uygulanması doğrudur. Örneğin, doğal havalandırmanın kullanılabilirliği ortam koşulları, ortam sıcaklığı, rüzgar hızı ve rüzgarın sürekliliğine bağlıdır. Eğer bu değerlendirme yapılmışsa havalandırmanın kullanılabilirlik seviyesi doğru olabilir. Patlayıcı atmosferin, olduğu kapalı alanlarda, mekanik havalandırma kullanılması durumunda kullanılabilirlik seviyesinin iyi olması için teknik araçlar kullanılmalıdır. Kullanılabilirlik seviyesinin

belirlenmesi için bütün ilgili faktörler dikkate alınarak değerlendirme yapılması gerçekçi olacaktır. Açık alanlarda, gaz püskürtmesi durumunda boşalan patlayıcı atmosferin seyreltilmesine bakılmaksızın ortamda hava akımı meydana gelir. Böylece ortamda dağılım olduğu ve kullanılabilirlik seviyesinin iyi olduğu kabul edilir.

5.11.1 Doğal havalandırmada havalandırmanın kullanılabilirlik kriterleri

Doğal havalandırma durumunda, havalandırma derecesinin belirlenmesinde en kötü durum senaryosu kabul edilir. Böyle bir senaryo, havalandırmanın kullanılabilirlik seviyesinin gerçekte daha iyi olmasına yol açar. Genellikle doğal havalandırma yoluyla daha düşük havalandırma derecesinde, daha yüksek havalandırma kullanılabilirlik seviyesi olduğu görülmektedir. Bu şekilde yapılan havalandırma derecesi tahmin prosedürü, çok iyimser olarak yapılan kabullerden kaynaklanan hataları telafi edilebilir. Özellikle bazı durumlarda, kapalı alanlarda doğal havalandırmada belirlenen bütün olumsuz koşullar incelenip değerlendirilerek tahmin edilir. Bu olumsuz koşulların oluşumu ve sıklığı daha geniş kapsamlı ortaya konulmalıdır.

5.11.2 Mekanik (zorlanmış) havalandırmada havalandırmanın kullanılabilirlik kriterleri

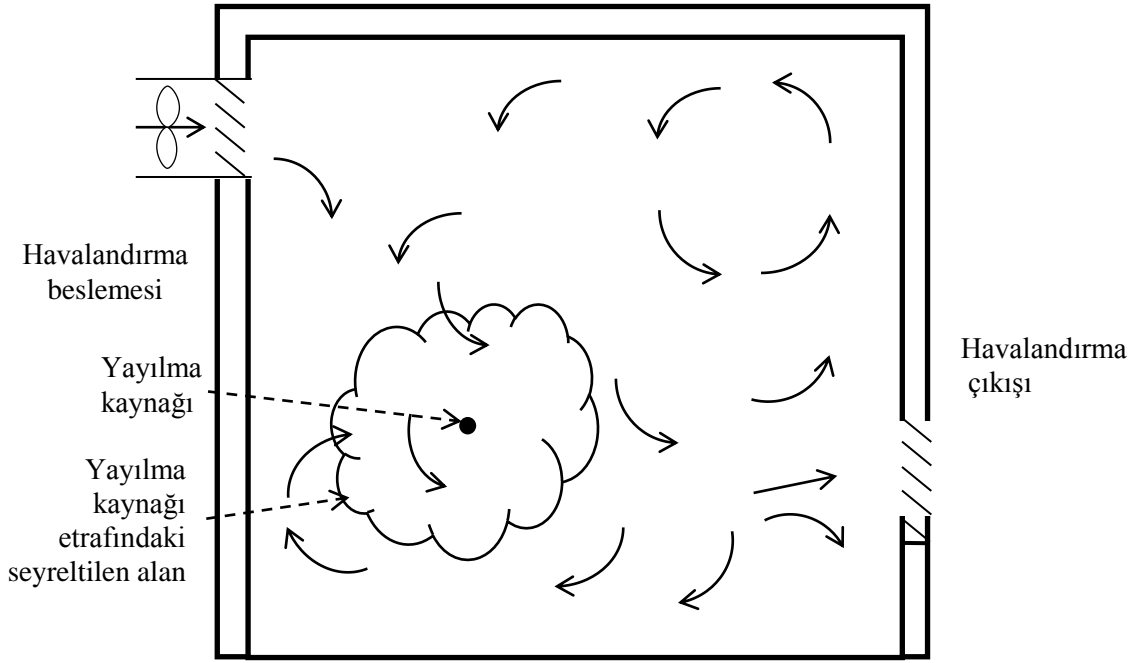
Mekanik havalandırmanın, kullanılabilirlik seviyesini değerlendirilirken, teçhizatın güvenilirliği ile yedek fanların varlığı gibi hususlar dikkate alınmalıdır. Havalandırmanın kullanılabilirlik seviyesinin iyi olması için, arıza halinde yedek fanların otomatik olarak devreye girmesi gerekir. Ancak, havalandırmanın arızalanması halinde yanıcı maddenin boşalmasının önlenmesi yönünde tedbir alınmış ise, havalandırmanın kullanılabilirlik seviyesi iyi olarak alınır.

Havalandırma sistemlerin yapı içinde oluşturdukları hava hareketi temel alınarak gerçekleştirdiği havalandırma türüne göre üç grup içinde incelenebilir. Buna göre sistemler, hava emiş sistemleri, hava besleme sistemleri, hava karışım sistemleri olarak sınıflandırılabilir (Darçın, 2008).

5.12 Havalandırma Düzenlemeleri ve Değerlendirme Örnekleri

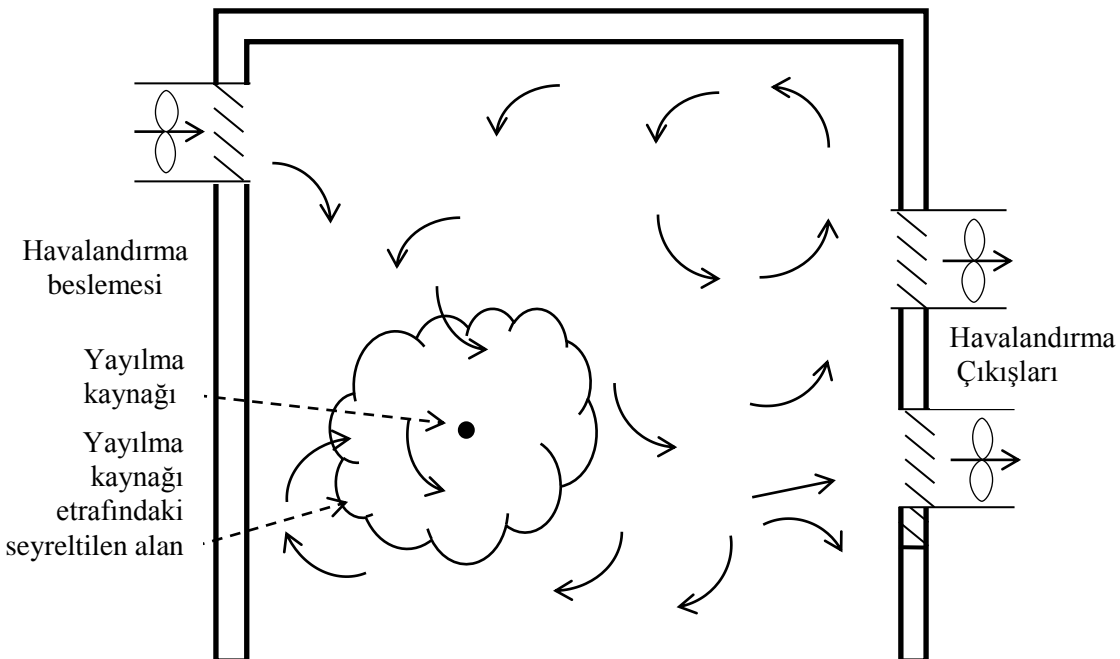
5.12.1 Mekanik (zorlanmış) havalandırmalı dar kapalı mahallerde püskürtme

Bir havalandırma sistemi düzenlenmesinde dar kapalı alanda havalandırma hızı ne olursa olsun, boşaltma kaynağından püskürtme olduğunda, alt patlama sınır değerinin altında seyreltilmiş olmamaktadır. Seyreltme derecesi doğal havalandırma ile istenilen seviyeye indirilemediğinde, mekanik havalandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Mekanik ve doğal havalandırma sistemi

Şekil 5.3'deki havalandırma sisteminde, saatteki hava değişim hızının yüksek olması sağlanarak, arka plan konsantrasyonu seviyesinin, yüksek olması sağlanmıştır.



Şekil 5.4 : Mekanik havalandırma ile hava beslemesi ve ekzost havanın atılması

Şekil 5.4’de kapalı alanda mekanik havalandırma ile besleme ve ekzost ikisi de kapalı alanın havalandırılmasında kullanılmaktadır. Yayılma kaynağından püskürtme ile gaz yayılması durumunda, ortamdaki arka plan konsantrasyonunun verimi yüksek olsa dahi çevre şartlarının olumsuz etkilerinden etkilenebilir ve arka plan konsantrasyonunun verimi düşebilir. Bu durumda, orta ya da yüksek seyreltme derecesi meydana gelebilir (IEC 60079-10-1).

5.12.2 Düşük hızda gaz ya da sıvı yayılması

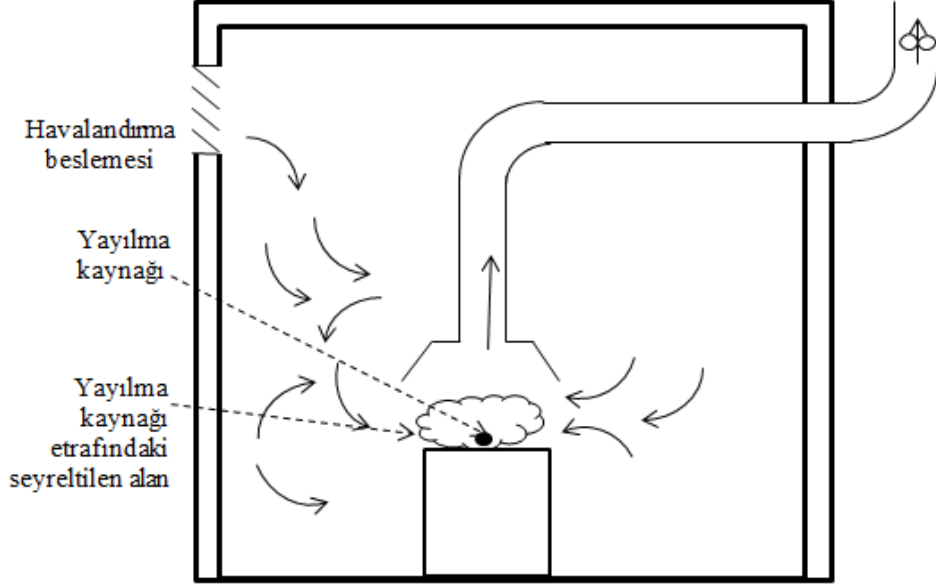
Düşük hızda boşalma, endüstriyel proseslerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Açık yüzeyler, drenaj, baskı makinaları ve boya imalatı gibi parlayıcı sıvıların buharlaşması gibi durumlar boşalmanın düşük hızda meydana geldiği durumlardır.

5.12.3 Proseslerde beklenmeyen kaçaıklardan gaz ya da sıvı boşalması

Basıncı ekipmanlarda küçük kaçak ve sızıntılar nedeniyle ortama gaz ve buhar boşalması olmaktadır. Küçük kaçağlar olsa dahi, havalandırmanın olmadığı zamanlarda kapalı alanlarda gaz birikebilir ve böyle kaçağlar, zamanla patlama tehlikesine sebep olabilir. Bu nedenle proseste bakım, analiz ve tasarım aşamasında sızdırmazlığı sağlayacak donanımlarla kaçağlar engellenmelidir.

5.12.4 Lokal havalandırma gerektiren proseslerde gaz yayılımları

Lokal mekanik (zorlanmış) havalandırmanın, yayılma kaynağına yakın olması seyreltme derecesini artırır. Şekil 5.5’de gösterildiği gibi kaynaktan boşalan gaz ve buharın ortamdan uzaklaştırılması ile gaz ve buhar boşalmasının kontrolü sağlanmaktadır. Yayılım kaynağının etrafında bu şartlar sağlandığı zaman, seyreltme derecesi orta seviyededir. Lokal mekanik havalandırma yayılım kaynağına mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir. Lokal mekanik (zorlanmış) havalandırmanın etkili olması ve tahliyenin sağlanması için, havalandırma hızının boşalma hızından yüksek olması gerekmektedir. Yayılım kaynağını kontrol altında tutabilmek için havalandırma hızının en az 0,5 m/s olması sağlanmalıdır.



Şekil 5.5 : Lokal havalandırma

5.13 Kapalı Alanların Havalandırma Değerleri

Hava değişim sayısı (C); alanın hacmi kadar dış havanın, alanda bulunan hava ile değiştirilerek, alan havasının yenilenmesidir. Saatteki yenilenme miktarı da saatlik hava değişim sayısı olarak ifade edilmektedir. Mahal havasının değiştirilme ihtiyaç sıklığı, patlayıcı atmosferin olduğu alanlarda, patlayıcı atmosferin kalıcılık süresine bağlıdır. Mahal hava değişim sayısı, mahal havasının saatteki değişim sayısı olduğundan, mahal değişim sayısını bulmak için Denklem (5.5) kullanılır.

$$Q_{\dot{u}} = C \cdot V_m \quad (5.5)$$

$Q_{\dot{u}}$ Mahal üfleme havası debisi (m^3/h)

C Hava değişim sayısı ($\text{defa}/\text{h}, = 1/\text{h} = \text{h}^{-1}$)

V_m Mahalin toplam hacmi (m^3)

Eğer hava üfleme debisi biliniyorsa, aynı denklemden faydalanılarak hava değişim sayısı için de Denklem (5.6) kullanılır. Mahal hacmi küçüldükçe hava değişim sayısı artarken, hava değişim sayısı arttıkça, azalmaktadır.

$$C = \frac{\text{Mahale giren hava debisi } (Q_{\dot{u}})}{\text{Mahalin toplam hacmi } (V_m)} \quad (\text{defa}/\text{h}, = 1/\text{h} = \text{h}^{-1}) \quad (5.6)$$

5.14 Rüzgar Kaynaklı Doğal Havalandırma

Kapalı alanda doğal havalandırmanın itici kuvveti ‘hava giriş açıklığı’ ile ‘hava çıkış açıklığı’ arasındaki basınç farkıdır. Rüzgarın neden olduğu hava akış hızı Denklem (5.7) ile belirlenir.

$$Q_a = C_d A_e u_w \sqrt{\frac{\Delta C_p}{2}} \quad (5.7)$$

Q_a	Hacimsel akış hızı (m ³ /s)
C_d	Yüzey basınç katsayısı- Giriş ve çıkış açıklıklarının karakteristik özelliklerine, türbülansa ve viskoziteye bağlı olarak yüzey basınç katsayısı (Genellikle 0,50-0,75 arasında değişen değerlerdir)
A_e	Havanın eşdeğer etki alanı (Hava giriş açıklığı (m ²) ve hava çıkış açıklığı (m ²) kapalı alana etkisi)
u_w	Belirlenen referans yükseklikte rüzgar hızı (m/s)
ΔC_p	Binanın karakteristik özelliğine göre basınç katsayısı

Kapalı mahalde birden fazla açıklık bulunması durumunda, havanın eşdeğer etki alanı, Denklem (5.8) ile saptanır.

$$A_e = \sqrt{\frac{2 A_1^2 A_2^2}{A_1^2 + A_2^2}} \quad (5.8)$$

A_e	Havanın eşdeğer etki alanı (Hava giriş açıklığı (m ²) ve hava çıkış açıklığı (m ²) kapalı alana etkisi)
A_1	Hava giriş açıklığı (m ²)
A_2	Hava çıkışı açıklığı (m ²)

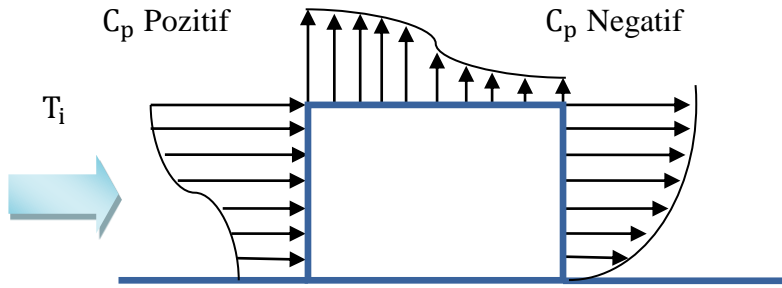
Binanın karakteristik özelliğine göre basınç katsayısı, Şekil 5.6 ve 5.7’de gösterildiği gibi rüzgar yönüne göre gösterilmektedir. Rüzgarın, açıklık üzerine geldiği açıya göre basınç katsayısı;

Rüzgar yönü açıklıklara 90° ise açı yapıyorsa $\Delta C_p = 0,9$

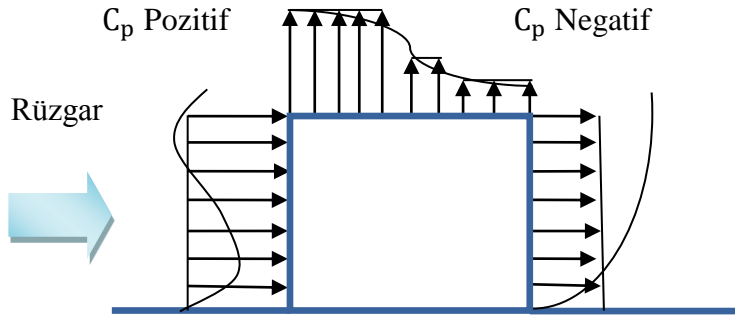
Rüzgar yönü açıklıklara 45° ise açı yapıyorsa $\Delta C_p = 0,4$

Rüzgar yönü açıklıklara 45° den daha küçük açı yapıyorsa $\Delta C_p = 0,2$

Rüzgarın açıklıklar arasında cisimler varsa ve engelleniyorsa $\Delta C_p = 0,1$ değeri alınması uygundur (İkhwan, 2005).



Şekil 5.6 :Rüzgarın merkez düzlemde bina lokal basınç katsayısı.



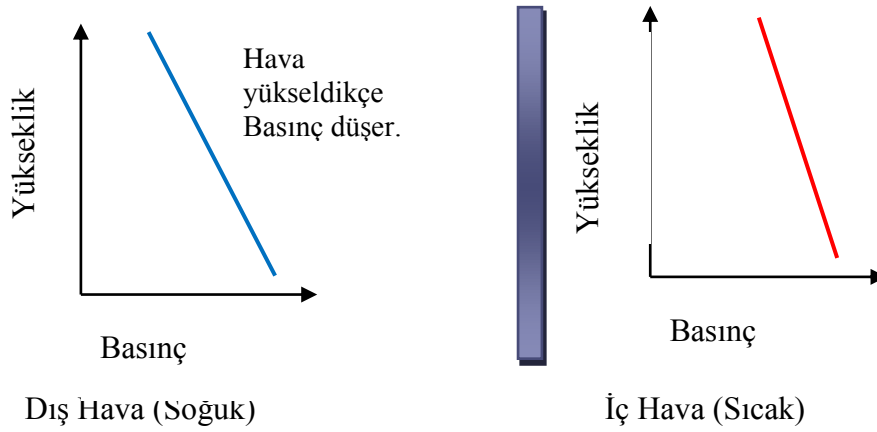
Şekil 5.7 : Rüzgarın merkez düzlemde bina global basınç katsayısı.

5.14.1 Kaldırma kuvveti etkili havalandırma

Kaldırma kuvveti kaynaklı ‘stack effect’ havalandırma; iç ve dış sıcaklık arasındaki farktan kaynaklanan hava hareketidir. İç ve dış sıcaklık farkından dolayı hava yoğunluğu oluşur ve bu durum itici kuvvete sebep olur (Liddament, 2000).

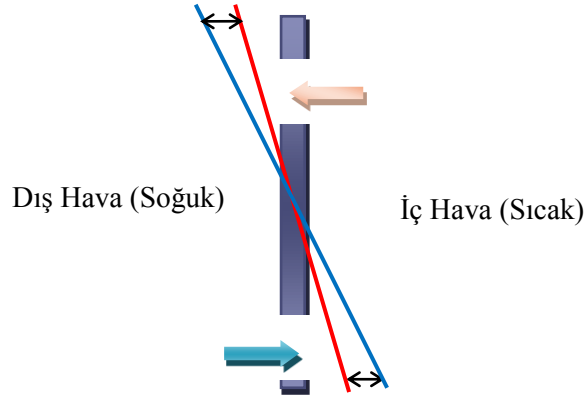
Hava hareketleri ile oluşan basınç; yapı biçimi, yapının plan şeması ve yapı kabuğu boşluklarına göre iç mekânda tek taraflı ya da çapraz havalandırma oluşturur

(Liddament, 2000). Çapraz havalandırma rüzgâr basıncından yararlanarak aynı düzlemde karşılıklı yüzeylerdeki açıklıklarla gerçekleştirilir. Tasarım aşamasında havalandırma için gereken açıklıkların biçimlerine, ölçülerine ve konumlarına ilişkin alınan kararlar; mekân içinde oluşacak hava akımının hızını, dağılımını ve mekâna alınacak temiz hava miktarını belirler (Ok, 2005). Baca etkisi, ‘ısınan hava yükselir’ ilkesine dayanmaktadır. Bu etki dış ve iç çevre arasındaki sıcaklık farkıyla oluşan değişik hava yoğunluğu ile gelişir. İç ve dış hava kütesinin basınç yönlerinde oluşan dengesizlik, düşey basınç farkı oluşmasına neden olur. Yapı içindeki hava sıcaklığının dış hava sıcaklığından fazla olması durumunda, iç hava yükselir, üst kotlardaki açıklıklardan çıkar ve dış hava alt kotlardaki açıklıklardan yapı içine girer. Eğer iç hava sıcaklığı, dış hava sıcaklığından düşükse akım ters yönde oluşur (Liddament, 2000). Bu etki iç mekânda istenen hava hareketinin oluşmasında yetersiz kalabilir (Darçın, 2008). Kapalı mahallerde oluşan iç ve dış ortam sıcaklık farklarından dolayı oluşan basınç grafiği Şekil 5.8’de görülmektedir (Kolderup, 2008).



