



T.C.

ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİTKİSEL YAĞ EKSTRAKSİYONUNDA KULLANILAN ÇÖZÜCÜ
İÇİN PATLAMA RİSKİ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeyma ŞAHİN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur GÜL

İSTANBUL – 2019

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİSEL YAĞ EKSTRAKSİYONUNDA KULLANILAN ÇÖZÜCÜ
İÇİN PATLAMA RİSKİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Şeyma ŞAHİN

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur GÜL

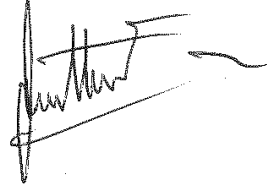
İSTANBUL – 2019

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Anabilim Dalı : İş Sağlığı ve Güvenliği
Program : İş Sağlığı ve Güvenliği
Öğrenci No : 174203018
Öğrenci Adı Soyadı : Şeyma ŞAHİN

Bitkisel Yağ Ekstraksiyonunda Kullanılan Çözücü İçin Patlama Riski Değerlendirilmesi isimli çalışma aşağıdaki jüri tarafından 29/08/2019 tarihinde yapılan sınavda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof.Dr. M. Nureddin TÜRKAN İmza
İstanbul Medeniyet Üniversitesi



Danışman : Dr. Öğr. Üy. Ayşenur GÜL İmza
Işık Üniversitesi



Üye : Dr. Öğr. Üy. Rüştü UÇAN İmza
Üsküdar Üniversitesi



ONAY

Bu tez, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Türker Tekin ERGÜZEL
Enstitü Müdür V.

ÖZET

İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Tebliği'ne göre 'Gıda Ürünlerinin İmalatı' ana başlığı altındaki 'Tehlikeli' grupta yer alan 'Bitkisel ve Hayvansal Sıvı ve Katı Yağların İmalatı' ana iş kolunda yaşanabilecek iş kazalarının ihtimalleri arasında yangın ve patlama riskleri bulunur. Çalışmada bitkisel yağ üretiminin ekstraksiyon aşamasında çözücü olarak kullanılan n-hekzanın depolanmasına ilişkin ele alınan bu riskler kantitatif risk değerlendirmesi yazılım aracı olan PHAST (Process Hazard Analysis Software) Programı ile değerlendirilir. N-hekzan kimyasalının depolanmasına ilişkin depo tankında meydana gelebilecek sızıntı sonrası patlama senaryosu Birleşik Dağılım Modeli (UDM) kullanılarak analiz edilir. Bunun için, DNV GL birliği tarafından geliştirilmiş PHAST 8.11 kullanılır. Kaza senaryolarının etki alanları hesaplanmış ve alınması gereken güvenlik önlemleri belirlenmiştir. Çalışma için 6 tane potansiyel kaza senaryosu belirlenmiştir. Bu senaryolar tank doluluk oranı, rüzgâr hızı ve sıcaklık kriterlerine göre oluşturulmuştur. Elde edilen verilere göre kaza etki alanları hesaplanmıştır. Tüm bunların sonucunda alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hekzan Tankı, Kimyasal Patlama, PHAST, Proses Tehlike Analizi, Bitkisel Yağ Ekstraksiyonu

ABSTRACT

According to Communiqué on Hazard Classes Related to Occupational Health and Safety, there are risks of fire and explosion among the possible occupational accidents in the “Manufacture of Vegetable and Animal Oils and Fats” which is in the “Dangerous” group under “the main heading at manufacture of food products”. In this study, these risks, which are taken into consideration for the storage of n-hexane used as a solvent in the extraction stage of vegetable oil production, are evaluated by means of PHAST (Process Hazard Analysis Software), which is a quantitative risk assessment software tool. The leak explosion scenario that may occur in the storage tank for the storage of the n-hexane chemical is analyzed using the Unified Distribution Model (UDM). For this, PHAST 8.11 developed by the DNV GL association is used. The impact areas of accident scenarios were analyzed and the security measures to be taken were determined. Six potential accident scenarios were identified for the study. These scenarios were based on the tank fill rate, wind speed and temperature criteria. Accident impact areas were calculated according to the data obtained. As a result of all these, the measures to be taken were determined.

Keywords: Hexane Tank, Chemical Explosion, PHAST, Process Hazard Analysis, Vegetable Oil Extraction

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamn yűrűtűlmesinde bilgi birikimi, tecrűbesi ve űnerileri ile beni yűnlendiren tez danıőmanım Sayın Dr. Őđr. Ŭyesi Ayőenur GŬL'e çok teőekkűr ederim.

Yardımlarından dolayı Sayın Őđr. Gűr. Atilla UÇAN'a ve Sayın Őđr. Gűr. Abdurrahman İNCE'ye teőekkűrű bir borç bilirim.

Çalıőmalarım boyunca yanımda olan tűm yakınlarıma sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.



BEYAN

Bu çalışmanın kendi tez çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

Tarih

Şeyma ŞAHİN

İmza

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| BEYAN | iv |
| İÇİNDEKİLER | v |
| TABLolar DİZİNİ | viii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | ix |
| RESİMLER DİZİNİ | xi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği..... | 1 |
| 1.2. Literatür Özeti ve İstatistiksel Veriler..... | 1 |
| 1.3. Yanıcı / Parlayıcı Sıvıların Yanma ve Patlama Davranışı..... | 3 |
| 1.3.1. Yanıcı sıvı madde yangını ve patlaması kazası örneği..... | 5 |
| 1.4. Tezin Amacı..... | 6 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 8 |
| 2.1. Bitkisel Yağ Üretiminde Ham Yağ Elde Edilmesi..... | 8 |
| 2.1.1. Yağlı tohumdan yağ eldesi..... | 8 |
| 2.1.2. Çözücü (solvent) ekstraksiyon yağ eldesi..... | 10 |
| 2.2. Ekstraktörler..... | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.1. Batch (kesikli) ekstraktörler..... | 11 |
| 2.2.2. Sürekli (kontinü) ekstraktörler..... | 12 |
| 2.3. Ekstraksiyon Çözücüleri..... | 12 |
| 2.3.1. Hekzan..... | 13 |
| 2.4. Bitkisel Yağ Üretimi Prosesinde İş Sağlığı ve Güvenliği..... | 14 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM..... | 16 |
| 3.1. Phast 8.11 (Proses Tehlike Analizi Yazılımı) Programı..... | 16 |
| 3.2. Phast 8.11 Programının Kullanımı..... | 16 |
| 3.2.1. Senaryo değişkenleri..... | 17 |
| 3.2.2. Verilerin girilmesi..... | 19 |
| 3.2.2.1. Senaryo 1..... | 22 |
| 3.2.2.2. Senaryo 2..... | 23 |
| 3.2.2.3. Senaryo 3..... | 23 |
| 3.2.2.4. Senaryo 4..... | 23 |
| 3.2.2.5. Senaryo 5..... | 24 |
| 3.2.2.6. Senaryo 6..... | 24 |
| 4. BULGULAR..... | 25 |
| 4.1. Patlama Aşırı Basıncı Etki Alanı..... | 25 |
| 4.1.1. Senaryo 1 patlama etki alanı..... | 25 |
| 4.1.2. Senaryo 2 patlama etki alanı..... | 26 |
| 4.1.3. Senaryo 3 patlama etki alanı..... | 27 |
| 4.1.4. Senaryo 4 patlama etki alanı..... | 27 |
| 4.1.5. Senaryo 5 patlama etki alanı..... | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.6. Senaryo 6 patlama etki alanı..... | 29 |
| 4.2. Patlamamın Termal Radyasyonu Etki Alanı..... | 30 |
| 4.2.1. Senaryo 1 radyasyon etki alanı..... | 30 |
| 4.2.2. Senaryo 2 radyasyon etki alanı..... | 31 |
| 4.2.3. Senaryo 3 radyasyon etki alanı..... | 32 |
| 4.2.4. Senaryo 4 radyasyon etki alanı..... | 33 |
| 4.2.5. Senaryo 5 radyasyon etki alanı..... | 34 |
| 4.2.6. Senaryo 6 radyasyon etki alanı..... | 34 |
| 5. TARTIŞMA..... | 36 |
| 5.1. Aşırı Basıncın Oluştığı Mesafe İçin Rüzgâr Hızlarının Karşılaştırılması..... | 36 |
| 5.2. Aşırı Basıncın Oluştığı Mesafe İçin Doluluk Oranlarının Karşılaştırılması..... | 39 |
| 5.3. Aşırı Basıncın Oluştığı Mesafe İçin Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması..... | 41 |
| 5.4. Radyasyon Etki Mesafeleri İçin Rüzgâr Hızlarının Karşılaştırılması..... | 43 |
| 5.5. Radyasyon Etki Mesafeleri İçin Doluluk Oranlarının Karşılaştırılması..... | 46 |
| 5.6. Radyasyon Etki Mesafeleri İçin Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması..... | 49 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 52 |
| KAYNAKLAR..... | 55 |