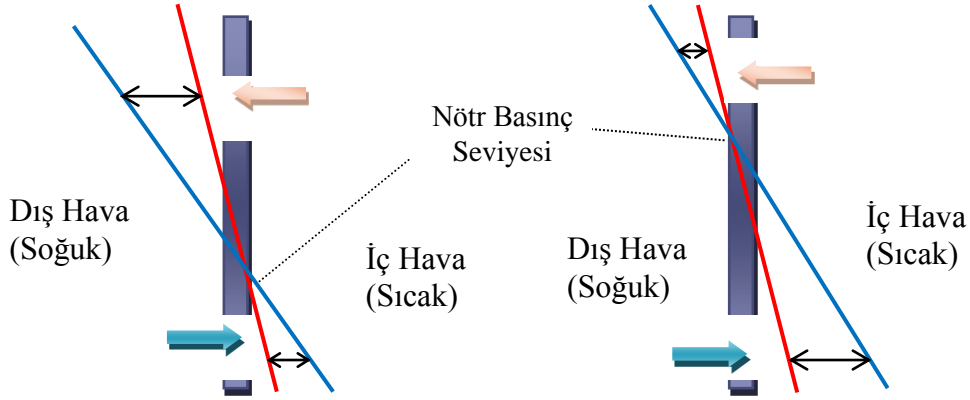
Şekil 5.8 : İç ve dış hava, sıcaklık farkına göre oluşan basınç farkları grafiği

Şekil 5.9’da üst açıklıkta; iç hava basıncı dış hava basıncından daha büyüktür ve hava iç ortamdan dış ortama akar. Alt açıklıkta, iç hava basıncı dış hava basıncından daha düşüktür. Hava dış ortamdan iç ortama akar. Nötr basınç alt ve üst açıklıkların ortasına yakın yerde oluşur (Kolderup, 2008).



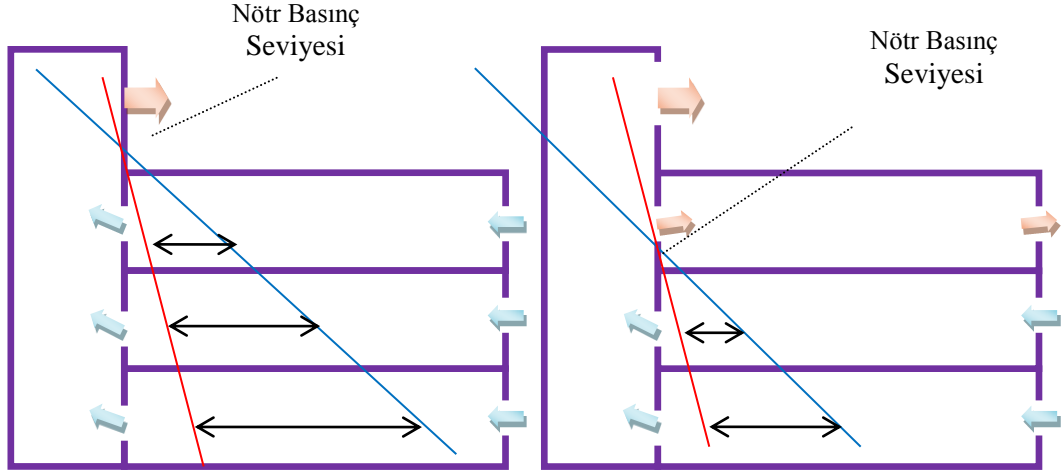
Şekil 5.9 : Alt ve üst açıklıklarda oluşan basınç farkının grafik olarak gösterimi

Şekil 5.10’da nötr basınç seviyesinin yüksekliği alt ve üst açıklıkların boyutuna bağlıdır. Nötr basınç seviyesi büyük açıklığa yakındır. Havanın daha az basınçta hareket ettirilmesi için büyük açıklık gerekmektedir (Kolderup, 2008).



Şekil 5.10 : Nötr Basınç

Şekil 5.11’de üst katlara doğru eşit hava akışı oluşturmak için basınç farkları yukarı doğru azalmalıdır. Bunu sağlamak için, alt açıklıklar küçük, üst açıklık yeterince büyük olmalıdır. Küçük çıkış açıklığı ve/veya daha kısa termal kaldırma kuvveti nötr basınç seviyesi yüksekliğinin düşmesine neden olur (Kolderup, 2008).



Şekil 5.11 : İç ve dış hava hareketlerine göre nötr basınç grafik gösterimi

İç ortam sıcaklığı doğal nedenlerle, mekanik ısıtma sistemleriyle veya prosten kaynaklanan ısı nedenleriyle daha yüksek olabilir. Kapalı alanlarda tamamen karışık olduğu durumlarda iç ortam ve dış ortamda sabit sıcaklıklar kullanılabilir.

Bir sıcaklık değişiminde, alt açıklıktan kaynaklanan iç ortam sıcaklığı T_{in} , üst açıklıktan çıkan sıcaklık T_{out} hava debisi aşağıdaki Denklem (5.9) ile hesaplanır;

İç ortam sıcaklığı kaldırma kuvveti etkili havalandırma için dış ortam sıcaklığından daha yüksek olmalıdır.

$$Q_a = C_d A_e \sqrt{\frac{\Delta T}{(T_{in} + T_{out})} gH} \quad (5.9)$$

Q_a Hacimsel akış hızı (m^3/s)

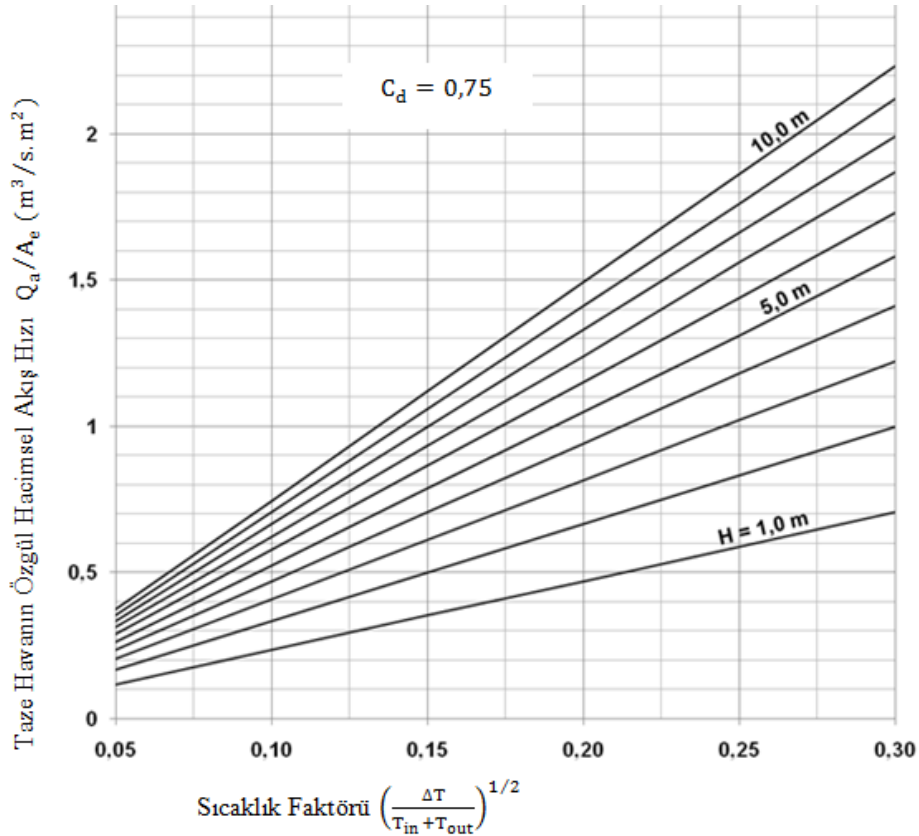
C_d Giriş ve çıkış açıklıklarının karakteristik özelliklerine, türbülansa ve viskoziteye bağlı olarak yüzey basınç katsayısı (Genellikle 0,50-0,75 arasında değişen değerlerdir)

A_e Havanın eşdeğer etki alanı (Hava giriş açıklığı (m^2) ve hava çıkış açıklığı (m^2) kapalı alana etkisi)

ΔT İç ve ortam sıcaklık farkı

T_{in}	İç ortam sıcaklığı
T_{out}	Dış ortam sıcaklığı
g	Yerçekim ivmesi
H	İki açıklığın orta noktaları arasındaki mesafe

Denklem (5.8) sadece karşı duvarlarda yer alan giriş ve çıkış açıklıkları olan kapalı alanlar için iyi sonuç vermektedir. Hava akışına engel hiçbir engel yoksa Şekil 5.12 bazı durumlarda serbest hava akışta kullanılabilir. Ayrıca düşey alt ve üst açıklıklar orta noktası arasındaki mesafe küçük, açıklıklar arasındaki yatay mesafe fazla ise etkili havalandırma azalmaktadır. C_d giriş ve çıkış açıklıklarının karakteristik özelliklerine, türbülansa ve viskoziteye bağlı olarak değişen katsayısıdır.

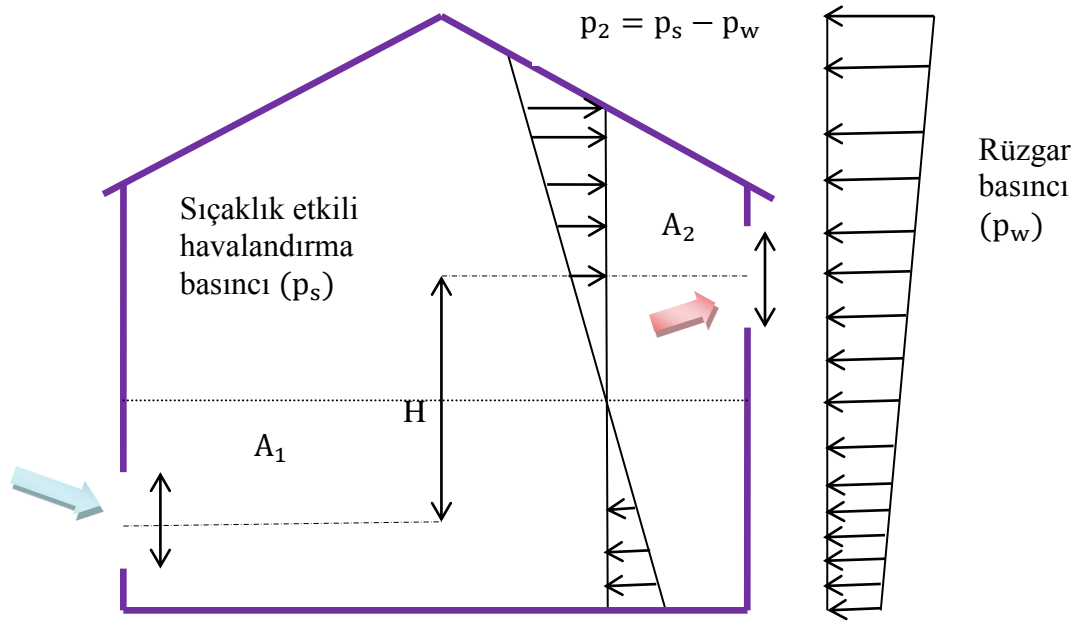


. Şekil 5.12 : Etkili eşdeğer açıklık alanında m^2 başına düşen taze hava hacimsel debisi.

5.14.2 Doğal havalandırmada rüzgârın ve kaldırma kuvvetinin etkisi

Rüzgâr ve kaldırma kuvveti ayrı ayrı meydana gelse de aynı zamanda oluşması da muhtemeldir. Rüzgârın oluşturduğu basınç farkı nedeniyle rüzgârlı ve sıcak bir gün itici güç olurken, termal kaldırma kuvveti rüzgâr olmadan soğuk bir günde itici güç olabilir. Bu güçler rüzgâr yönüne göre, rüzgâr giriş ve çıkış açıklıklarına göre birbirini tamamlamaktadır (Şekil 5.13).

Yapılacak tasarım ile rüzgâr ve baca etkilerinin birbirine uyumlu olacak şekilde çalışması, birbirini engellememesi gerekmektedir. Bu iki etki birleştirilerek birbirini tamamlayıcı şekilde de değerlendirilebilir. Her iki yöntemde de basınç dağılımını iyi bir doğal havalandırma için kullanmak, açıklıkları en uygun şekilde tasarlamakla sağlanabilir (Liddament, Indoor Air Quality Handbook). Şekil 5.13’de rüzgâr etkisi ve baca etkisinin çalışma ilkesi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.13 : Karşıt havalandırma itici güçlerin örneği (60079-10-1)

Rüzgâr nedeniyle basınç farklılıkları veya sıcaklık farklarından kaynaklanan havalandırma akımları hesaplanabilir.

Kütlesel debi;

$$Q_{kütlesel} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho Q_{hacimsel} \quad (5.10)$$

Δm Değişen kütle farklılığı (kg)

Δt Değişen zaman aralığı (h)

ρ Yoğunluk (kg/m³)

$Q_{hacimsel}$ Hacimsel debi (m³/h)

Havanın kütlesel debisini bulmak için havanın yoğunluğu ve hacimsel debisinden hareketle;

Hacimsel Debi ise;

Rüzgar Basıncı $P_1 > P_2$ olmak üzere;

$$Q_{th} = V A \quad (5.11)$$

Q_{th} Hacimsel debi (m³/s)

V Hava hızı (m/s)

A Kesit alanı (m²)

Hava hızı basit Bernoulli denklemi kullanılarak hesaplanır.

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho_1 V^2 \quad (5.12)$$

P_1 İç ortam basıncı (kg/m²)

ρ_1 İç ortam yoğunluğu (kg/m³)

V Hava hızı (m/s)

P_2 Dış ortam basıncı (kg/m²)

Denklem 5.11'de A kesit alanı eşdeğer kesit alanı A_e kullanıldığında, hava akış hızına bağlı olarak hacimsel debi;

$$Q_{th} = A_e \left(\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho_1} \right)^{0,5} \quad (5.13)$$

ile ifade edilir.

Gerçek hava akımı, teorik hava akımından küçüktür. Gerçek akış miktarı hesaplanan değerden %2- %40 daha düşüktür. Bunun sebebi, akışın olduğu açıklığın

geometrisidir. Bu toleransı C_d yüzey basınç katsayısı ile düzeltilmektedir. Denklem 5.14 debi, yüzey basınç katsayısı ile düzeltilmektedir.

$$C_d < 1$$

$$Q_a = C_d Q_{th} \quad (5.14)$$

İç hava basıncı dış hava basıncından büyük olduğu için, basınç farkı denklem (5.16)'da yerine konursa Denklem 5.15 elde edilir.

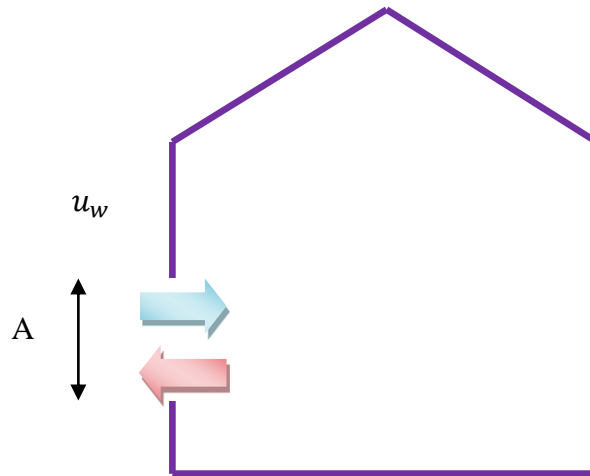
$$Q_a = C_d A_e \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho_a}} \quad (5.15)$$

Q_a	Hacimsel akış hızı (kg/m^3)
C_d	Yüzey basınç katsayısı (kg/m^3) Giriş ve çıkış açıklıklarının karakteristik özelliklerine, türbülansa ve viskoziteye bağlı olarak yüzey basınç katsayısı (Genellikle 0,50-0,75 arasında değişen değerlerdir)
A_e	Havanın eşdeğer etki alanı (Hava giriş açıklığı (m^2) ve hava çıkış açıklığı (m^2) kapalı alana etkisi)
Δp	İç hava basıncı, dış hava basıncından büyük olduğu için basınç farkı ($\Delta p = P_1 - P_2$) (kg/m^2)
ρ_a	İç Ortam Yoğunluğu (kg/m^3)

5.14.2.1 Doğal havalandırmada yaklaşımlar

Hava çıkış yolu tanımlı değil ise, itici kuvvet düşük değerde olabilir ve yetersiz havalandırma meydana gelebilir.

Rüzgar kaynaklı tek geçişli havalandırma Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



Şekil 5.14 : Rüzgar kaynaklı tek geçişli havalandırmada.

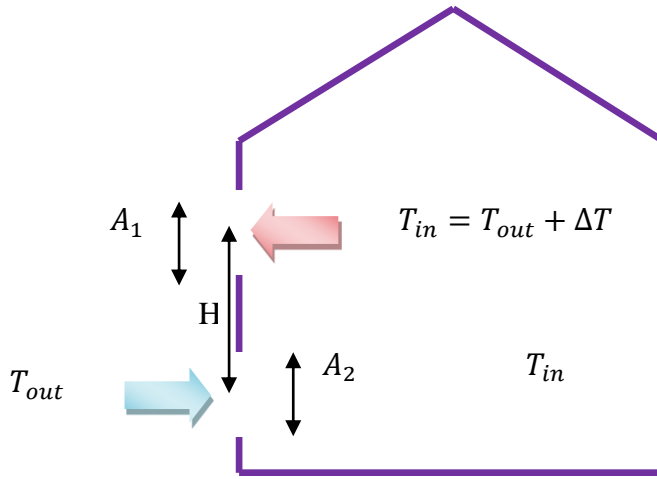
Burada, havalandırma debisi;

$$Q = 0,25 A u_w \quad (5.16)$$

ile ifade edilir.

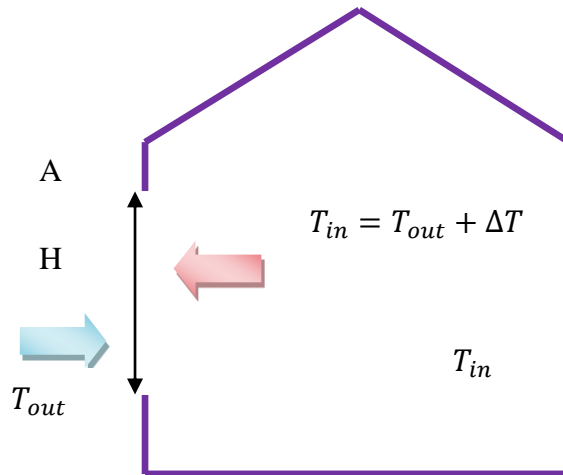
İki geçişli ve sıcaklık etkisiyle havalandırma (Şekil 5.15) ;

$$Q_a = C_d A_e \sqrt{\frac{\Delta T}{(T_{in} + T_{out})} g H} \quad (5.17)$$



Şekil 5.15 : İki geçişli ve sıcaklık etkisiyle havalandırma.

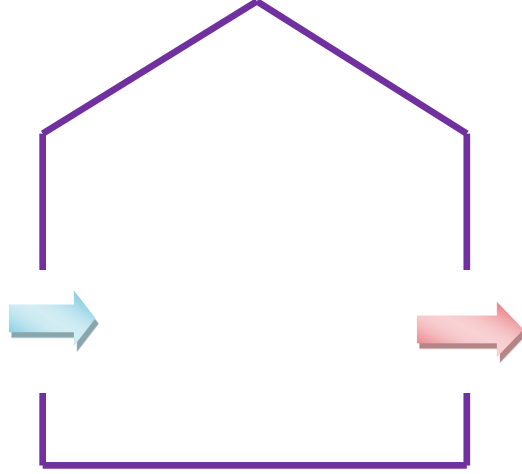
Tek geçişli ve sıcaklık etkisiyle havalandırma (Şekil 5.16) ;



Şekil 5.16 : Tek geçişli ve sıcaklık etkisiyle havalandırma.

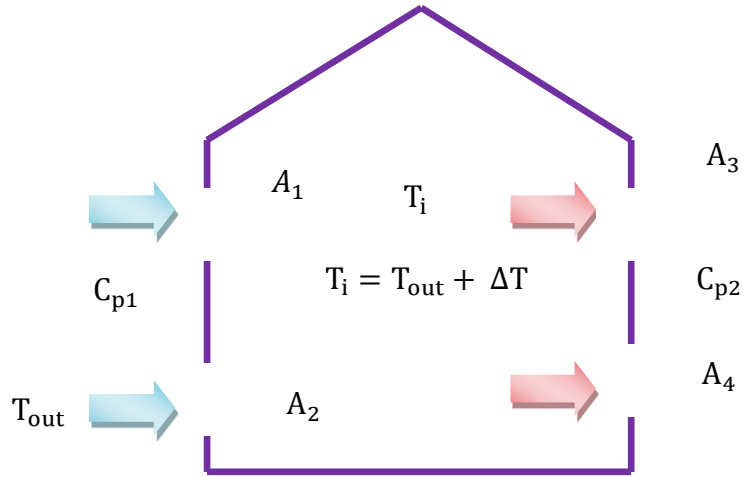
$$Q_a = C_d \frac{A}{3} \sqrt{\frac{2 \Delta T}{(T_{in} + T_{out})} gH} \quad (5.18)$$

Hava giriş ve çıkış yolu rüzgarın ve termal havalandırma şartları itici kuvvet oluşturmaktadır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 : İki Taraflı Havalandırma.