TABLULAR DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1: Hava koşulları stabilite sınıfları..... | 19 |
| Tablo 2: Senaryolar..... | 19 |
| Tablo 3: Aşırı basıncın oluştuğu mesafe için rüzgâr hızlarının karşılaştırılması..... | 38 |
| Tablo 4: Aşırı basıncın oluştuğu mesafe için doluluk oranlarının karşılaştırılması..... | 40 |
| Tablo 5: Aşırı basıncın oluştuğu mesafe için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması.... | 42 |
| Tablo 6: Radyasyon etki mesafeleri için rüzgâr hızlarının karşılaştırılması..... | 45 |
| Tablo 7: Radyasyon etki mesafeleri için tank doluluk oranlarının karşılaştırılması..... | 48 |
| Tablo 8: Radyasyon etki mesafeleri için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması..... | 51 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1: 2018 yılı sektörlere göre endüstriyel yangın ve patlama sayıları..... | 2 |
| Şekil 2: 2018 yılı endüstriyel yangın ve patlamaların tutuşturma kaynakları..... | 3 |
| Şekil 3: Yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu işlem akışı..... | 9 |
| Şekil 4: Solvent ekstraksiyon fabrikası işlem akışı..... | 11 |
| Şekil 5: Kovalı dönme dolap tipi yağlı tohum ekstraktörü..... | 12 |
| Şekil 6: Doluluk oranı % 80 olan hekzan tankı..... | 18 |
| Şekil 7: Doluluk oranı % 30 olan hekzan tankı..... | 18 |
| Şekil 8: Olası tesis için tarama görüntüsü..... | 20 |
| Şekil 9: Phast programı depo tankı ve senaryo seçimi..... | 21 |
| Şekil 10: Phast programı senaryo hava durumunu seçme..... | 22 |
| Şekil 11: Phast programı ‘Senaryo 1’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı..... | 26 |
| Şekil 12: Phast programı ‘Senaryo 2’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı..... | 26 |
| Şekil 13: Phast programı ‘Senaryo 3’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı..... | 27 |
| Şekil 14: Phast programı ‘Senaryo 4’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı..... | 28 |
| Şekil 15: Phast programı ‘Senaryo 5’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı..... | 29 |
| Şekil 16: Phast programı ‘Senaryo 6’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı..... | 30 |
| Şekil 17: Phast programı ‘Senaryo 1’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı..... | 31 |
| Şekil 18: Phast programı ‘Senaryo 2’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı..... | 32 |
| Şekil 19: Phast programı ‘Senaryo 3’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı..... | 33 |
| Şekil 20: Phast programı ‘Senaryo 4’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı..... | 33 |

Şekil 21: Phast programı ‘Senaryo 5’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı.....34