İki taraflı rüzgar etkisiyle havalandırma (Şekil 5.18);

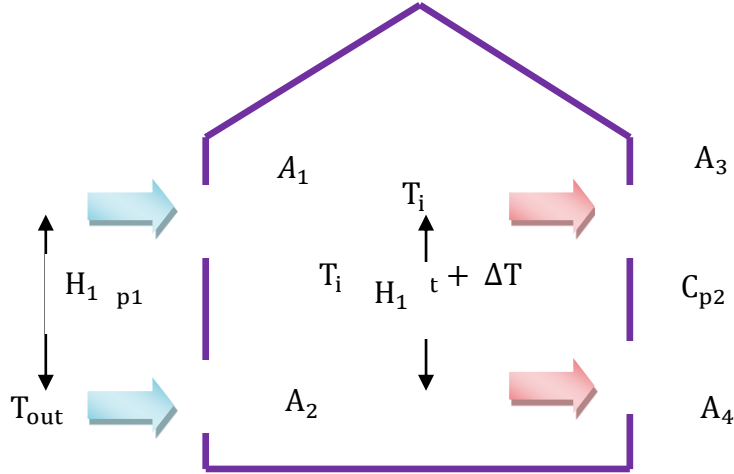


Şekil 5.18 : İki taraflı rüzgar etkisiyle havalandırma.

$$Q_w = C_d A_w u_w \sqrt{\Delta C_p} \quad (5.19)$$

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2} \quad (5.20)$$

İki taraflı sıcaklık etkisiyle havalandırma (Şekil 5.19);



Şekil 5.19 : İki taraflı sıcaklık etkisiyle havalandırma.

$$Q_b = C_d A_b \sqrt{\left(\frac{2\Delta T g H_1}{\left(\frac{T_i + T_{out}}{2} \right)} \right)} \quad (5.21)$$

$$\frac{1}{A_b^2} = \frac{1}{(A_1 + A_3)^2} + \frac{1}{(A_2 + A_4)^2} \quad (5.22)$$

İki taraflı rüzgar ve sıcaklık etkisiyle havalandırma;

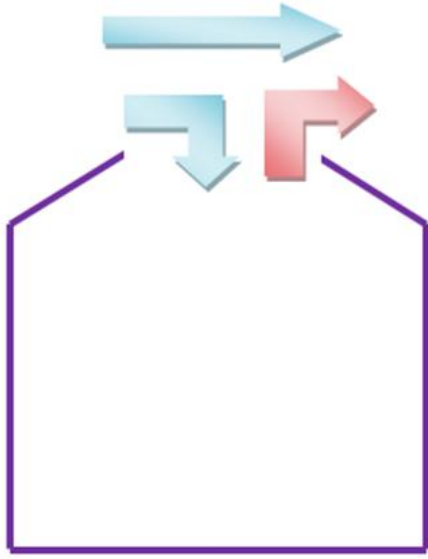
$Q = Q_b$ için;

$$\frac{u_w}{\sqrt{\Delta T}} < 0,26 \sqrt{\frac{A_b H_1}{A_w \Delta C_p}} \quad (5.23)$$

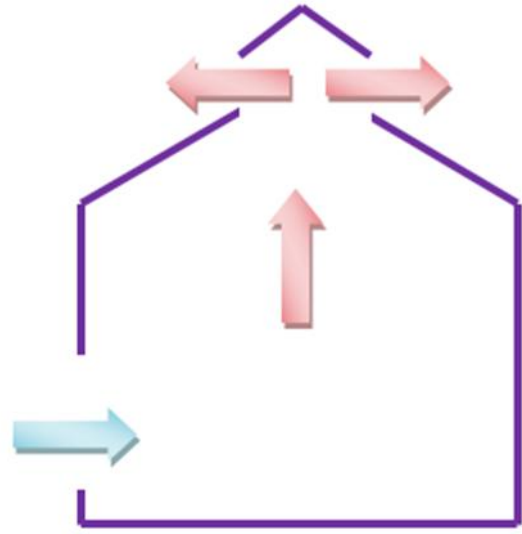
$Q = Q_w$ için;

$$\frac{u_w}{\sqrt{\Delta T}} > 0,26 \sqrt{\frac{A_b H_1}{A_w \Delta C_p}} \quad (5.29)$$

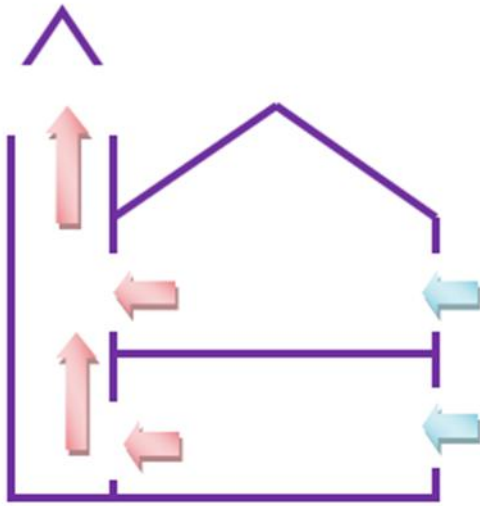
5.15 Diğer Havalandırma Çeşitleri



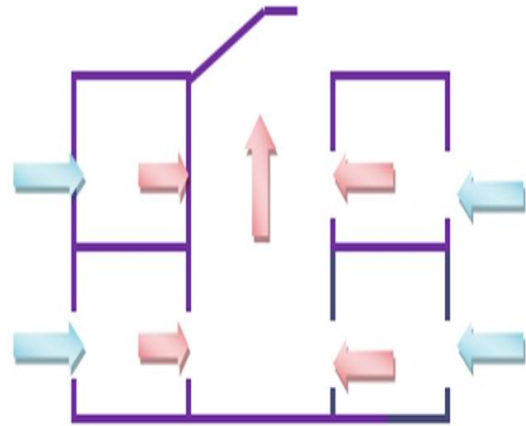
Şekil 5.20.a : Rüzgar kulesi.



Şekil 5.20.b : Stack havalandırma.



Şekil 5.20.c : Avlu havalandırma.



Şekil 5.20.d : Avlu havalandırma.

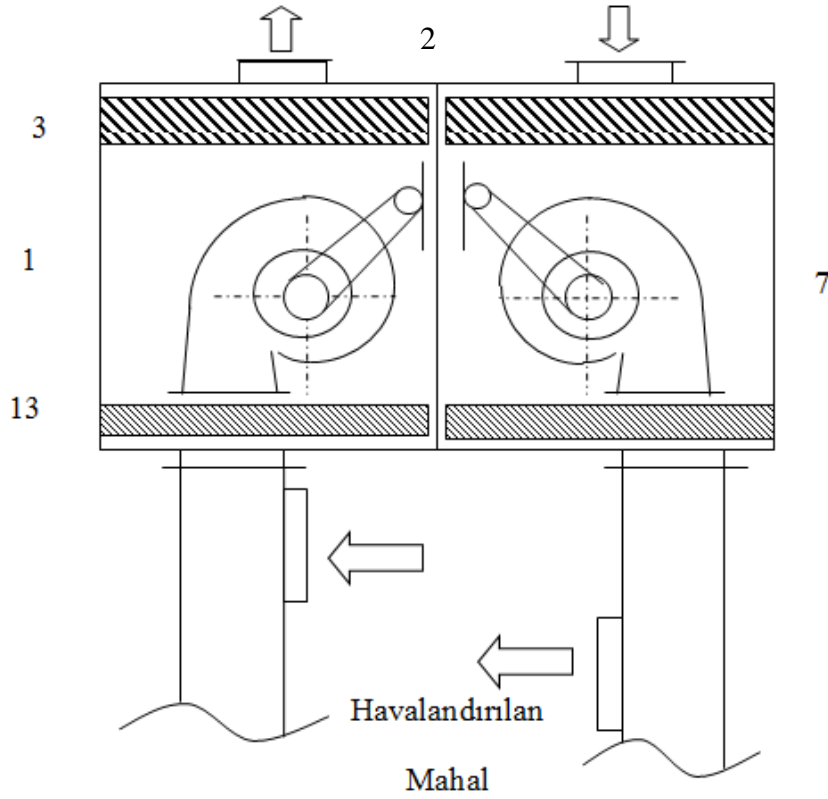
5.16 Kapalı Alanların Mekanik (Zorunlu) Havalandırma

İklimlendirme sistemi, aslında genel bir ad altında bünyesinde birçok sistemi barındıran sistemler topluluğudur. İstenilen iklim şartlarını oluşturabilmek için her sistemin ayrı bir görevi vardır. Örneğin, sadece ayrı ayrı ünitelerden oluşan iklimlendirme santrali içindeki ısıtıcı, soğutucu, nemlendirici bunlar ayrı birer sistemin parçalarıdır (Şekil 5.21). Dolayısıyla iklimlendirme sisteminin tamamı 5 ayrı kategori içinde değerlendirilebilir. Şartlandırma havası, iklimlendirme santrali

ve yan elemanları, hava taşınım kanalları, üfleyiciler ve otomatik kontrol elemanlarıdır (Doğan, 2013). Kuru hava, yüksek miktarda enerji taşıyamadığından iklimlendirmede bahsedilen hava daima ıslak havadır. Atmosferi oluşturan hava ıslak havadır.

Hava, sistemde ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanıldığından, iklimlendirilecek mahalin konforu hava ile sağlanmaktadır. Kirli havanın temizlenmesi, yıkanması, kuru havanın nemlendirilmesi, nemli havanın neminin çekilmesi, soğuk havanın ısıtılması ve sıcak havanın da soğutulması gibi bütün termodinamik işlemler iklimlendirme santralında yapılarak mahale gönderilmektedir (Doğan, 2013).

1. Hava emme fanı (Aspiratör)
2. Karışım odası
3. Filtre
4. Nemlendirici
5. Soğutucu
6. Isıtıcı
7. Hava basma fanı (Vantilatör)
8. Hava dağıtım kanalı
9. Üfleyiciler
10. Kirli hava atma kanalı
11. Artık hava (Egzoz)
12. Taze hava
13. Susturucu

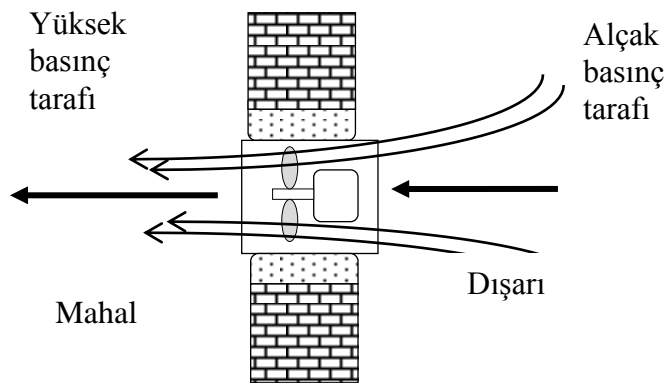


Şekil 5.22: Havalandırma amaçlı sistem.

5.18 Havalandırma Çeşitleri

Tabii havalandırmanın yeterli olmadığı durumlarda tabii dolaşıma müdahale edilerek havalandırmanın hızlandırılması için hava tahliye cihazları kullanılarak yapılan havalandırmaya cebri havalandırma denir (Doğan, 2012).

Cebri havalandırmada termodinamik işlem yapmayıp sadece fanlar vasıtasıyla havanın akışına müdahale edilmektedir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23 : Fan vasıtasıyla mahale hava akışı.

5.18.1 Kapalı alana hava verme

Havalandırma ile kapalı alana temiz hava verme anlaşılır. Bu tip mahallerde fan vasıtasıyla cebri olarak hava kapalı alana basılır. Basılan hava ile içeride bir yüksek basınç oluşur. Dışarıdaki hava basıncı daha az olduğu için, fan çalıştıkça iç basınç yükseldiğinden, içerideki kirli hava bulunduğu açıklıktan dışarı akar (Doğan, 2012). Patlayıcı atmosferin bulunduğu kapalı alanlarda bu tür havalandırma sistemi ile ortam havası seyreltilir.

5.18.2 Kapalı alana hava emme

Bu durum içeride oluşan patlayıcı atmosferin dış havaya taşınması için fanlar yardımı ile yapılmaktadır. İçerideki hava dışarı atılmasıyla alçak basınç bölgesi oluşur. Böylece içerisi ile dışarı arasında basınç farkından dolayı kapalı mahal açıklıklarından içeriye temiz hava girmektedir.

İçerideki hava değişik yollarla cebri olarak dışarı atılmaktadır. Pencereye fan bağlayarak da yapıldığı gibi daha büyük kapasiteli fanlar ile parlayıcı ve yanıcı maddenin yayıldığı kaynak ağzından lokal emme ağızları ve kanallarla tehlikeli gazların istenilen yere taşınması sağlanmaktadır (Doğan, 2012).

5.18.3 Kapalı alana hava emme ve basma

Hava emme-basma, daha çok büyük hacimlerin havalandırılmasında başvurulan usuldür. Parlayıcı ve yanıcı hava kapalı alandan fanlarla dışarıya atılırken, dışarıdaki temiz ve taze hava da vantilatörler yardımı ile kapalı alana basılmaktadır (Doğan, 2012).

6. TEHLİKELİ ALANLAR VE BÖLGELERİN TAHMİNİ

6.1 Patlayıcı Gazlı Atmosferin Varlığı Açısından Tehlikeli Alanın Tayini

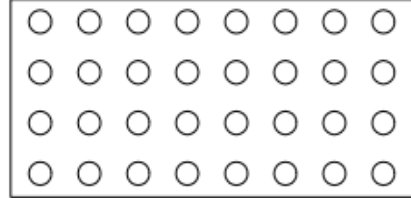
Patlayıcı gaz ortamı bulunan ya da bulunması beklenen prosesin kurulduğu alan içinde cihazların yapılması, kurulması ve kullanılması için özel tedbirlerin alınmasını gerektirecek alandır. Atmosfere kapalı olan patlayıcı gaz ile işlem yapılan ekipmanlarda, hava girişi olmasa da ekipman içinde, iç yangın olma olasılığı bulunduğundan tehlikeli alan olarak değerlendirilir.

Tehlikeli alanlarda, patlayıcı ortam oluşma sıklığı ve bu ortamın devam etme süresi esas alınarak, bölgeler halinde sınıflandırılır.

a. Bölge 0

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık olduğu alandır.

Bölge 0'ın kroki çizimlerinde Şekil 6.1 de gösterilmektedir.

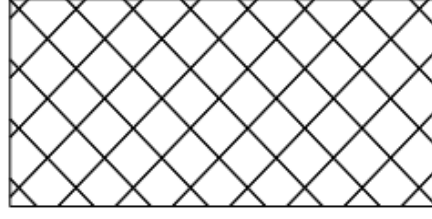


Şekil 6.1 : Bölge 0

b. Bölge 1

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan alandır.

Bölge 1'in kroki çizimlerinde Şekil 6.2'de gösterilmektedir.

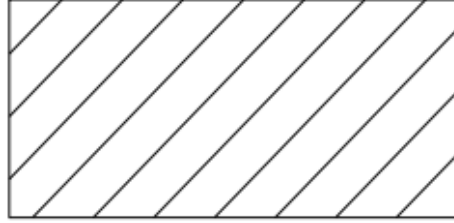


Şekil 6.2 : Bölge 1

c. Bölge 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 alandır.

Bölge 2'nin kroki çizimleri Şekil 6.3'de gösterilmektedir.



Şekil 6.3 : Bölge 2

d. Bölge Kapsamı

Boşalma kaynağından gaz veya hava karışımı patlayıcı atmosferin yoğunluğunun seyreltiği son noktaya kadar kapladığı alandır. Kullanılarak seyrelme derecesinin saptanmasında, havalandırmanın kullanılabilirliği ve yayılım derecesi Çizelge 6.4'de değerlendirilerek Bölge tayini yapılmaktadır.

Çizelge 6.1 : Bölge belirleme prosedürü.

Yayılım Derecesi	Seyreltme Derecesi						
	Yüksek			Orta			Düşük
	Havalandırmanın Kullanılabilirliği						
	İyi	Orta	Kötü	İyi	Orta	Kötü	İyi, orta veya kötü
Sürekli	(Bölge 0 NE)	(Bölge 0 NE)	(Bölge 0 NE)	Bölge 0	Bölge 0	Bölge 0	Bölge 0
	Tehlikesiz*	Bölge 2*	Bölge 1*		+	+	
					Bölge 1	Bölge 1	
Ana	(Bölge 1 NE)	(Bölge 1 NE)	(Bölge 1 NE)	Bölge 1	Bölge 1	Bölge 1	Bölge 1
	Tehlikesiz*	Bölge 2*	Bölge 2*		+	+	veya
					Bölge 2	Bölge 2	Bölge 0**
Tali	(Bölge 2 NE)	(Bölge 2 NE)	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1
	Tehlikesiz*	Tehlikesiz*					ve
							Bölge 0**

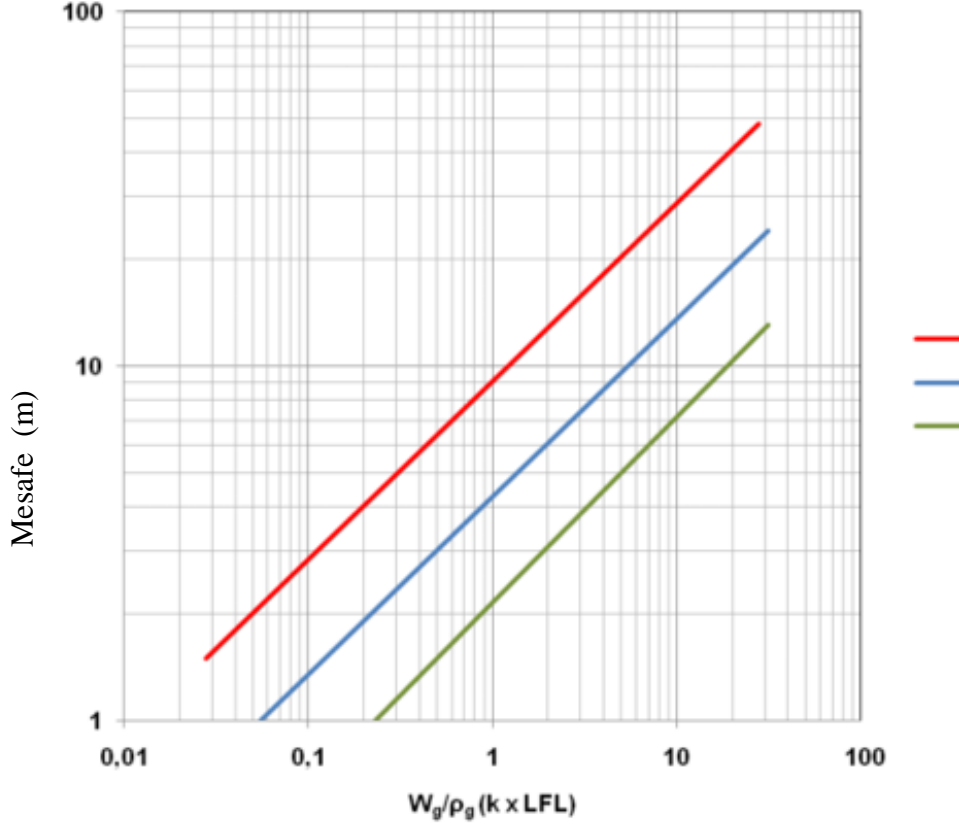
Not – “+” etrafında anlamına gelmektedir.

* Bölge 0 NE, Bölge 1 NE ve Bölge 2 NE normal şartlarda ihmal edilebilir yayılma sınırına sahip teorik Bölgeleri gösterir.

**Eğer pratikte havalandırma çok zayıf ve yayılma sürekli gaz ortamı oluşacak şekilde ise (havalandırma yok durumuna yaklaşık ise) Bölge 0 kullanılır.

6.2 Tehlikeli Bölgenin Kapsamını Tahmin

Tehlikeli bölgelerde bölge boyutu yayılım hızı özelliklerine ve yayılım kaynağı geometrisine bağlıdır. Şekil 6.4’de tehlikeli bölgelerin mesafe tahmin grafiği görülmektedir.



Şekil 6.4: Tehlikeli bölgelerin mesafe tahmin grafiği.

Yayılma kaynağından gazın ve sıvının atmosfere yüksek hızda engelsiz püskürtmesi kırmızı, sıvıların yayılımını mavi ve yüksek basınç gazların yayılımını yeşil olarak gösterilmektedir. Grafik yaklaşık değeri gösterir ve fiili havalandırmanın arka plan konsantrasyonunun olmadığı durumlarda kullanılabilir.

Yayılma karakteristiği Denklem 6.1 (m^3/s) ile ifade edilir.

$$\frac{W_g}{\rho_g(k \text{ LFL})} \quad (6.1)$$

6.3 Yanıcı Maddenin Seyreltilmesi İçin Gerekli Zaman

Yanıcı maddenin seyreltilmesi için gerekli zaman Denklem (6.2) ile ifade edilir.

$$t_d = \frac{1}{C} \ln \left(\frac{X_b}{X_{kritik}} \right) \quad (6.2)$$

t_d	Teorik olarak yanıcı maddenin seyreltilmesi için gereken süre (s)
C	Birim zamanda hava değişim sayısı (s^{-1})
X_b	Normal koşullarda yanıcı maddenin arka palan konsantrasyonu (vol/vol)
X_{kritik}	Yanıcı Madde konsantrasyonda kritik değer (vol/vol)

7. TESİS UYGULAMASI

7.1 Tesis Hakkında Bilgiler

Tuzla Kimya Sanayicileri Organize Sanayi Bölgesinde faaliyetini sürdüren bir boya fabrikası, inşaat boyları, solvent bazlı sanayi boyları, vernik ve tutkal çeşitleri imalatı yapmaktadır. Sunulan tez kapsamında, tesisin tutkal bölümünde, proses güvenliği ve tehlikeli alanların tespiti ile alakalı uygulama yapılmıştır. Bu amaçla, aynı zamanda tesisin diğer bölümlerinde kullanılmak üzere elleçleme ile alınan yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı kimyasal maddelerin tesisi de incelenmiştir. Proseste kullanılan yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı kimyasal maddelerin muhtemel yayılımın boyutları hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar ışığında tehlike sınırlandırılması yapılarak, güvenlik dereceleri tespit edilmiştir.

7.2 Tesiste Kullanılan Yanıcı ve Parlayıcı Kimyasal Maddelerin Özellikleri

Üretimde kullanılan kimyasal maddeler arasında bulunan, yanıcı ve parlayıcı kimyasal maddelerin fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Bu amaçla, uygulama yapılan tesiste, üretim hatlarında toluen, white spirit, butil akrilat, vinil asetat ve stiren kullanıldığı belirlenmiştir.

Toluen; son derece parlayıcıdır. Kullanım anında, parlayıcı/patlayıcı buhar-hava karışımı oluşturabilir. Buharı havadan ağırdır, zemin boyunca yayılır ve uzak bir noktada alev alması mümkündür.

White spirite; alevlenme noktası 40°C'dir. Sızıntı ve dökülmeler durumunda hava ile parlayıcı, patlayıcı veya yanıcı ortam oluşturur

Butil akrilat; 36°C nin üstünde patlayıcı buhar/hava karışımı oluşturur.

Vinil Asetat; sıvı halde, renksiz, karakteristik bir kokusu olan, hacimsel olarak %2.6 ila %13.4 patlama limitlerine sahip bir kimyasaldır.

Stiren; 25°C'de sıvı halde bulunan, renksiz, aromatik bir kokusu bulunan, hava ile karışım halinde patlama limitleri hacimsel olarak %1.1 ile % 8.1 oranları arasında bulunan bir kimyasaldır.

Çizelge 7.1 : Tehlikeli bölge sınıflandırması bilgi formu-yanıcı madde listesi ve özellikleri.

Tesis Adı: Toluen ve White spirit Elleçleme İmalatı										Referans Çizim: 01-02		
Yanıcı Madde								Buharlaştırma		LEL		
İsim	CAS	Molar Kütle (kg/kmol)	Yoğunluk (kg/m ³)	Özgül Isı Oranı γ	Flash Point (°C)	Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı 20 °C (kPa)	Vol (%)	(kg/m ³)	Not	
1	Toluen	108-88-3	92	871	-	6	480	110	3,5	1,1		
2	White Spirit	64742-82-1	140	783	-	41	296	162	0,37	0,7		
Tesis Adı: Tutkal İmalatı										Referans Çizim: 03-04		
Yanıcı Madde								Buharlaştırma		LEL		
İsim	CAS	Molar Kütle (kg/kmol)	Yoğunluk (g/cm ³)	Özgül Isı Oranı γ	Flash Point (°C)	Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı 20 °C (kPa)	Vol (%)	(kg/m ³)	Not	
1	Butil Akriyat	141-32-2	128.17	0,90		36	267	147	0,5	1,1	-	
2	Vinil Asetat	108-05-4	86,9	0,94		-8		72	11,7	2,6	1,4	
3	Stiren	100-42-5		0,91		31	490	145	6,67	-	-	

7.3 Kimyasal Maddelerin Kullanıldığı ve Depolandığı Alanlar

7.3.1 Depolama tankları

Şekil 7.1'den görüldüğü gibi, işletmede 6 adet 12.000 litrelik depolama tankı bulunmaktadır. Bu tanklarda prosesin ihtiyacı olan toluen, white spirit, butil akrilat, vinil asetat ve stiren depolanmaktadır. Tanklardan bir tanesi boştur. TK-101 numaralı depolama tankında butil akrilat, TK-102'de vinil asetat, TK-103'de stiren, TK-104'de toluen ve TK-105'de white spirit depolanmaktadır.



Şekil 7.1 : Depolama tankları.

7.3.2 Depolama tankları kollektör grubu

Depolama tankları, prosesin ihtiyacına göre, tanklardan kimyasalları üretim prosesine gönderen gruptur. Kollektör grubu 2 guruba ayrılmıştır (Şekil 7.2). Toluen ve white spirit ayrı bir kollektörden; butil akrilat, vinil asetat ve stiren ayrı kollektörden üretim hattına beslenmektedir. İki ayrı kollektör gurubunda da 2 adet 8,2 kPa kapasitede pompa bulunmaktadır.



Şekil 7.2 : Kollektör grubu.

7.3.3 Reaktör Grupları

Asma katta bulunana R-301 karıştırma reaktöründe butil akrilat, vinil asetat ve R-302 karıştırma reaktöründe butil akrilat ve stiren ayrı ayrı karıştırılmaktadır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3 : R-301 ve R-302 reaktörler.

Şekil 7.4'den de görüldüğü gibi, tesis içerisindeki 2. asma katta bulunan R-301 ve R-302 karıştırma reaktörlerinden alınan karışımlar, R-203 ve R-204 numaralı ekzotermik reaktöre aktarılmaktadır.



Şekil 7.4 : R-203 ve R-204 reaktörlerinin üst kısmı.

Aynı zamanda zemin katta elleçleme de kullanılmak üzere TK-201'de toluen ve TK-202'de de white spirit depolanmaktadır (Şekil 7.5).



Şekil 7.5 : TK-201 de toluen ve TK-202 dikdörtgen depolama tankları



Şekil 7.6 : R-203 ve R-204 reaktörlerin zemin kattaki kısmı.

Asma katta bulunan R-203 ve R-204 reaktörü zeminde bulunan kısmında son ürün ortaya çıkmaktadır ve tankın altından dolun ünitesine gönderilmektedir (Şekil 7.6 & 7.7) .



Şekil 7.7 : R-203 ve R-204 reaktörün zemin kattaki kısmı.

Tesiste tüm solventler için elleçleme tesisatları mevcuttur (Şekil 7.8 & 7.9).



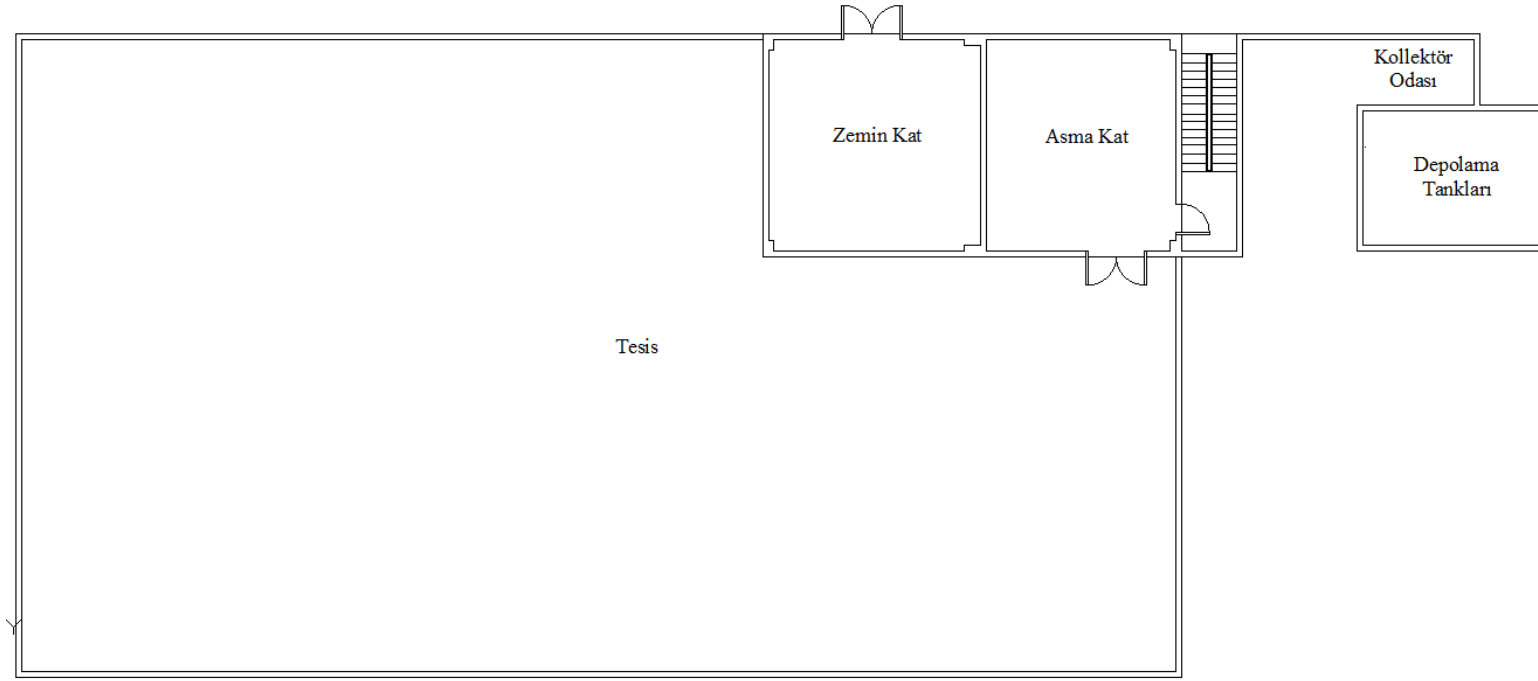
Şekil 7.8 : Zemin kat tolüen ve white spirite elleçleme tesisatı.



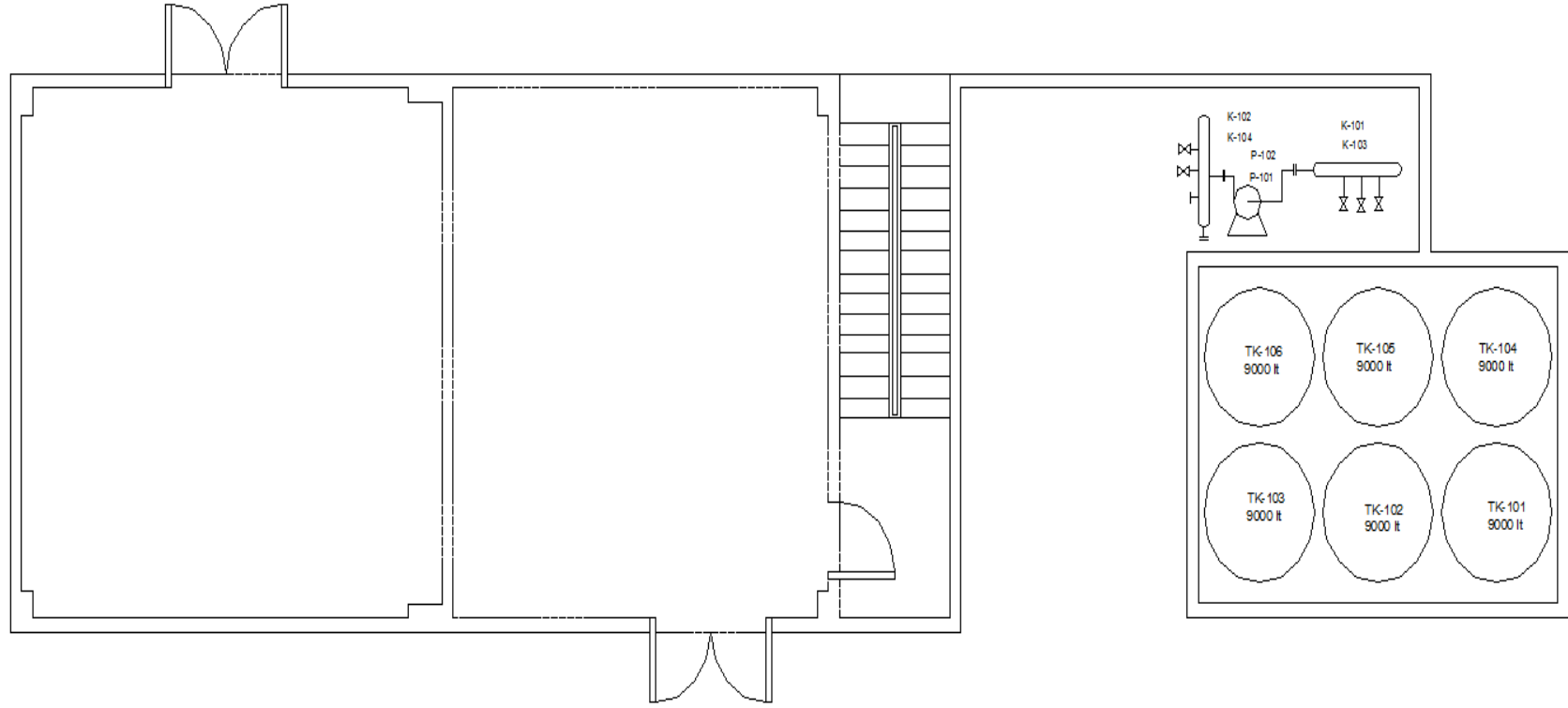
Şekil 7.9 : Zemin kat Butil akrilat, sitren ve vinil asetat sitren elleçleme hattı .

7.4 Tesisin Tümüne Ait Vaziyet Planı ve Proses İzometrik Çizimleri

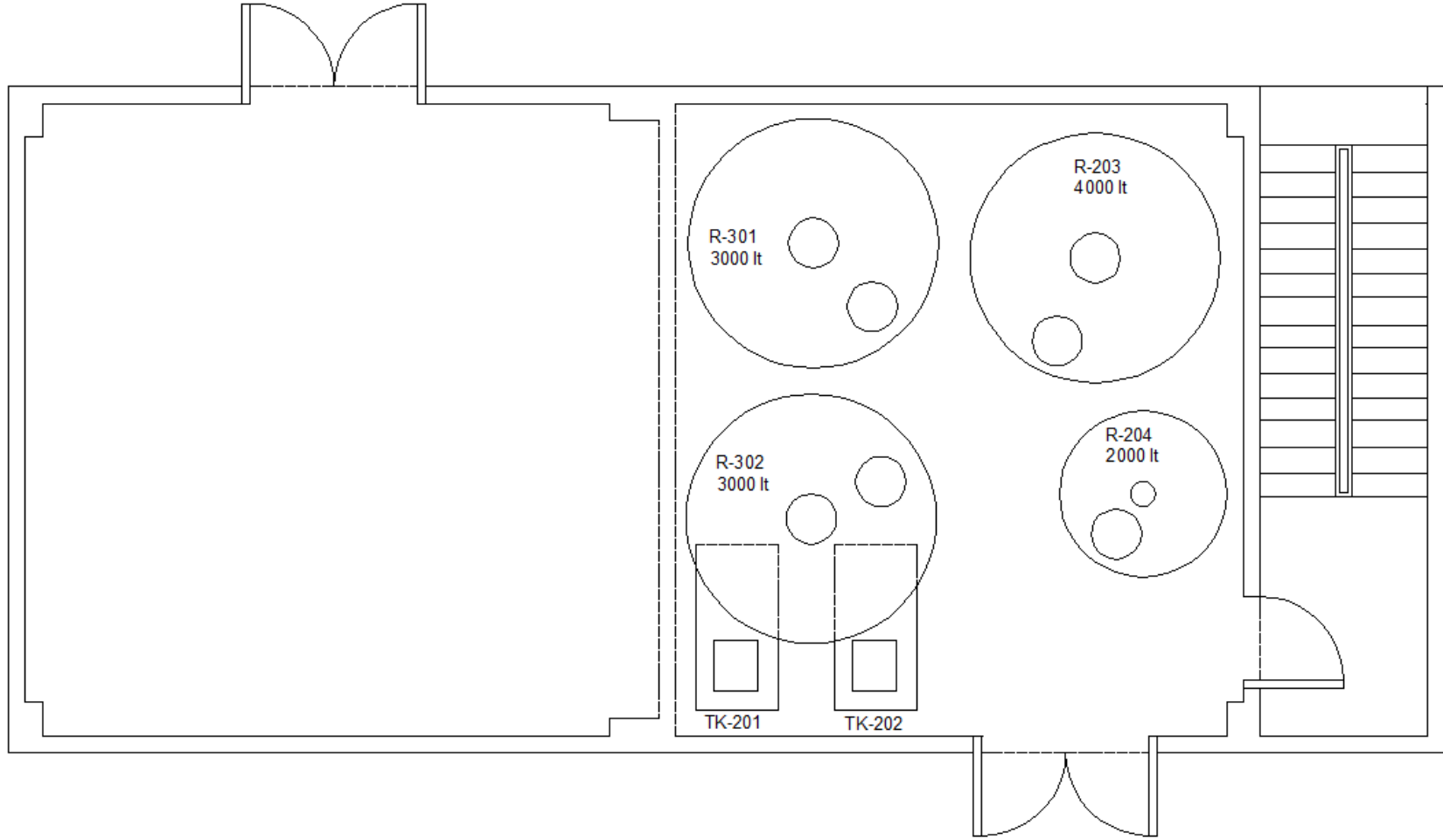
Şekil 7.10, Şekil 7.11, Şekil 7.12, Şekil 7.13, Şekil 7.14, Şekil 7.15, Şekil 7.16'da gösterilmiştir. Buna göre tüm tesisteki depolama tankları ve kolektör odası, asma kat planları, toluen ve white spirit elleçlemede yanıcı madde prosesi izometri çizimleri ile tutkal üretiminde yanıcı madde presesi izometrik çizimleri görülmektedir.



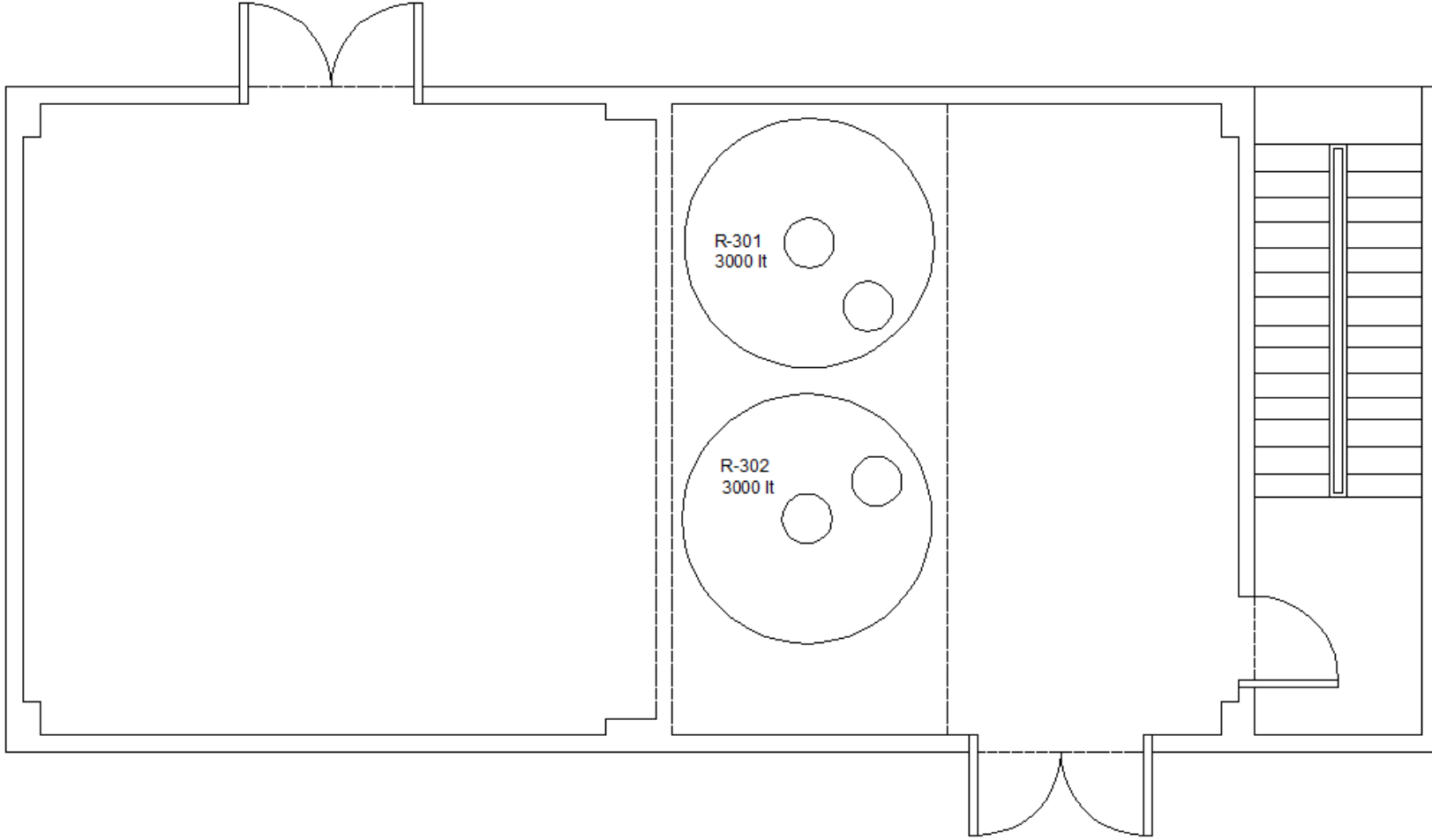
Şekil 7.10 : Tesisin vaziyet planı



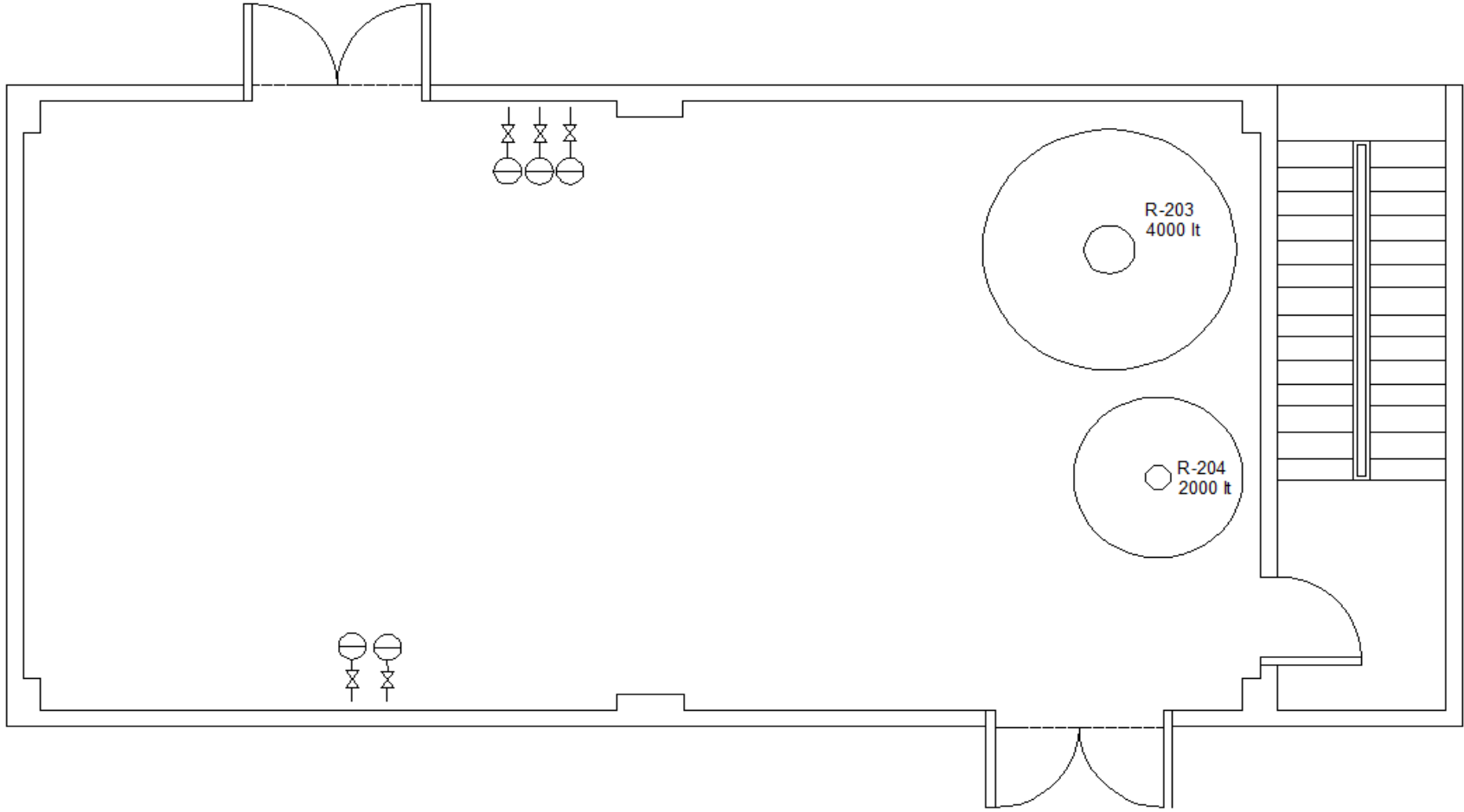
Şekil 7.11 : Depolama tankları ve kollektör odası yerleşim plan