Şekil 22: Phast programı ‘Senaryo 6’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı.....35



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Barton Solvents tesisinde yaşanan kimyasal kaza.....6



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---------------------------|---|
| ATEX | : Explosive Atmospheres (Patlayıcı Ortamlar) |
| °C | : Santigrat derece |
| CO₂ | : Karbondioksit |
| CSB | : U.S. Chemical Safety Board (ABD Kimyasal Güvenlik ve Tehlike Araştırma Kurulu) |
| EN | : European Norm (Avrupa Normu) |
| EXPROOF | : Explosion Proof (Patlamaya Karşı Korunmuş) |
| GIS | : Geographical Information Systems (Coğrafi Bilgi Sistemi) |
| H₂O | : Dihidrojen monoksit |
| ISO | : International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı) |
| kW / m² | : Kilovat / metrekare |
| kg/s | : Kilogram / Saniye |
| LEL | : Lower Explosive Limit (Alt Patlama Limiti) |
| m | : Metre |
| m/s | : Metre / saniye |
| NFPA | : National Fire Protection Association (Ulusal Yangın Koruma Birliği) |
| O₂ | : Oksijen molekülü |
| PHAST | : Process Hazard Analysis Software (Proses Tehlike Analizi Yazılımı) |
| QRA | : Quantitative Risk Assessment (Kantitatif Risk Değerlendirmesi) |
| STEL | : Short Term Exposure Limit (Kısa Süreli Maruziyet Sınırı) |

| | |
|----------------------------|--|
| TS | : Türkçe Standart |
| TWA | : Time Wieghed Avarage (Zaman Ağırlıklı Ortalama) |
| UEL | : Upper Explosive Limit (Üst Patlama Limiti) |
| UVCE | : Unconfined Vapor Cloud Explosion (Sınırlandırılmayan Buhar Bulutu Patlaması) |
| Φ | : Isı Enerjisi |
| θ | : Sıcaklık |
| m | : Kütle |
| v | : Rüzgâr Hızı |
| U | : Isı Gereksinimi Katsayısı |

1. GİRİŞ

1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği

Dünyadaki endüstriyel gelişme hem çevreyi hem de insan sağlığını doğrudan ilgilendiren tehlikeleri ve riskleri beraberinde getirir. Çevre ve insan kaynaklı ‘iş sağlığı ve güvenliği’ kavramı artan endüstriyel faaliyetlerle birlikte daha da önemli hale gelmektedir.

İş sağlığı ve güvenliğinin organizasyonel olduğu işyerlerinde, iş kazalarına ve meslek hastalarına karşı sürdürülen çalışmalarda başarılı sonuçlar alındığı gibi sosyal fayda boyutunda da önemli sonuçlar elde edilmektedir. Alınan tedbirlerinin güvenilirliği ile yeterliliğinin ölçülmesinin yanı sıra aksayan hususların tespit edilmesi amacıyla, belirli kontrollerin, ölçümlerin ve bakımların periyodik olarak yapılması gerekmektedir.

Son yıllarda insan ve çevreye verilen bu önemin artmasıyla uluslararası anlamda değişik çevre standartları ve işçi sağlığı standartları ortaya çıkmıştır. Çevre yönetimi standardı olarak TS EN ISO 14 001 ve TS ISO 45 001, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak TS 18 001 yönetim sistemi standardı oluşturulmuştur. Dünyada ve ülkemizde söz konusu bu standartlar birçok endüstriyel kurum tarafından kullanılan referanslar haline gelmiştir. Birçok kurum çevre ve işçiye verdiği önemi öncelik alan çalışma politikaları izlemeye başlayarak bunu açıkça gözler önüne sermektedir (Karahasanoğlu, 2008).