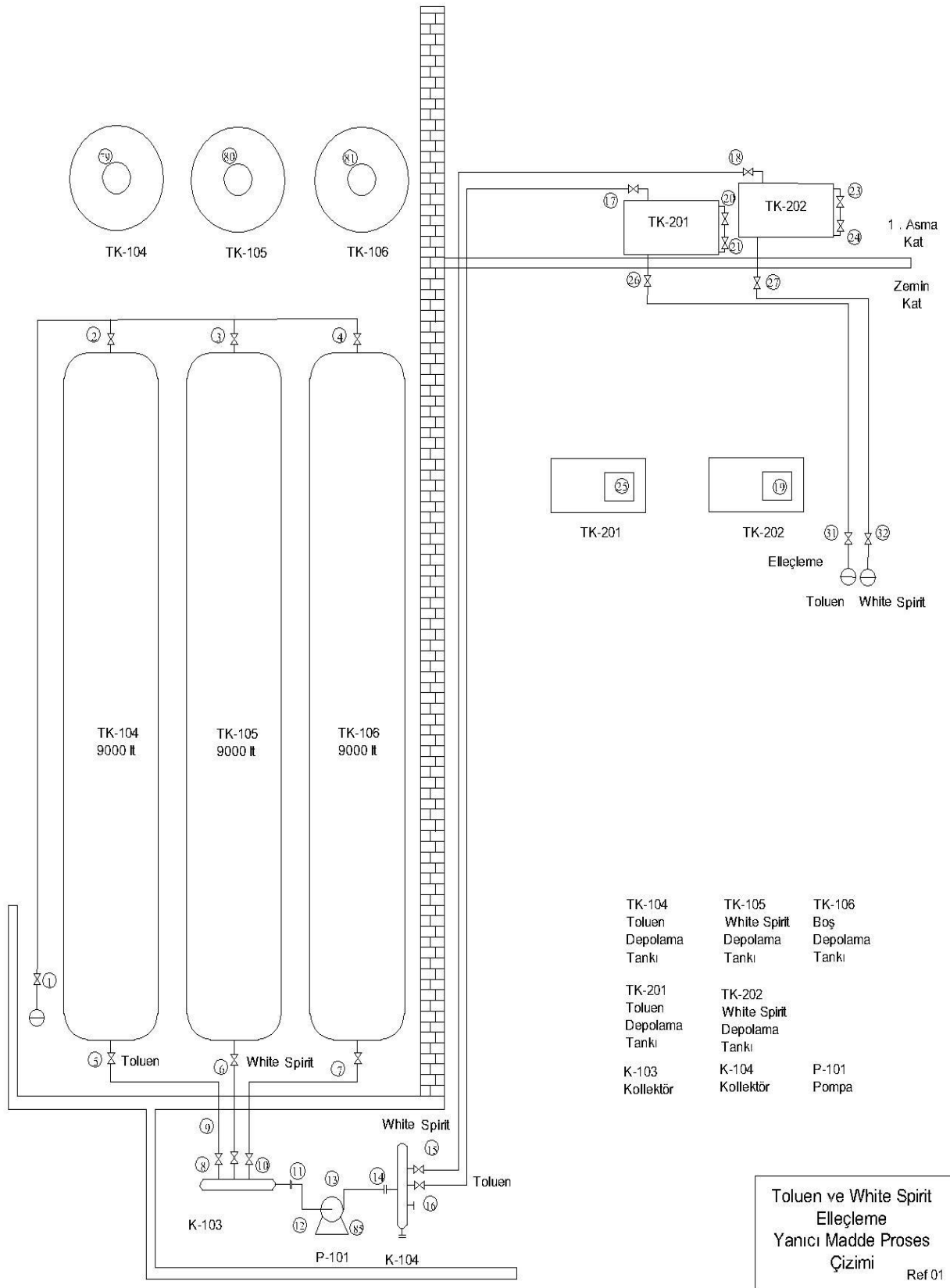
Şekil 7.12 : 1. Asma kat yerleşim planı



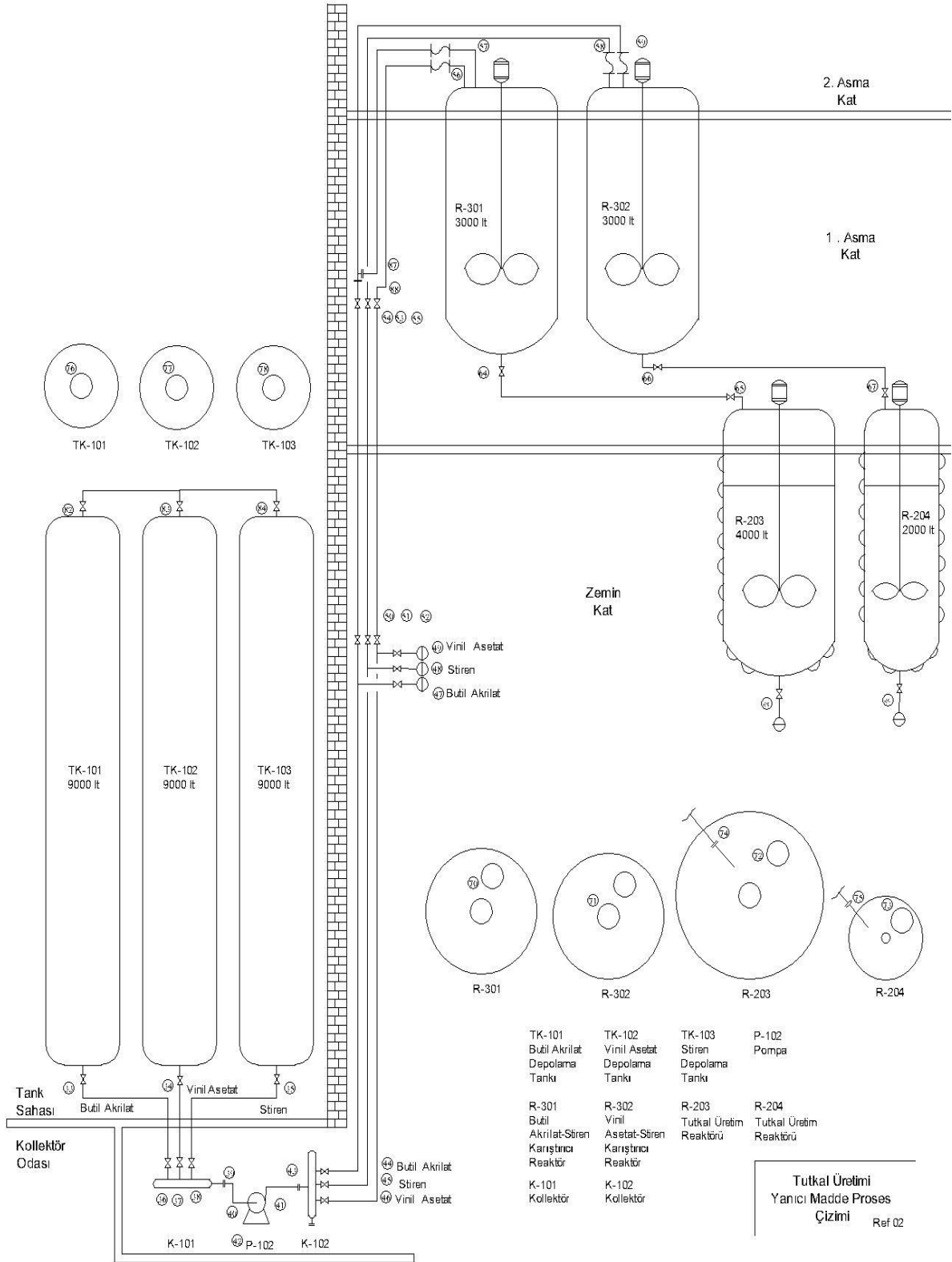
Şekil 7.13 : 2. asma kat yerleşim planı



Şekil 7.14 : Zemin kat yerleşim planı.



Şekil 7.15 : Toluen ve white spirit elleçlemede yanıcı madde prosesi izometrik çizimi.



Şekil 7.16 : Tutkal üretiminde yanıcı madde presesi izometrik çizimi.

7.5 Prosesteki Yayılım Kaynaklarının Tespit Edilmesi

Tank sahası yayılım kaynakları, tank sahasında ve depolama tanklarının giriş ve çıkışlarındaki 13 adet vanadan oluşmaktadır ve bu vanalar flanşlı vanalardır. Kollektör odası yayılım kaynakları ise kollektör odasında 4 adet kollektör ve 2 adet pompadan ibarettir. Kollektör girişi ve çıkışlarında 10 adet vana, kollektör ve pompa giriş ve çıkışlarında, 8 adet flanş ve 2 adet pompa mevcuttur. Tesiste vanalardaki 20 adet flanşla birlikte, toplam 28 adet flanş bulunmaktadır. Asma kat yayılım kaynaklarında, 2 adet depolama tankı ve 4 adet reaktör bulunmaktadır. 2 reaktör sadece karıştırıcı özelliğinde olup diğer 2 reaktör ise ekzotermik reaksiyonlarda kullanılmaktadır. Bu kısımda, 13 adet vana 4 adet fleks flanşı, 35 adet flanş ve 4 adet dairesel kapak ve 2 adet dikdörtgen kapak da mevcuttur.

7.6 Yayılım Kaynaklarının Yayılım Dereceleri

Depolama tankları yayılım kaynakları yayılım derecesi, tank sahasında vana ve kapaklar bulunmaktadır ve bu kapaklar haftada 1 defa tank seviyesi ölçülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu durum yayılım derecesi ana dereceli yayılım veren kaynak olarak tespit edilmiştir. Vanalar güneş altında yağmur rüzgar ve kar gibi hava şartlarından dolayı ana dereceli kaynak olarak kabul edilmiştir.

Kollektör odası yayılım kaynakları yayılım derecesi, vanalar güneş altında yağmur rüzgar ve kar gibi hava şartlarından dolayı ana dereceli kaynak olarak kabul edilmiştir.

Asma kat yayılım kaynakları yayılım derecesi, vana ve flanşlar ile normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenmeyen pompa, kompresör ve vana keçeleri, tali dereceli yayılım veren kaynaklardır. Fleks bağlantısı ana dereceli kaynaktır ve dikdörtgen kapak da sürekli dereceli kaynaktır.

Dairesel kapaklar malzeme eklenmesi gerektiğinde açılır, bu nedenle ana dereceli kaynaktır.

Zemin kat yayılım kaynakları yayılım derecesi, vana ve flanşlar ile normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenmeyen pompa, kompresör ve vana keçeleri, tali dereceli yayılım veren kaynaklardır.

Dairesel kapaklar malzeme eklenmesi gerektiğinde açılır, bu nedenle ana dereceli kaynaktır.

7.7 Yayılma Kaynağının Boyutu ve Yarıçap

Çizelge 7.2, Çizelge 7.3, Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.5’de tüm tesiste yer alan yayılım kaynaklarının boyutları sunulmuştur.

Çizelge 7.2 : Depolama tanklarında bulunan ekipmanların yayılım kaynağı boyutları

Yayılım K.	Numarası	Yayılım Kaynağı	Yayılım Türü	Yayılım Boyutu
Depolama Tankı	TK-101,TK-102	Flanşlı Vana	Ana Dereceli Kaynak	2,5 mm ² *
	TK-103, TK-104, TK-105	Dairesel Kapak	Ana Dereceli Kaynak	125666 mm ²

Çizelge 7.3 : Kollektör Odası ekipmanların yayılım kaynağı boyutları

Yayılım K	Numarası	Yayılım Kaynağı	Yayılım Türü	Yayılım Boyutu
Kollektör	K-101, K-102,	Flanşlı Vana	Ana Dereceli Kaynak	2,5 mm ² *
	K-103, K-104	Flanş	Ana Dereceli Kaynak	2,5 mm ² *
Pompa	P-101, P-102	Flanşlı Vana	Ana Dereceli Kaynak	2,5 mm ² *
		Pompa	Ana Dereceli Kaynak	3 mm ²

Çizelge 7.4 : Asma kat ekipmanların yayılım kaynağı boyutları

Yayılım K.	Numarası	Yayılım Kaynağı	Yayılım Türü	Yayılım Boyutu
Depolama Tankı	TK-201,	Flanşlı Vana	Tali Dereceli Kaynak	0,25 mm2*
	TK-202	Dikdörtgen Kapak	Ana Dereceli Kaynak	122500 mm2*
Karıştırıcı Reaktör	R-301,	Flanşlı Vana	Tali Dereceli Kaynak	0,25 mm2*
	R-302	Fleks Bağlantı	Ana Dereceli Kaynak	0,25 mm2
Karıştırıcı Reaktör	R-301,	Flanş	Tali Dereceli Kaynak	0,25 mm2
	R-302	Dairesel Kapak	Ana Dereceli Kaynak	196250 mm2
Ekzotermik Reaktör	R-203,	Flanşlı Vana	Tali Dereceli Kaynak	0,25 mm2*
	R-204	Flanş	Tali Dereceli Kaynak	0,25 mm2*
		Dairesel Kapak	Ana Dereceli Kaynak	196250 mm2

Çizelge 7.5 : Zemin kat ekipmanların yayılım kaynağı boyutları

Yayılım K.	Numarası	Yayılım Kaynağı	Yayılım Türü	Yayılım Boyutu
Elleçleme		Flanşlı Vana	Sürekli Dereceli Kaynak	0,25 mm2

7.8 Yayılma Kaynaklarının Yayılma Hızının Değerlendirilmesi

TK-201, TK-202 depolama tanklarının yayılım kaynaklarının değerlendirilmesi, yayılım özellikleri, konum özellikleri ve yayılım etkilerini tespiti aşağıda yapılmış olup diğer ekipmanları ise EK-1, EK-2 ve EK-3'te verilmiştir.

7.8.1 TK-201 Toluen depolama tankı yayılım kaynaklarının değerlendirilmesi

Asma kat TK-201 toluen depolama tankı yayılım kaynakları örnek olarak değerlendirilecektir. 17 ve 26 numaralı flanşlı vana tali derecede yayılım kaynağı ve 25 numaralı kapak ana dereceli yayılım kaynağıdır.

7.8.1.1 17 Numaralı vana flanşlarının yayılım özellikleri

Yanıcı madde	Toluen (108-88-3)
Molar Kütle	92 kg/kmol
Alt Patlama Sınır Değeri LEL	1,1 % (0,011 hacim/hacim)
Kendinden Tutuşma Sıcaklığı	AIT480°C

Gaz Yoğunluğu, ρ_g	4.111 kg/m ³
Sıvı Yoğunluğu, ρ	871 (kg/m ³)
Yayılim Kaynağı	17 numaralı vana flanşı
Yayılim Türü	Tali Dereceli Kaynak
Yayılim Kaynak Sayısı	2
Sıvı Kütle Yayılim Hızı W	0,0917 kg/s

Sıvı kütle yayılım hızı hesaplanmasında Denklem 4.4 kullanılmaktadır.

$$W = C_d A_o \sqrt{2 \rho \Delta p}$$

$$W = 0,75 \cdot 0,0000025 \sqrt{2 \cdot 871 \cdot 820000}$$

$$A_o : 0,25 \text{ mm}^2$$

$$C_d : 0,97$$

$$P : 871 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\Delta p : 820000 \text{ (Pa)}$$

Denklem 4.4.'teki Δp değeri kollektör odasındaki pompanın etkisiyle oluşmaktadır.

$$\text{Buharlaşıma Hızı } W_g : 0,00164 \text{ kg/s (1,9 \% of W)}$$

$$\text{Gaz Hacimsel Akış Hızı } Q_g : 0,000442 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gazın hacimsel akış hızı Denklem 4.14 de verilmiştir.

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g}$$

7.8.1.2 17 Numaralı vana flanşlarının konumun özelliği

Kapalı Ortam : Doğal Havalandırma

Ortama Basıncı Pa : 101.325 Pa

Ortam Sıcaklığı : 20°C

Ortam Boyutu, V_o : 180 m²

$$L \times B \times H = V_o$$

$$6 \times 6 \times 5 = V_o$$

Hava Akış Hızı Q_a : 0,375 m³/s

Doğal havalandırma kullanıldığı için hava akış hızı hesaplanmasında Denklem 5.7 kullanılmaktadır.

$$Q_a = C_d A_w U_w \sqrt{\Delta C_p}$$

$$Q_a = 0,75 \cdot 1,98 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{0,1}$$

Eşdeğer Alan, A_w 1,98

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2}$$

Hava değişim sayısı, C 0,002 (defa/s, = 1/s = s^{-1})

$$Q_a = C \cdot V_o$$

Hava Akış Hızı Kullanabilirliği: İyi

Kapalı alanda kullanılan havalandırma, doğal havalandırma menfezleri açılmış olmasından dolayı, hava akış hızı kullanılabilirliği iyi olarak tespit edilmiştir.

Kapalı alan Havalandırma Hızı, u_w 0,01 m/s

$$u_w = \frac{Q_a}{(L \cdot B)}$$

Kritik Konsantrasyon X kritik 0,0055 vol./vol.

k.LEL

7.8.1.3 17 Numaralı vana flanşlarının yayılımın etkileri

Toplam buharlaşma hızı, $\sum W_g$ 0,00348 kg/s

Toplam gaz hacimsel akış hızı, $\sum Q_g$ 0,00085 m³/s

Yayıma karakteristiği 0,15

Yayıma karakteristiği Denklem 6.1'de hesaplanmaktadır.

$$\frac{W_g}{\rho_g(kxLEL)}$$

W_g Hava ve gaz buhar karışımı içindeki yanıcı maddenin kütle yayılım hızı (kg / s) (Sadece toplam kütlesi yanıcı madde kabul edilmelidir)

k : 0,50

LEL : 0,011 (vol/vol)

ρ_g : 4.111 kg/m³

Havalandırma etkinlik faktörü (f): 2

Arka plan konsantrasyonu X_b 0,0353 (vol/vol)

$$X_b = \frac{f \times Q_g}{Q_g + Q_1} = \frac{f \times Q_g}{Q_2}$$

X_b : Ortalama arkaplan konsantrasyonu (vol/vol)

Q_g : 0,000884 (m³/s)

Q_1 : 0,375 (m³/s)

Konsantrasyon karşılaştırılması ($X_{crit} > X_b$) 0,0055 > 0,00353

Seyreltme derecesini belirlemek için Şekil 5.2 grafiği kullanılmaktadır. Yayılma kaynağında, yayılma karakteristiği 0,15 (m³/s), kapalı alan havalandırma hızı u_w 0,01 m/s olarak grafikte değerlendirildiğinde orta seyreltme derecesidir.

Tehlikeli bölge kapsamı, Şekil 6.1 kullanılarak tespit edilmektedir. Sıvılar için yapılan değerlendirmede 1, 8 metrelik bir bölge kapsamı oluşmaktadır.

Bölge kapsamı 1,8 m

Bölge belirlemede Çizelge 6.4 kullanılmıştır.

Bölge tipi Bölge 2

Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı IIA T1

7.8.1.4 26 Numaralı vana flanşlarının yayılım özellikleri

Yanıcı madde tolüen (108-88-3)

Molar kütle 92 kg/kmol

Alt patlama sınır değeri LEL 1,1 % vol. (0,011 vol./vol.)

Kendinden tutuşma sıcaklığı AIT 480°C

Gaz yoğunluğu ρ_g 4.111 kg/m³

Sıvı yoğunluğu ρ 871 kg/m³

Yayılim kaynağı	26 numaralı vana flanşı
Yayılim türü	Tali dereceli kaynak
Sıvı kütle yayılım hızı W	0,0129 kg/s

$$\Delta p = p_v + \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

$$\Delta p = 16316,76 \text{ Pa}$$

Δp : Açıklık boyunca basınç farkı Pa

p_v : 3500 Pa

ρ : 871 kg/m³

g : 9,81 m/s²

Δh : 1,5 m

$$W = C_d A_o \sqrt{2 \rho \Delta p}$$

$$W = 0,97 \cdot 0,0000025 \sqrt{2 \cdot 871 \cdot 16316,76}$$

W : Sıvı kütle yayılma hızı (kg/s)

A_o : 0,25 mm²

C_d : 0,97

ρ : 871 kg/m³

Δp : 820000 Pa

Buharlaşıma hızı W_g 0,000245 kg/s (1,9 % of W)

Gaz hacimsel akış hızı Q_g 0,0000597 m³/s

7.8.1.5 26 Numaralı vana flanşlarının konumun özelliği

Kapalı ortam Doğal havalandırma

Ortama basıncı Pa 101 325 Pa

Ortam sıcaklığı 20°C

Ortam boyutu, V_0 180 m²

Hava akış hızı Q_a	0,375 m ³ /s
Hava değişim sayısı C	0,002 (defa/s, = 1/s = s ⁻¹)
Hava akış hızı kullanılabilirliği	İyi
Kapalı alan havalandırma hızı u_w	0,01 m/s
Kritik konsantrasyon X_{kritik}	0,0055 vol./vol. (0,5.LEL)

7.10.1.6 26 Numaralı vana flanşlarının yayılımın etkileri

Toplam buharlaşma hızı $\sum W_g$	0,00049 kg/s
Toplam gaz hacimsel akış hızı $\sum Q_g$	0,000014 m ³ /s
Yayılma karakteristiği	0,0216

$$\frac{W_g}{\rho_g(kxLEL)}$$

W_g : Hava ve gaz buhar karışımı içindeki yanıcı maddenin kütle yayılım hızı kg/s

k : 0,50

LEL : 0,011 (vol/vol)

ρ_g : 4.111 kg/m³

Havalandırma etkinlik faktörü (f)	2
Arka plan konsantrasyonu X_b	0,0000074 (hacim/hacim)
Konsantrasyon karşılaştırılması	$X_{crit} > X_b$ 0,0055>0,000074
Bölge kapsamı	İhmal edilebilir
Bölge tipi	Bölge 2
Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı	IIA T1

7.8.1.7 25 Numaralı dikdörtgen kapağın yayılım özellikleri

Yanıcı madde	Toluen
Molar kütle	92 kg/kmol
Alt patlama sınır değeri LEL	1,1 % vol. (0,011 vol./vol.)
Kendinden tutuşma sıcaklığı	AIT480°C
Gaz yoğunluğu ρ_g	4.111 kg/m ³
Sıvı yoğunluğu ρ	871 (kg/m ³)
Yayılım kaynağı	25 numaralı dikdörtgen kapak
Yayılım türü	Ana dereceli kaynak
Yayılım kaynak sayısı	1
Sıvı kütle yayılım hızı W	1,97. 10 ⁻⁸ kg/s

$$W_e = \frac{6,55 \cdot 10^{-3} U_w^{0,78} A_p P_v M^{0,667}}{R T}$$

W_e : Sıvının buharlaşma hızı (kg/s)

U_w : 0,8 (m/s)

A_p : 0.1225 (m²)

P_v : 3,5 (kPa)

M : 92 (kg/kmol)

R : 8314 (J/kmol K)

T : 293 (K)

Buharlaşma hızı W_g 3,74. 10⁻¹⁰ kg/s (1,9 % of W)

Gaz hacimsel akış hızı Q_g 4,8. 10⁻⁷ m³/s

$$Q_g = \frac{6,55 U_w^{0,78} A_p P_v T_a}{10^5 M^{0,333}} \times \frac{1}{T}$$

7.8.1.8 25 Numaralı dikdörtgen kapağın konumunun özelliği

Kapalı ortam Doğal havalandırma

Ortama basıncı Pa 101 325 Pa

Ortam sıcaklığı 20°C

Ortam boyutu, V_0 180 m³

$$L \times B \times H = V_0$$

$$6 \times 6 \times 5 = 180 \text{ m}^3$$

Hava akış hızı Q_a 0,375 m³/s

$$Q_a = C_d A_w u_w \sqrt{\Delta C_p}$$

$$Q_a = 0,75 \cdot 1,98 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{0,1}$$

$$Q_a = 0,375 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2}$$

$$A_w = 1,98$$

$$Q_a = C \cdot V_0$$

$$C = 0,002 \text{ (defa/s, = 1/s = s}^{-1}\text{)}$$

$$Q_a : 0,375 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C : \text{Hava değişim sayısı (defa/s, = 1/s = s}^{-1}\text{)}$$

$$V_0 : 180 \text{ m}^3$$

Hava akış hızı kullanılabilirliği İyi

Kapalı alan havalandırma hızı u_w 0,01 m/s

$$u_w = \frac{Q_a}{(L \cdot B)}$$

$$u_w = 0,01 \text{ m/s}$$

Kritik konsantrasyon X_{kritik} 0,00275 hacim/hacim (0,25.LEL)

7.8.1.9 25 Numaralı dikdörtgen kapağın yayılımın etkileri

Yayılma karakteristiği $3,30 \cdot 10^{-8}$

$$\frac{W_g}{\rho_g(kxLEL)}$$

W_g : Hava ve gaz buhar karışımı içindeki yanıcı maddenin kütle yayılım hızı (kg / s)

k : 0,25

LEL : 0,011 (vol/vol)

ρ_g : 4.111 kg/m³

Havalandırma etkinlik faktörü f 2

Arka plan konsantrasyonu X_b $4,8 \cdot 10^{-10}$ (hacim/hacim)

$$X_b = \frac{fxQ_g}{Q_g + Q_1} = \frac{fxQ_g}{Q_2}$$

X_b : Ortalama arkaplan konsantrasyonu (vol/vol)

Q_g : $9,1 \cdot 10^{-11}$ m³/s

Q_1 : 0,375 (m³/s)

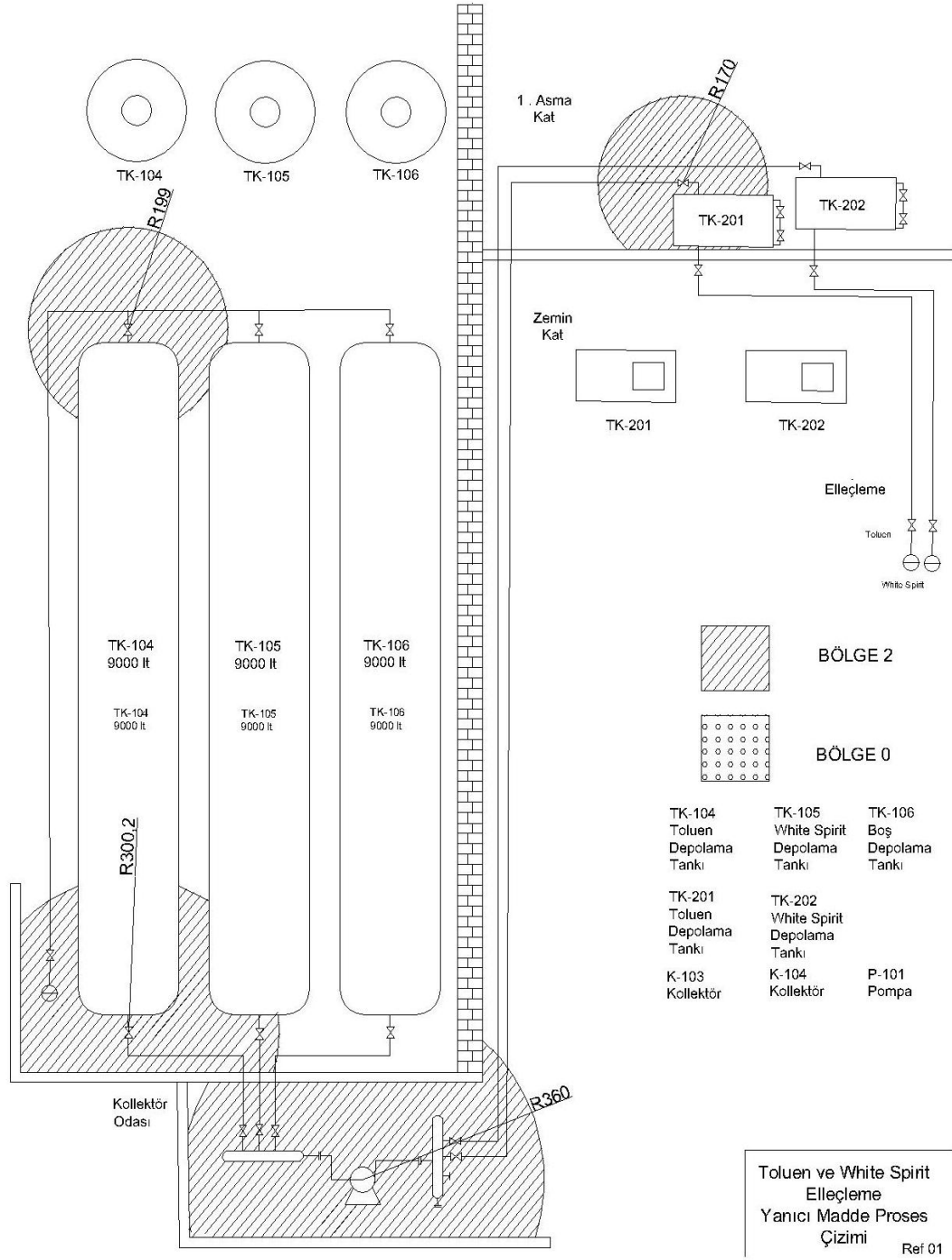
f : 2

Konsantrasyon karşılaştırılması $X_{\text{crit}} > X_b$ $0,00275 > 4,8 \cdot 10^{-10}$

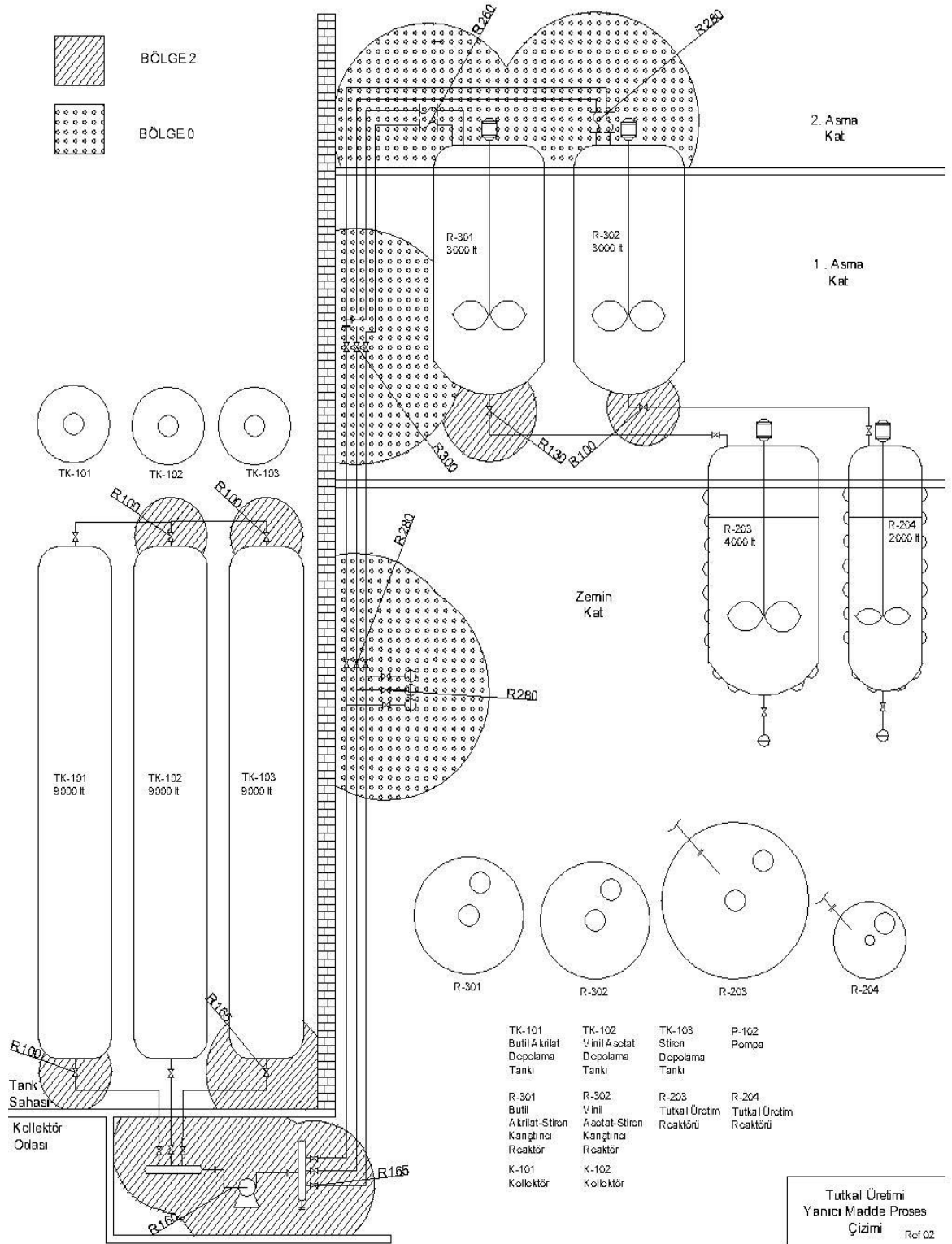
Bölge kapsamı	İhmal edilebilir
Bölge tipi	Bölge 2
Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı	IIA T1

7.9. Tehlikeli Bölgelerin ve Kapsamının Proses Üzerinde Gösterimi

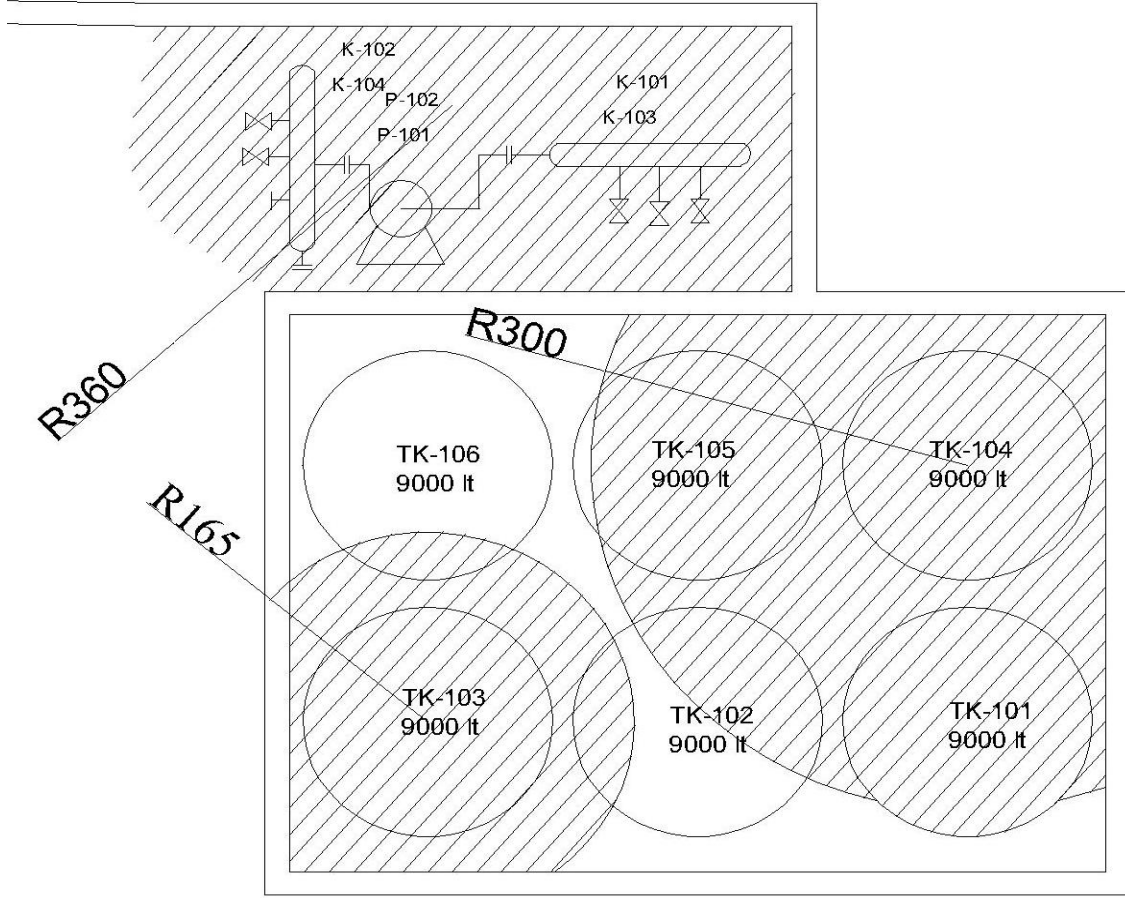
Şekil 7.17, Şekil 7.18, Şekil 7.19, Şekil 7.20, Şekil 7.21 ve Şekil 7.22 tüm tesis için yanıcı madde prosesi tehlikeli bölge kapsamlarını göstermektedir.



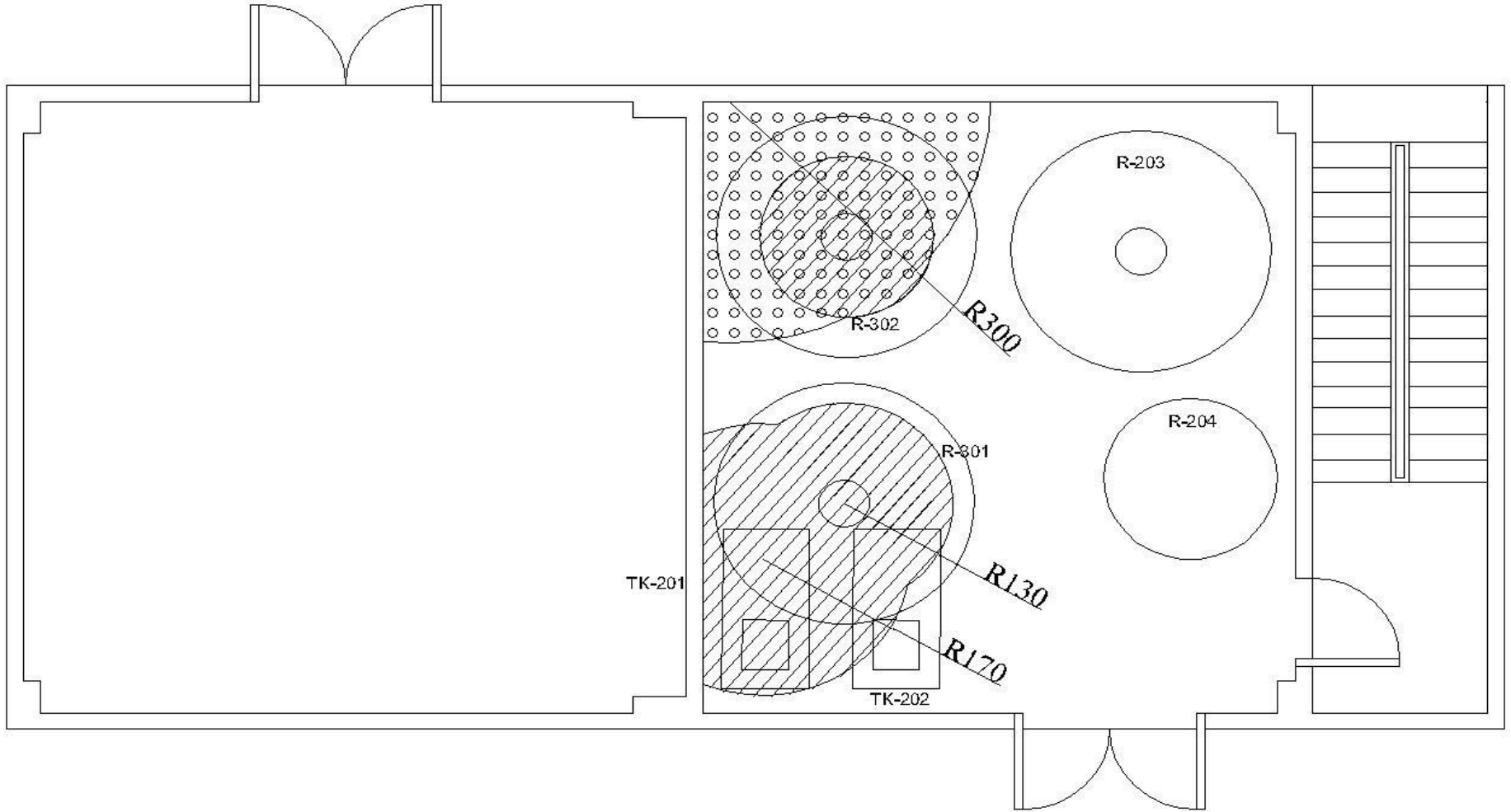
Şekil 7.17 : Toluen ve white spirit elleçlemede yanıcı madde prosesi tehlikeli bölge kapsamı



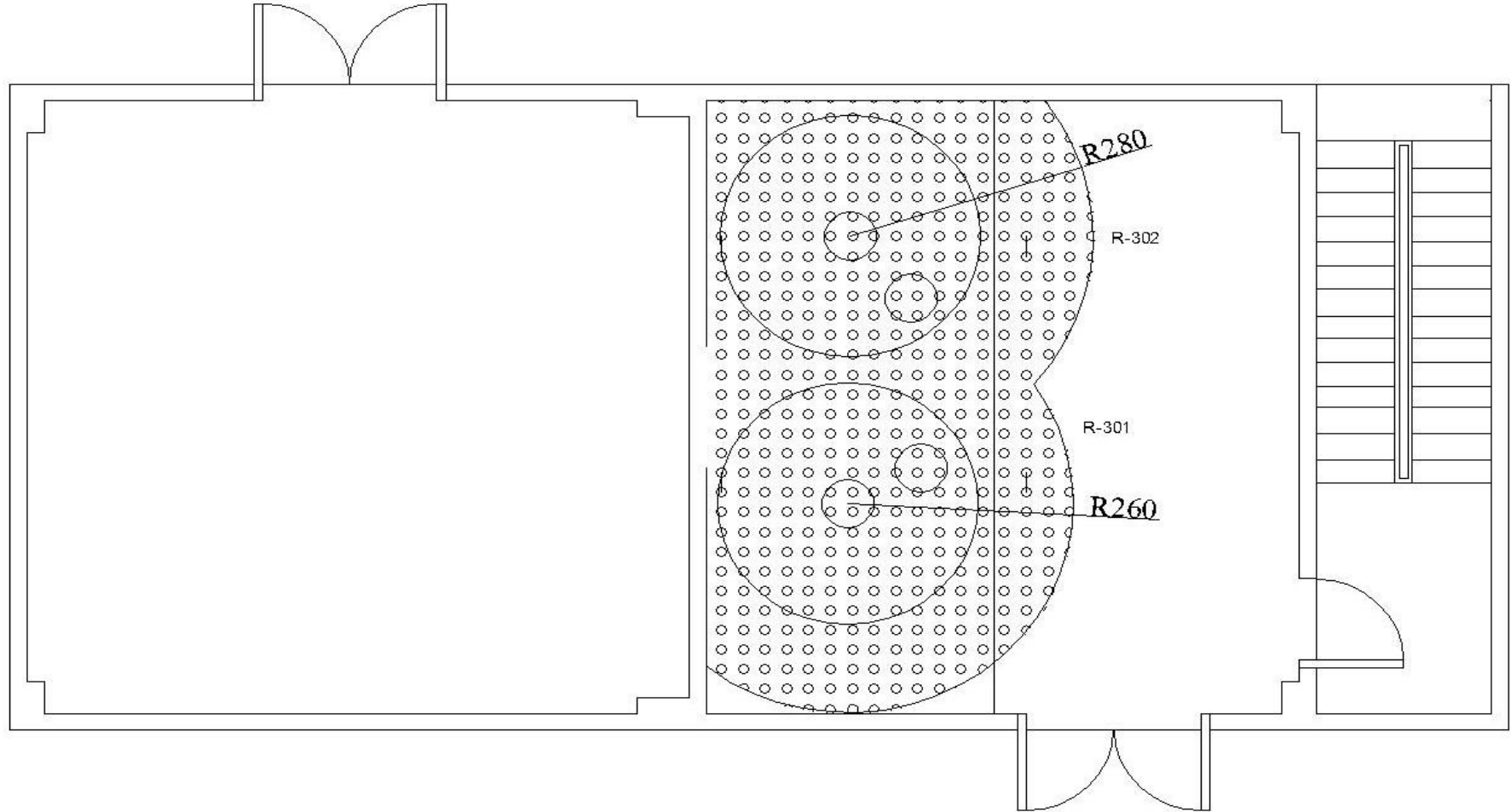
Şekil 7.18 : Tutkal üretiminde yanıcı madde presesi tehlikeli bölge kapsamı.



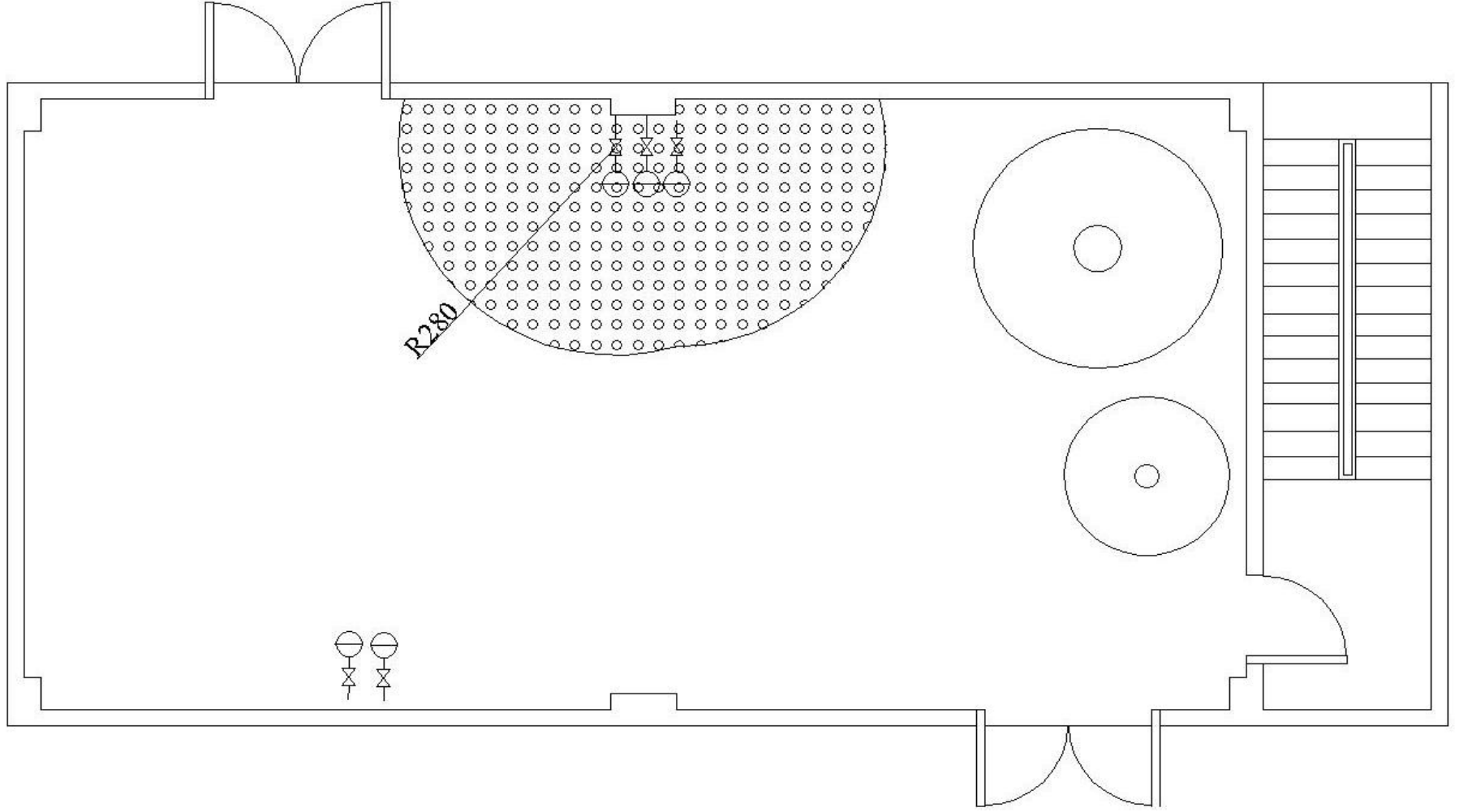
Şekil 7.19 : Depolama tankları ve kollektör odası yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı.