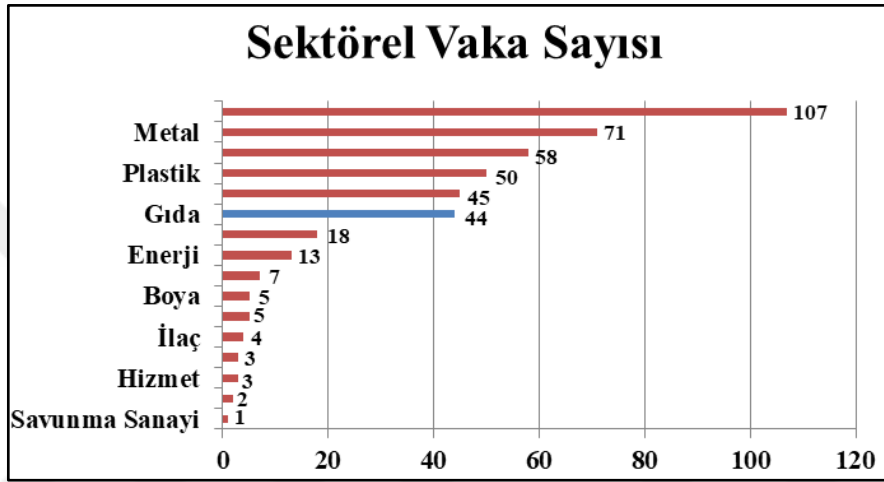
1.2. Literatür Özeti ve İstatistiksel Veriler

Beslenme ihtiyacı, artan nüfus, gelişen sanayi ve değişen hayat koşulları gibi etkenler hazır gıda tüketimini hızla arttırmaktadır ve gıda ürünleri imalat sektörünün, ticari hacim çapında dünyadaki en büyük sektörlerden birisi halinde olmasına neden olmaktadır.

Ülkemizde meydana gelen iş kazalarının yaklaşık %10'luk bir kısmını gıda ürünleri imalat sektörü oluşturur. Aynı zamanda ölümlü iş kazasının en fazla yaşandığı ilk 10 sektör içerisinde yer almaktadır (Akkoyun, 2013).

2018 yılında Türkiye’de meydana gelen 436 endüstriyel yangın ve patlamanın 384’ü endüstriyel yangın, 52 tanesi ise endüstriyel patlamadır. Bu kazalarda en az 25 kişi hayatını kaybetmiş, 72 kişi yaralanmıştır. Sadece endüstriyel patlamalarda 18 kişi hayatını kaybetmiş, 59 kişi ise yaralanmıştır. Yüzlerce kişi ise yangından sonra ortaya çıkan boğucu ve zehirleyici gazlardan etkilenecek tedavi görmüştür. Tespit edilen yangın ve patlamaların %10 ’u gıda sektörlerinde faaliyet gösteren endüstriyel tesislerde gerçekleşmiştir (TMMOB, 2019).

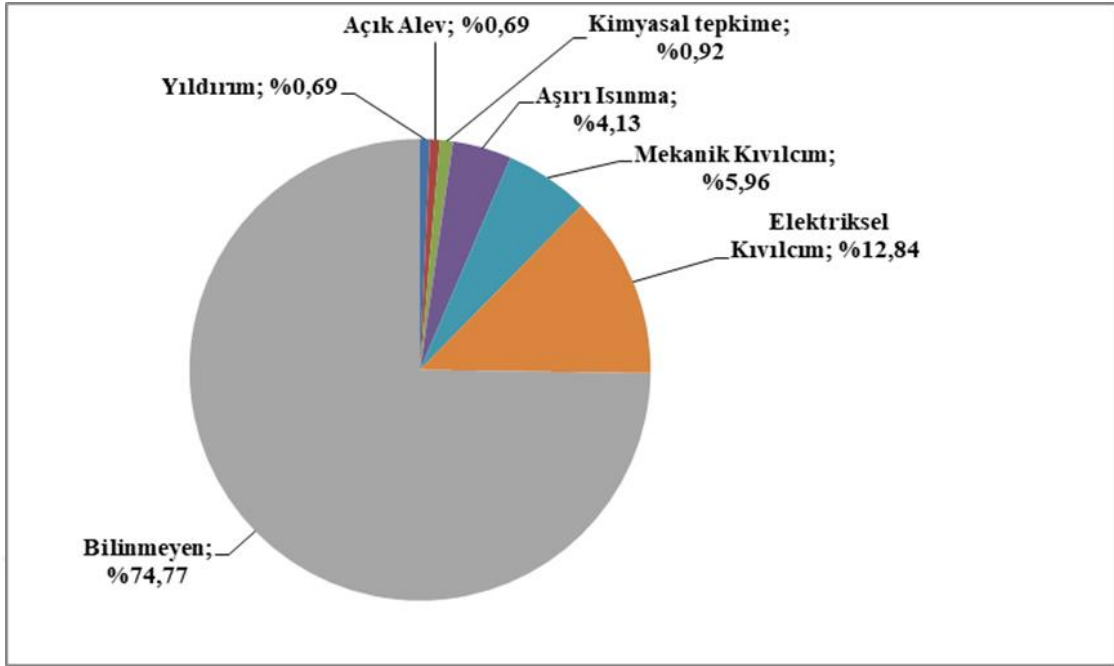
Şekil 1: 2018 yılı sektörlere göre endüstriyel yangın ve patlama sayıları