Şekil 7.20 : 1. Asma kat yerleşim planı yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı.



Şekil 7.21 : 2. Asma kat yerleşim planı yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı.



Şekil 7.22 : Zemin kat yerleşim planı yerleşim planı tehlikeli bölge kapsamı.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sunulan tez çalışması kapsamında incelenen tesiste, patlayıcı atmosferin yoğun olduğu bölgeler ve kapsadığı alanların tespiti yapılmıştır. Tüm tesis proses güvenliği açısından tetkik edildiğinde, yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı çözücülerin bulunması sebebiyle, tehlikeli ve riskli ortamların oluşmasını önlemek gerekmektedir. Bu sebeple en önemli etken havalandırmadır. Patlayıcı atmosferin seyreltilme derecesi yüksek olduğunda, patlayıcı atmosfer oluşmamakta ya da ihmal edilebilir seviyede açığa çıkmaktadır.

Tesiste açık alandaki tank sahasında bulunan, depolama tanklarının alt kısmında ve kollektör odası, Bölge 2 kapsamında, tehlikeli bölge oluşturmaktadır. Bu alanın tesis bahçesinin dış duvarlarına yakın olması sebebiyle, çevresel tehlikelere ve sabotaj ihtimaline karşı gerekli tedbirlerin alınması gereklidir. Yangın söndürme sistemi, tehlikeli bölgeler dikkate alınarak hazırlanmalıdır. Özellikle patlama sonrasında, tehlikeli bölgeye yaklaşamayacağından, uzaktan müdahale edilebilecek uygun yangın söndürme sistemi ve yangın kuleleri yapılarak kurulmalıdır. Aynı zamanda çevre işletmelere bilgi verilerek felaketin büyümemesi ve etkilenmemeleri sağlanabilir. Kimyasal maddelerin bilgileri, yangın veya patlama sonrasında ilk müdahale ve sonrasındaki yangının söndürülmesi için itfaiye ve tesis destek elemanlarına Acil Durum Planı hazırlanmalıdır. Acil Durum Planı Organize Sanayi Bölgesi Yönetimine ve itfaiyeye verilmelidir.

Asma katta bulunan TK-201 ve TK-202 depolama tankları proseste sürekliliğin sağlanması için kullanılmaktadır. Toluene ve white spirit tank sahasındaki TK-104 ve TK-105 depolama tanklarından kollektör odasındaki pompa yardımıyla taşınmaktadır. Aynı zamanda R-301 ve R-302 reaktörlerinin alt kısımları da bu alanda bulunmaktadır. R-301 reaktörünün alt kısmında 1,3 metrelik bölge kapsamı, Bölge 2, tehlike sınıfı oluştursa da, yakınında bulunan stiren ve vinil asetat hatlarının vanalarından 3 metre ve 2,6 metrelik bölge kapsamında, Bölge 0, tehlike sınıfı belirlenmiştir. En tehlikeli durum Bölge 0 olarak dikkate alınmalıdır.

Bu alanda bulunan R-203 ve R-204 reaktörlerinde mekanik lokal havalandırma uygulaması mevcuttur. Yapılan değerlendirmede, 2,8 m³/s hava akış hızı sağlandığı

için tehlikeli bölge oluşsa da, havalandırmanın etkisiyle, patlayıcı ortamın seyreltiği, kapsamın düştüğü ve ihmal edilebilir seviyeye indiği tespit edilmiştir.

R-301 reaktörünün alt kısmındaki flanşlı vana da -64 numaralı- ve R-203 reaktörünün üst kısmındaki flanşlı vanada -65 numaralı-, %50 vinil asetat %50 butil akrilat bulunmaktadır. Aynı şekilde, R-302 reaktörünün alt kısmındaki flanşlı vana da -66 numaralı- ve R-204 reaktörünün üst kısmındaki flanşlı vanada -67 numaralı- %50 stiren %50 butil akrilat bulunmaktadır. Bu iki durumda R-301 ve R-302 reaktörlerinde mekanik havalandırma olmadığı için, tehlikeli bölge olduğu tespit edilmiştir. Tesiste mekanik lokal havalandırmanın doğal havalandırmaya göre daha etkin olduğu ortaya konulmuştur.

2. asma katta R-301 ve R-302 reaktörlerinin üst kısımlarında 56, 57, 58 ve 59 numaralı fleksler mevcuttur. Bu kısımda 2,6 metre ve 2,8 metre bölge kapsamında, Bölge 0 tehlike bölgesi oluşmaktadır. Reaktör motorları ve aydınlatma bu alan içinde kalmaktadır. Motorların ve aydınlatmaların kategori 1'e göre exproof cihazlarla değiştirilmesi ya da tehlikeli bölge kapasitesinin düşürülmesi için mekanik lokal havalandırma tesisatı kurulması uygundur. Diğer bir seçenekte ise aydınlatmaların bu bölgeden uzaklaştırılması, sadece motorların exprooflarla değiştirilmesidir.

Zemin katta, tesiste elleçlemede kullanılması amacıyla vanalar mevcuttur. Tesisin bir tarafında toluen ve white spirit vanaları diğer tarafta ise stiren, vinil asetat ve butil akrilat vanaları bulunmaktadır. Toluen ve white spirit tesisatında yükseklikten kaynaklanan basınç sebebiyle tehlikeli bölge oluşsa da ihmal edilebilir seviyededir. Diğer tesisatta kollektör odasındaki pompaların etkisiyle basınç olduğu için 2,8 metre bölge kapsamlı, Bölge 0 tehlikeli bölge oluşmaktadır. Elleçlemede yapılan hesaplamalarda zemine kimyasal maddelerin dökülmediği kabul edilmiştir. Elleçlemede taşma havuzu yapılarak, dökülen kimyasal madde çevreye yayılması engellenmiş olmaktadır.

Patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün olmayan yayılım kaynaklarında, patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek ve çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlamak amacıyla patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemler alınmalıdır. Bu önlemler organizasyon önlemleri ve teknik önlemlerdir.

Patlayıcı ortam oluşan alanlarda uyarı işaretleri asılmalıdır.



Bu alanlarda çalışanlara patlamadan korunma eğitimleri verilmeli ve tehlike oluşturacak davranışlarda bulunmaları engellenmelidir. Yapılan işler için yazılı talimatlar oluşturarak, çalışanların talimatlara uygun çalışması sağlanmalıdır. Tehlikeye neden olabilecek işler çalışma iznine bağlı olmalı, işe başlamadan önce yetkili ve sorumlu kişiler tarafından yazılı olarak verilmelidir.

Çalışanların iş elbiseleri, kişisel koruyucu donanım ve el aletleri statik elektrik üretir durumunda olmamalıdır. Pamuklu iş elbiselerinin kullanımı sağlanmalıdır.

Bu alanlarda açık alevli ısıtıcılar olmamalı, tutuşturma kaynakları bölge sınırının dışında tutulmalıdır. Elektrik tesisatı bölge sınıfına göre Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelikte (94/9/AT) belirtilen kategorilere göre seçilmelidir. Özellikle gazlar, buharlar, sisler için belirtilen bölgelerde uygun kategorideki ekipmanlar kullanılmalıdır. Bölge 0: kategori 1 ekipman, Bölge 1: Kategori 1 veya 2 ekipman, ve Bölge 2: Kategori 1, 2 veya 3 ekipman exproof ekipman seçilmelidir.

Gaz detektörleriyle algılama sistemi kurularak tehlikeli değerlere ulaşıldığında çalışanların sesli ve görsel işaretler ile uyarılması sağlanmalıdır. Tehlike durumunda çalışanların tehlikeli bölgelerden anında ve güvenli bir şekilde uzaklaşmasını sağlayacak acil durum planı hazırlanmalıdır.

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmeliğinin Ek-1 2.8 maddesine göre 'İşveren patlayıcı ortam oluşabilecek bölümlerde; faaliyete başlamadan önce işyerinin patlama yönünden güvenliğinin sağlandığı kanıtlanacaktır. Patlamadan korunmayı sağlamak için bütün koşullar yerine getirilir.' hükmü gereğince işveren işyerinde Patlamadan Korunma Dokümanı hazırladıktan sonra patlayıcı ortamda güvenli çalışma koşullarını sağlamadıkça faaliyetlerini sürdüremez.

KAYNAKLAR

- Akal, Z.** : 1991. İş Etüdü, M.P.M Yayınları. Ankara
- Ali Etem Gürel, M. K.** (2010). Havalandırma Sistemlerinde Kanal Çapları ve Basınç Kayıplarının Bilgisayar Destekli Hesaplanması. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(4), 83.
- Alioğlu, Ö.** (2001). İç Hava Kalitesi. Termodinamik Dergisi, 109.
- Balanlı, A.** (2007). Yapı Elemanları III: Dogramalar. İstanbul: Yayınlanmamış Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
- Bulgurcu, D. D.** (2012). Havalandırma Yöntemleri. Havalandırma ve iklimlendirme.
- Crowl, J. F., Daniel A.** (2002). Chemical Process Safety Fundamentals with Applications. New Jersey: Upper Saddle River.
- Darçın, P.** (2008). Yapı İçi Hava Kirliliği Giderilmesinde Doğal havalandırma İlkeleri. İstanbul: Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE.
- Doğan, P. D.** (2012). Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Esasları. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Cengel, Y.** (1997). Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik.
- Esin T.** (2011). Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi. Mühendis ve Makina MMO, 63.
- E. Sprenger, W. H.** (1983). Taschenbuch für Heizung u Klimatechnik. München Wien : R. Oldenburg V.
- Öztürk, H.K.** (2005). Konutlarda Doğal ve Zorlanmış Havalandırma Sistemleri. Tesisat Mühendisliği Dergisi(89), 22.
- HSE,** (2002). Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations. The University of Reading Safety Guide 24.
- Hill, J.** (1998). Electrical Installations in Hazardous Areas . Boston: Butterworth-Heinemann.
- IEC 60079-10-1/Ed2:** 2014. Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres. IEC – CENELEC.
- İkhwan, M.** (2005). Investigation of Flow and Pressure Characteristics around Pyramidal Buildings. Germany: Dissertationsreihe am Institut für Hydromechanik der Universität Karlsruhe (TH).
- Inc, M.** (1998). Damage Losses in the Hydrocarbon-Chemical Industries. New York.
- Industries, L. P.-C.** (1998). Large Property Damage Losses in the Hydrocarbon-Chemical Industries. New York: J & H Marsh & McLennan Inc.
- Kletz, T. A.** (2011). Eliminating Potential Process Hazards. Loughborough: University of Technology.
- Kolderup, E.** (2008). The Bay Area Association of Energy Engineers.
- Köksal, Y.** (2001). Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi,, 65.
- Lechner, N.** (1991). Heating, Cooling, Lighting Design Methods, John Wiley & Sons. Canada:
- Lechner, N.** (2001). Heating Cooling Lightining Design Methods for Architects, John Wiley & Sons, New York.

- Liddament M,** (2000). Ventilation Strategies, Indoor Air Quality Handbook (s. 13.2). United States of America: The McGraw-Hill Companies.
- Megep.** (2007). Merkezi İklimlendirme Periyodik Bakımları, MEB, Ankara.
- Ok, V.** (2005). Yapma Çevre Tasarımında Rüzgâr Etkileri, Tasarım Dergisi, 157: 70 – 74.
- Özkılıç, Ö.** (2013). Sevoso II ve ARAMİS Büyük Endüstriyel Kazaları Önleme Risk Değerlendirme Metodolojisi. 2. ATEX Parlayıcı ve Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik Sempozyumu, EMO, 37-44, Kocaeli.
- Özkılıç, Ö.** (2014). Risk Değerlendirmesi- ATEX Direktifleri, Patlayıcı Ortamlar- Büyük Endüstriyel Kazaların Azaltılması-Kantitatif Risk Değerlendirmesi. TİSK, İstanbul.
- Raymond A. Serway, R. B.** (2000). Physics For Scientists and Engineers With Modern Physics . Saunders College Publishing.
- Resmi Gazete.** (2013). Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik.
- Resmi gazete.** (2013). Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik.
- Url-1** <http://www.ides-edu.eu/wp-content/uploads/2013/04/Ventilation_lecture-2_PH-Alleen-lezen.pdf
- Url-2** <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=7472
- TS 12281.** (1997). Çevre Sağlığı – Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler, TSE (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.
- Türkiye Rüzgar Atlası.** (2014) T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı-Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Zorer, G.** (1992). Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Üniversite Yayını, 264, İstanbul.

EKLER

EK-1: Yayılım Özellikleri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Özellikleri														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Yayılım Kaynağı	Molar Kütle <i>M</i> kg/kmol	Alt Patlama Sınır Değeri <i>LEL</i> vol/vol	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı <i>AIT</i> AIT °C	Gaz Yoğunluğu ρ_g kg/m ³	Sıvı Yoğunluğu ρ kg/m ³	Buharlaştırma Oranı	Buhar Basıncı 20 °C <i>P_v</i> kPa	Yayılım Türü	Kaynak Sayısı	<i>k</i>	Sıvı Kütle Yayılım Hızı <i>W</i> <i>W</i> kg/s	Buharlaştırma Hızı (b.o. % of <i>W</i>) <i>W_g</i> kg/s	Gaz Hacimsel Akış Hızı <i>Q_g</i> m ³ /s	
1	TK-101	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	82 vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,1455	0,0006	0,0001
2				33 vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,3324	0,0013	0,0002
3				76 kapak	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Ana	1	0,3		0,0000	0,0000
4	TK-102	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Vinil Asetat	83 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,1487	0,0012	0,0004
5				34 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
6				77 kapak	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Ana	1	0,3	0,0000	0,0000	0,0000
7	TK-103	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Stiren	84 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,1463	0,0007	0,0002
8				35 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,3253	0,0016	0,0004
9				78 kapak	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Ana	1	0,3	0,3253	0,0016	0,0000
10	TK-104	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Toluen	2 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	2	0,5	0,1431	0,0027	0,0007
11				5 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	2	0,5	0,3109	0,0059	0,0014
12				79 kapak	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Ana	1	0,3	0,0000	0,0000	0,0000
13	TK-105	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	White Spirit	3 vana	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,1357	0,0002	0,0000
14				6 vana	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,2796	0,0004	0,0001
15				80 kapak	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Ana	1	0,3	0,3253	0,0005	0,0000

EK-1 (Devamı) : Yayılım Özellikleri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Özellikleri														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Yayılım Kaynağı	Molar Kütle	Alt Patlama Sınır Değeri	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı	Gaz Yoğunluğu	Sıvı Yoğunluğu	Buharlaşma Oranı	Buhar Basıncı 20 °C	Yayılım Türü	Kaynak Sayısı	k	Sıvı Kütle Yayılım Hızı W	Buharlaşma Hızı (b.o. % of W)	Gaz Hacimsel Akış Hızı	
Simge Birim	M	LEL	AIT	ρg	ρ		Pv				W	Wg	Qg				
			kg/kmol	vol/vol	°C	kg/m ³	kg/m ³		kPa			kg/s	kg/s	m ³ /s			
16	Kollektör-Pompa Grubu	Kollektör Odası	Butil Akrilat	36 vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,3324	0,0013	0,0002
17			Vinil Asetat	37 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
18			Stiren	38 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,3217	0,0016	0,0004
19			Vinil Asetat	39 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
20			Vinil Asetat	40 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
21			Toluen	8 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	2	0,5	0,3212	0,0061	0,0015
22			White Spirit	9 vana	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,3212	0,0004	0,0001
23			Toluen	11 flanş	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	2	0,5	0,3212	0,0061	0,0015
24			Toluen	12 flanş	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	2	0,5	0,3212	0,0061	0,0015
25			Toluen	85 pompa	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	1	0,5	0,9165	0,0174	0,0042
26			Toluen	13 flanş	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	1	0,5	0,3212	0,0061	0,0015
27			Toluen	14 flanş	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	1	0,5	0,3212	0,0061	0,0015
28			White Spirit	15 vana	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,3212	0,0004	0,0001
29			Toluen	16 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Tali	1	0,5	0,3212	0,0061	0,0015
30			Vinil Asetat	42 pompa	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	1	0,5	0,9521	0,0076	0,0025

EK-1 (Devamı) : Yayılım Özellikleri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Özellikleri														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Yayılım Kaynağı	Molar Kütle	Alt Patlama Sınır Değeri	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı	Gaz Yoğunluğu	Sıvı Yoğunluğu	Buharlaştırma Oranı	Buhar Basıncı 20 °C	Yayılım Türü	Kaynak Sayısı		Sıvı Kütle Yayılım Hızı W	Buharlaştırma Hızı (b.o. % of W)	Gaz Hacimsel Akış Hızı	
<i>Simge Birim</i>	<i>M kg/kmol</i>	<i>LEL vol/vol</i>	<i>AIT °C</i>	<i>ρg kg/m3</i>	<i>ρ kg/m3</i>		<i>Pv kPa</i>		<i>k</i>		<i>W kg/s</i>	<i>Wg kg/s</i>	<i>Qg m3/s</i>				
31	Kollektör-Pompa Grubu	Kollektör Odası	Vinil Asetat	39 flanş	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	1	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
32			Vinil Asetat	40 flanş	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	1	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
33			Vinil Asetat	41 flanş	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	1	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
34			Vinil Asetat	43 flanş	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	1	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
35			Butil Akrilat	44 vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,3324	0,0013	0,0002
36			Stiren	45 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,3217	0,0016	0,0004
37			Vinil Asetat	46 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,3537	0,0028	0,0009
38	TK-202	Asma Kat Yayılım Kaynakları	White Spirite	18 vana	140	0,007	296	4,35	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,08600	0,00012	0,00003
39				27 vana	140	0,007	296	4,35	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,01290	0,00002	0,00000
40				19 kapak	140	0,007	296	4,35	783	0,14	0,37	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000
41	TK-201	Asma Kat Yayılım Kaynakları	Toluen	17 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	tali	2	0,5	0,09170	0,00174	0,00042
42				26 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	tali	2	0,5	0,01290	0,00025	0,00006
43				25 kapak	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000

EK-1 (Devamı) : Yayılım Özellikleri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Özellikleri														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Yayılım Kaynağı	Molar Kütle <i>M</i> kg/kmol	Alt Patlama Sınır Değeri <i>LEL</i> vol/vol	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı <i>AIT</i> °C	Gaz Yoğunluğu ρ_g kg/m ³	Sıvı Yoğunluğu ρ kg/m ³	Buharlaşma Oranı	Buhar Basıncı 20°C <i>P_v</i> kPa	Yayılım Türü	Kaynak Sayısı	<i>k</i>	Sıvı Kütle Yayılım Hızı <i>W</i> kg/s	Buharlaşma Hızı (b.o. % of W) <i>W_g</i> kg/s	Gaz Hacimsel Akış Hızı <i>Q_g</i> m ³ /s	
<i>Simge</i> <i>Birim</i>																	
44	R-301	Asma Kat Yayılım Kaynakları	%50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	64 vana	103,58	0,0155	385	4,29	919,57	0,77	4,31	Tali	2	0,5	0,19700	0,00151	0,00035
45		2. Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	57 fleks	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,93000	0,00372	0,00049
46			Vinil Asetat	56 fileks	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,95000	0,00760	0,00253
47			%50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	70 kapak	103,58	0,0155	385	4,29	919,57	0,77	4,31	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000
48	R-302	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Stiren %50 Butil Akrilat	66 vana	115	0,011	345	4,8	904	0,44	1,22	Tali	2	0,5	0,18500	0,00081	0,00017
49		2. Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	59 fleks	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,93100	0,00372	0,00050
50			Stiren	58 fileks	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,93600	0,00459	0,00127
51			% 50 Stiren %50 Butil Akrilat	71 kapak	115	0,011	345	4,8	904	0,44	1,22	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000
52	R-203	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	65 vana	103,58	0,0155	385	4,29	919,57	0,77	4,31	Tali	2	0,5	0,19700	0,00151	0,00035
53				74 flanş	103,58	0,0155	385	4,29	919,57	0,77	4,31	Tali	1	0,5	0,19700	0,00151	0,00035
54				71 kapak	103,58	0,0155	385	4,29	919,57	0,77	4,31	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000

EK-1 (Devamı) : Yayılım Özellikleri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Özellikleri														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Yayılım Kaynağı	Molar Kütle <i>M</i> kg/kmol	Alt Patlama Sınır Değeri <i>LEL</i> vol/vol	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı <i>AIT</i> AIT °C	Gaz Yoğunluğu ρ_g kg/m ³	Sıvı Yoğunluğu ρ kg/m ³	Buharlaştırma Oranı	Buhar Basıncı 20 °C <i>P_v</i> kPa	Yayılım Türü	Kaynak Sayısı	<i>k</i>	Sıvı Kütle Yayılım Hızı <i>W</i> kg/s	Buharlaştırma Hızı (b.o. % of <i>W</i>) <i>W_g</i> kg/s	Gaz Hacimsel Akış Hızı <i>Q_g</i> m ³ /s	
<i>Simge</i> <i>Birim</i>																	
55	R-204	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Stiren	67 vana	115	0,011	345	4,8	904	0,44	1,22	Tali	2	0,5	0,18500	0,00081	0,00017
56			%50 Butil	75 flanş	115	0,011	345	4,8	904	0,44	1,22	Tali	1	0,5	0,18500	0,00081	0,00017
57			Akrilat	73 kapak	115	0,011	345	4,8	904	0,44	1,22	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000
58	Eleçleme	Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	53 vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,93100	0,00372	0,00050
59			Stiren	54 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,93600	0,00459	0,00127
60			Vinil Asetat	55 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,95000	0,00760	0,00253
61			Butil Akrilat	87 flanş vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	1	0,5	0,93100	0,00372	0,00050
62			Butil Akrilat	88 flanş	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	1	0,5	0,93100	0,00372	0,00050
63		Z. Kat Yayılım Kaynakları	Toluen	28 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	tali	2	0,5	0,01630	0,00031	0,00008
64		Zemin Kat Yayılım Kaynakları	Toluen	31 vana	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	tali	2	0,5	0,02600	0,00049	0,00012
65			Toluen	Kap	92	0,011	480	4,11	871	1,9	3,5	Sürekli	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000
66			White Sprit	Kap	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Ana	1	0,3	0,00000	0,00000	0,00000
67			White Sprit	32 vana	140	0,007	296	4,5	783	0,14	0,37	Tali	2	0,5	0,02300	0,00003	0,00001
68		Zemin Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	47 flanş vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,93100	0,00372	0,00050
69			Stiren	48 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,93600	0,00459	0,00127
70			Vinil Asetat	59 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,95000	0,00760	0,00253
71			Vinil Asetat	50 vana	86,9	0,026	385	3	940	0,8	11,7	Tali	2	0,5	0,95000	0,00760	0,00253
72			Stiren	51 vana	104,5	0,011	490	3,6	910	0,49	0,67	Tali	2	0,5	0,93600	0,00459	0,00127
73		Butil Akrilat	52 flanş vana	128,17	0,011	267	7,52	900	0,4	7,27	Tali	2	0,5	0,93100	0,00372	0,00050	

EK-2 : Yayılım Kaynağı Konumunun Özelliği

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Konumun Özelliği								
				15	16	17	18	19	20	21	22	
					Ortama Basıncı <i>Pa</i>	Ortam Sıcaklığı <i>K</i>	Ortam Boyutu <i>Vo</i> <i>m2</i>	Hava Akış Hızı <i>Qa</i> <i>m3/s</i>	Hava Değişim Sayısı <i>C</i> <i>1/s</i>	Kullanabilirliği	Kapalı alan Havalandırma Hızı <i>uw</i> <i>m/s</i>	
	<i>Simge</i> <i>Birim</i>											
1	TK-101	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	82 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
2				33 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
3				76 kapak	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
4	TK-102	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Vinil Asetat	83 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
5				34 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
6				77 kapak	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
7	TK-103	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Stiren	84 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
8				35 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
9				78 kapak	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
10	TK-104	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Toluen	2 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
11				5 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
12				79 kapak	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
13	TK-105	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	White Spirit	3 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
14				6 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
15				80 kapak	Açık O.	101325	293				İyi	0,8

EK-2 (Devamı) : Yayılım kaynağı konumunun özelliği

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Konumun Özelliği								
				15	16	17	18	19	20	21	22	
					Ortama Basıncı <i>Pa</i>	Ortam Sıcaklığı <i>K</i>	Ortam Boyutu <i>Vo</i> <i>m2</i>	Hava Akış Hızı <i>Qa</i> <i>m3/s</i>	Hava Değişim Sayısı <i>C</i> <i>l/s</i>	Kullanabilirliği	Kapalı alan Havalandırma Hızı <i>uw</i> <i>m/s</i>	
	<i>Simg</i> <i>Birim</i>											
16	Kollektör-Pompa Grubu	Kollektör Odası	Butil Akriyat	36 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
17			Vinil Asetat	37 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
18			Stiren	38 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
19			Vinil Asetat	39 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
20			Vinil Asetat	40 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
21			Toluen	8 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
22			White Spirit	9 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
23			Toluen	11 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
24			Toluen	12 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
25			Toluen	85 pompa	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
26			Toluen	13 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
27			Toluen	14 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
28			White Spirit	15 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
29			Toluen	16 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
30	Vinil Asetat	42 pompa	Açık O.	101325	293				İyi	0,8		

EK-2 (Devamı) : Yayılım kaynağı konumunun özelliği

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Konumun Özelliği								
				15	16	17	18	19	20	21	22	
					Ortama Basıncı <i>Pa</i>	Ortam Sıcaklığı <i>K</i>	Ortam Boyutu <i>Vo</i> <i>m2</i>	Hava Akış Hızı <i>Qa</i> <i>m3/s</i>	Hava Değişim Sayısı <i>C</i> <i>1/s</i>	Kullanabilirliği	Kapalı alan Havalandırma Hızı <i>uw</i> <i>m/s</i>	
31	Kollektör-Pompa Grubu	Kollektör Odası	Vinil Asetat	39 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
32			Vinil Asetat	40 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
33			Vinil Asetat	41 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
34			Vinil Asetat	43 flanş	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
35			Butil Akrilat	44 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
36			Stiren	45 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
37			Vinil Asetat	46 vana	Açık O.	101325	293				İyi	0,8
38	TK-202	Asma Kat Yayılım Kaynakları	White Spirite	18 vana	Doğal Hav.	101 325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
39				27 vana	Doğal Hav.	101 325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
40				19 kapak	Doğal Hav.	101 325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
41	TK-201	Asma Kat Yayılım Kaynakları	Toluen	17 vana	Doğal Hav.	101 325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
42				26 vana	Doğal Hav.	101 325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
43				25 kapak	Doğal Hav.	101 325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01

EK-2 (Devamı) : Yayılım kaynağı konumunun özelliği

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Konumun Özelliği								
				15	16	17	18	19	20	21	22	
					Ortama Basıncı <i>Pa</i>	Ortam Sıcaklığı <i>K</i>	Ortam Boyutu <i>Vo</i> <i>m2</i>	Hava Akış Hızı <i>Qa</i> <i>m3/s</i>	Hava Değişim Sayısı <i>C</i> <i>1/s</i>	Kullanabilirliği	Kapalı alan Havalandırma Hızı <i>uw</i> <i>m/s</i>	
44	R-301	Asma Kat Yayılım Kaynakları	%50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	64 vana	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
45		2. Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	57 fleks	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
46			Vinil Asetat	56 fileks	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
47			%50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	70 kapak	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
48	R-302	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Stiren %50 Butil Akrilat	66 vana	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
49		2. Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	59 fleks	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
50			Stiren	58 fileks	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
51			% 50 Stiren %50 Butil Akrilat	71 kapak	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
52	R-203	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	65 vana	Mekanik Hav.	101325	293	180	2,8	0,002	İyi	0,233333333
53				74 flanş	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
54				71 kapak	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01

EK-2 (Devamı) : Yayılım kaynağı konumunun özelliği

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Konumun Özelliği									
			Yayılım Kaynağı	15	16	17	18	19	20	21	22	
				Ortama Basıncı <i>Pa</i>	Ortam Sıcaklığı <i>K</i>	Ortam Boyutu <i>Vo</i> <i>m2</i>	Hava Akış Hızı <i>Qa</i> <i>m3/s</i>	Hava Değişim Sayısı <i>C</i> <i>1/s</i>	Kullanabilirliği	Kapalı alan Havalandırma Hızı <i>uw</i> <i>m/s</i>		
<i>Simge Birim</i>												
55	R-204	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Stiren	67 vana	Mekanik Hav.	101325	293	180	2,8	0,002	İyi	0,233333333
56			%50 Butil Akrilat	75 flanş	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
57				73 kapak	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
58	Eleçleme	Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	53 vana	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
59			Stiren	54 vana	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
60			Vinil Asetat	55 vana	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
61			Butil Akrilat	87 flanş vana	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
62			Butil Akrilat	88 flanş	Doğal Hav.	101325	293	180	0,375	0,002	İyi	0,01
63		Z. Yayılım Kaynakları	Toluen	28 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005
64		Zemin Kat Yayılım Kaynakları	Toluen	31 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005
65			Toluen	Kap	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005
66			White Sprit	Kap	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005
67			White Sprit	32 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005
68	Zemin Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	47 flanş vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005	
69		Stiren	48 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005	
70		Vinil Asetat	59 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005	
71		Vinil Asetat	50 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005	
72		Stiren	51 vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005	
73		Butil Akrilat	52 flanş vana	Doğal Hav.	101325	293	720	0,375	0,00052	İyi	0,005	

EK-3 : Yayılımın Etkileri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Yayılımın Etkileri												
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
				Toplam Buharlaşma Hızı ΣWg	Toplam Gaz Hacimsel Akış Hızı ΣQg	Yayılma Karakteristiği	H.ma E. Fak. <i>f</i>	Kritik K. (k.LEL) <i>Xcrit</i> <i>vol/vol</i>	Arka plan konsantrasyonu <i>Xb vol/vol</i>	Konsantrasyon karşılaştırılması <i>Xcirt>Xb</i>	T süre <i>s</i>	Seyrelme Derecesi	Bölge Kapsamı <i>m</i>	Bölge Tipi	Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı	
1	TK-101	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	82 vana	0,0012	0,00015	0,03	1	0,0055				Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
2				33 vana	0,0027	0,00035	0,06	1	0,0055				Yüksek	1	Bölge 2	T2B
3				76 kapak	0,0000	0,00001		1	0,0028				Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
4	TK-102	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Vinil Asetat	83 vana	0,0024	0,00079	0,06	1	0,013				Yüksek	1	Bölge 2	T2
5				34 vana	0,0057	0,00189	0,15	1	0,013				Orta	İhmal edilebilir	Bölge 2	
6				77 kapak	0,0000	0,00002	0,00	1	0,0065				Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
7	TK-103	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Stiren	84 vana	0,0014	0,00040	0,07	1	0,0055				Orta	1,1	Bölge 2	T1
8				35 vana	0,0032	0,00089	0,16	1	0,0055				Orta	1,65	Bölge 2	T1
9				78 kapak	0,0016	0,00000	0,16	1	0,0028				Yüksek	İhmal edilebilir	Bölge 1	
10	TK-104	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	Toluen	2 vana	0,0054	0,00132	0,24	1	0,0055				Orta	1,9	Bölge 2	T1
11				5 vana	0,0118	0,00287	0,52	1	0,0055				Orta	3	Bölge 2	T1
12				79 kapak	0,0000	0,00000	0,00	1	0,0028				Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
13	TK-105	Tank Sahası Yayılım Kaynakları	White Spirit	3 vana	0,0004	0,00008	0,02	1	0,0035				Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
14				6 vana	0,0008	0,00017	0,05	1	0,0035				Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
15				80 kapak	0,0005	0,00000	0,06	1	0,0018				Orta	İhmal edilebilir	Bölge 1	

EK-3 (Devamı) : Yayılımın Etkileri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Yayılımın Etkileri													
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
				Toplam Buharlaşma Hızı ΣWg	Toplam Gaz Hacimsel Akış Hızı ΣQg	Yayılma Karakteristiği	H.ma E. Fak f.	Kritik K. (k.LEL) X_{crit}	Arka plan konsantrasyonu X_b vol/vol	Konsantrasyon karşılaştırılması $X_{cirt} > X_b$	T süresi	Seyrelme Derecesi	Bölge Kapsamı m	Bölge Tipi	Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı		
Birim				vol/vol	vol/vol		s										
16	Kollektör-Pompa Grubu	Kollektör Odası	Butil Akrilat	36 vana	0,0027	0,00035	0,06	3	0,0055				Yüksek	1	Bölge 2	T2B	
17			Vinil Asetat	37 vana	0,0057	0,00189	0,15	3	0,013					Orta	1,6	Bölge 2	T2
18			Stiren	38 vana	0,0032	0,00088	0,16	3	0,0055					Orta	1,65	Bölge 2	T1
19			Vinil Asetat	39 vana	0,0057	0,00189	0,15	3	0,013					Orta	1,6	Bölge 2	T2
20			Vinil Asetat	40 vana	0,0057	0,00189	0,15	3	0,013					Orta	1,6	Bölge 2	T2
21			Toluen	8 vana	0,0122	0,00297	0,54	3	0,0055					Orta	3	Bölge 2	T1
22			White Spirit	9 vana	0,0009	0,00020	0,06	3	0,0035					Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
23			Toluen	11 flanş	0,0122	0,00297	0,54	3	0,0055					Orta	3	Bölge 2	T1
24			Toluen	12 flanş	0,0122	0,00297	0,54	3	0,0055					Orta	3	Bölge 2	T1
25			Toluen	85 pompa	0,0174	0,00424	0,77	3	0,0055					Orta	3,6	Bölge 2	T1
26			Toluen	13 flanş	0,0061	0,00149	0,27	3	0,0055					Orta	2,3	Bölge 2	T1
27			Toluen	14 flanş	0,0061	0,00149	0,27	3	0,0055					Orta	2,3	Bölge 2	T1
28			White Spirit	15 vana	0,0009	0,00020	0,06	3	0,0035					Yüksek	1	Bölge 2	T2A
29			Toluen	16 vana	0,0061	0,00149	0,27	3	0,0055					Orta	2,3	Bölge 2	T1
30			Vinil Asetat	42 pompa	0,0076	0,00254	0,20	3	0,013					Orta	1,9	Bölge 2	T2

EK-3 (Devamı) : Yayılımın Etkileri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Yayılımın Etkileri												
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
				Toplam Buharlaşma Hızı ΣWg	Toplam Gaz Hacimsel Akış Hızı ΣQg	Yayıma Karakterist.	H.ma E. Fak. f	Kritik K. (k.LEL) X_{crit} vol/vol	Arka plan konsant rasyonu X_b vol/vol	Konsantr asyon karşılaşt ırılması $X_{cirt}>X_b$	T süre s	Seyrel me Derecesi	Bölge Kapsamı m	Bölge Tipi	Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı	
31	Kollektör -Pompa Grubu	Kollektör Odası	Vinil Asetat	39 flanş	0,0028	0,00094	0,07	3	0,013				Orta	1,1	Bölge 2	T2
32			Vinil Asetat	40 flanş	0,0028	0,00094	0,07	3	0,013				Yüksek	1,1	Bölge 2	T2
33			Vinil Asetat	41 flanş	0,0028	0,00094	0,07	3	0,013				Orta	1,1	Bölge 2	T2
34			Vinil Asetat	43 flanş	0,0028	0,00094	0,07	3	0,013				Orta	1,1	Bölge 2	T2
35			Butil Akrilat	44 vana	0,0027	0,00035	0,06	3	0,0055				Yüksek	1	Bölge 2	T2B
36			Stiren	45 vana	0,0032	0,00088	0,16	3	0,0055				Orta	1	Bölge 2	T1
37			Vinil Asetat	46 vana	0,0057	0,00189	0,15	3	0,013				Yüksek	1,65	Bölge 2	T2
38			TK-202	Asma Kat Yayılım Kaynaklar 1	White Spirite	18 vana	0,00024	0,00006	0,02	2	0,0035	0,000295	$X_{cirt}>X_b$		Orta	İhmal Edilebilir
39	27 vana	0,00004				0,00001	0,00	2	0,0035	0,000044	$X_{cirt}>X_b$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 2	
40	19 kapak	0,00000				0,00000	0,00	2	0,0018	0,000016	$X_{cirt}>X_b$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 1	
41	TK-201	Asma Kat Yayılım Kaynaklar	Toluen	17 vana	0,00348	0,00085	0,15	2	0,0055	0,004512	$X_{cirt}>X_b$		Orta	1,8	Bölge 2	IIA T1
42				26 vana	0,00049	0,00012	0,02	2	0,0055	0,000636	$X_{cirt}>X_b$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 2	
43				25 kapak	0,00000	0,00000	0,00	2	0,0028	0,000000	$X_{cirt}>X_b$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 1	

EK-3 (Devamı) : Yayılımın Etkileri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılımın Etkileri													
			Yayılım Kaynağı	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
				Toplam Buharlaşma Hızı ΣWg	Toplam Gaz Hacimsel Akış Hızı ΣQg	Yayılma Karakteri st.	H.ma E. Fak. f	Kritik K. (k.LEL) X_{crit} vol/vol	Arka plan konsantrasyonu X_b vol/vol	Konsant rasyon karşılaştırılması $X_{cirt} > X_b$	T süre s	Seyrelme Derecesi	Bölge Kapsamı m	Bölge Tipi	Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı	
<i>Simge Birim</i>																
44	R-301	Asma Kat Yayılım Kaynakları	%50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	64 vana	0,00302	0,00070	0,09	1	0,0077	0,000937	$X_{cirt} > X_b$		Orta	1,3	Bölge 2	T2A
45		2. Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	57 fleks	0,00744	0,00099	0,18	1	0,0055	0,001317	$X_{cirt} > X_b$		Orta	1,75	Bölge 2	T2B
46		Vinil Asetat	56 fileks	0,01520	0,00507	0,39	1	0,013	0,006710	$X_b > X_{crit}$	-330	Düşük	2,6	Bölge 0	T2	
47		%50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	70 kapak			0,00	1	0,0028	0,000001	$X_{cirt} > X_b$		Orta		Tehlikesiz		
48	R-302	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Stiren %50 Butil Akrilat	66 vana	0,00163	0,00034	0,06	2	0,0055	0,000904	$X_{cirt} > X_b$		Orta	1	Bölge 2	T2
49		2. Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	59 fleks	0,00745	0,00099	0,18	1	0,0055	0,001319	$X_{cirt} > X_b$		Orta	1,75	Bölge 2	T2B
50		Stiren	58 fileks	0,00917	0,00255	0,46	1	0,0055	0,003386	$X_b > X_{crit}$	-242	Düşük	2,8	Bölge 0	T2	
51		% 50 Stiren %50 Butil Akrilat	71 kapak			0,00	1	0,0028	0,000000	$X_{cirt} > X_b$		Orta	İhmal edilebilir	Bölge 1		
52	R-203	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Vinil Asetat %50 Butil Akrilat	65 vana	0,00302	0,00070	0,09	2	0,0077	0,000251	$X_{cirt} > X_b$		Yüksek	İhmal edilebilir	Tehlikesiz	
53		74 flanş	0,00151	0,00035	0,05	2	0,0077	0,001874	$X_{cirt} > X_b$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 2	T2A		
54		71 kapak			0,00	2	0,0039	0,000000	$X_{cirt} > X_b$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 2			

EK-3 (Devamı) : Yayılımın Etkileri

Ekipman	Bölüm	Yanıcı Madde	Yayılım Kaynağı	Yayılımın Etkileri												
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
				Toplam Buharlaşma Hızı $\sum Wg$	Toplam Gaz Hacimsel Akış Hızı $\sum Qg$	Yayılma Karakteristliği	H.ma E. Fak. f	Kritik K. (k.LEL X_{crit}) vol/vol	Arka plan konsantrasyonu Xb vol/vol	Konsantrasyon karşılaştırılması $X_{cirt}>Xb$	T süre s	Seyrelme Derecesi	Bölge Kapsamı m	Bölge Tipi	Ekipman grubu ve sıcaklık sınıfı	
Birim																
55	R-204	Asma Kat Yayılım Kaynakları	% 50 Stiren	67 vana	0,00163	0,00034	0,06	2	0,0055	0,000121	$X_{cirt}>Xb$		Yüksek	İhmal Edilebilir	Tehlikesiz	
56			%50 Butil Akrilat	75 flanş	0,00081	0,00017	0,03	2	0,0055	0,000904	$X_{cirt}>Xb$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 2	T2
57				73 kapak			0,00	2	0,0028	0,000000	$X_{cirt}>Xb$		Orta	İ. Edilebilir	Bölge 1	
58	Eleçleme	Asma Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	53 vana	0,00745	0,00099	0,18	2	0,0055	0,002638	$X_{cirt}>Xb$		Orta	1,75	Bölge 2	T2B
59			Stiren	54 vana	0,00917	0,00255	0,46	2	0,0055	0,006772	$Xb>X_{crit}$	104	Düşük	3	Bölge 0	T2
60			Vinil Asetat	55 vana	0,01520	0,00507	0,39	2	0,013	0,013420	$Xb>X_{crit}$	15	Düşük	2,6	Bölge 0	T2
61			Butil Akrilat	87 vana	0,00372	0,00050	0,09	2	0,0055	0,002638	$X_{cirt}>Xb$		Orta	1,3	Bölge 2	T2B
62			Butil Akrilat	88 flanş	0,00372	0,00050	0,09	2	0,0055	0,002638	$X_{cirt}>Xb$		Orta	1,3	Bölge 2	T2B
63		Z Yayılım Kaynakları	Toluen	28 vana	0,00062	0,00015	0,03	1	0,0055	0,000201	$X_{cirt}>Xb$		Orta	İhmal Edilebilir	Bölge 2	T2
64		Zemin Kat Yayılım Kaynakları	Toluen	31 vana	0,00099	0,00024	0,04	1	0,0055	0,000320	$X_{cirt}>Xb$		Orta	İ. Edilebilir	Bölge 2	T2
65			Toluen	Kap	0,00000	0,00000	0,00	1					Orta	İ. Edilebilir	Bölge 0	
66			White Sprit	Kap	0,00000	0,00000	0,00	1					Orta	İ. Edilebilir	Bölge 0	
67			White Sprit	32 vana	0,00006	0,00001	0,00	1	0,0035	1,908	$X_{cirt}>Xb$		Orta	İ. Edilebilir	Bölge 2	
68	Zemin Kat Yayılım Kaynakları	Butil Akrilat	47 vana	0,00745	0,00099	0,18	1	0,0055	0,00131	$X_{cirt}>Xb$		Orta	1,75	Bölge 2	T2B	
69		Stiren	48 vana	0,00917	0,00255	0,46	1	0,0055	0,00338	$X_{cirt}>Xb$		Düşük	2,8	Bölge 0	T2	
70		Vinil Asetat	59 vana	0,01520	0,00507	0,39	1	0,013	0,006710	$X_{cirt}>Xb$		Düşük	2,6	Bölge 0	T2	
71		Vinil Asetat	50 vana	0,01520	0,00507	0,39	1	0,013	0,00671	$X_{cirt}>Xb$		Düşük	2,6	Bölge 0	T2	
72		Stiren	51 vana	0,00917	0,00255	0,46	1	0,0055	0,00338	$X_{cirt}>Xb$		Düşük	2,8	Bölge 0	T2	
73		Butil Akrilat	52 vana	0,00745	0,00099	0,18	1	0,0055	0,00131	$X_{cirt}>Xb$		Orta	1,75	Bölge 2	T2B	

ÖZGEÇMİŞ



- Ad Soyad** : Ahmet DEMİR
- Doğum Yeri ve Tarihi** : 10.10.1980
- Adres** : İstanbul
- E-Posta** : ahdem@hotmail.com
- Lisans** : Makina Mühendisi
- Yüksek lisans** : Kimya ve Süreç Mühendisi
- Mesleki Deneyim** : Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Müfettişi Yardımcısı

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

1. SALOĞLU Didem, DEMİR Ahmet, “Endüstriyel Tesislerdeki Yanıcı Gaz Ve Sıvıların Yayılma Hızlarının Teorik Olarak Belirlenmesi”, Kimya ve Sanayi, Türkiye Kimya Derneği Turkish Chemical Society, İstanbul, Nisan 2016, Cilt: 2 Sayı: 7, s 53-56.
2. SALOĞLU Didem, DEMİR Ahmet, “Bir Boya Firmasındaki Atex Patlamasının Modellenmesi”, 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, 23-26 Ağustos 2016, s 56