(TMMOB, 2019)

Amerika Ulusal Yangından Korunma Kurumu’na (NFPA) göre endüstriyel yangınların sebebi olarak yanıcı tozlar, sıcak işler, yanıcı sıvılar ve gazlar, hatalı ekipman ve makineler, elektriksel tehlikeler belirlenmiştir (TMMOB, 2019).

Şekil 2: 2018 yılı endüstriyel yangın ve patlamaların tutuşturma kaynakları

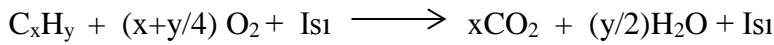


(TMMOB, 2019)

1.3. Yanıcı / Parlayıcı Sıvıların Yanma ve Patlama Davranışı

Yanıcı / parlayıcı sıvılar, kolayca alevlenmeleri nedeniyle yanma ve patlama riski için tehlike olarak değerlendirilirler (Öner, 2009).

Yanıcı maddenin yakıcı madde (çoğunlukla havadaki oksijen) ile tutuşma sıcaklığına kadar endotermik, bu sıcaklıktan sonra ekzotermik olarak reaksiyon verdiği hızlı oksidasyon olayına yanma denir (İnce, 2012, s.:58).



Yanıcı sıvı yangını B sınıfı yangındır. Yangında yanıcı sıvının kendisi değil; gaz halindeki buharı yanmaktadır. Yanma davranışında uçuculukları ana etkidir. Bir yanıcı sıvı ne kadar uçucu ise o kadar parlama davranışı göstermektedir. Uçucu yanıcı sıvıların miktarları da riskin büyüklüğünü belirler (İnce, 2012, s:59).

Parlayıcı sıvılardan çıkan buharlar, havadan ağır olmak kaydıyla kaynaklarından çok uzaklara kadar gidebilir. Yanıcı sıvılar ise parlama derecelerinin üzerine kadar ısıtıldıklarında parlayıcı sıvıların özelliklerini kazanırlar. Yanıcı sıvının kapalı ortamda yanması sonucu yaklaşık olarak 28 000 kcal/m² ısı üretimi olur. Yanıcı ve parlayıcı sıvıların kullanımı ve depolanmasıyla ilgili riskler, parlama derecesinin üzerindeki

sıcaklıklara maruz kalmış sıvının çıkardığı yanıcı buharlara göre belirlenmektedir. Yangın patlamaları yanıcı sıvı buharının patlaması olup ısı bırakma hızı yüksektir, alev yaklaşık olarak 2 m/s' lik hızla ilerler (Öner, 2009).

Yanıcı ve yakıcı karışımının tutuşturma kaynağı ile ekzotermik olarak devam ettiği yangın olayında yanıcı maddenin tamamının veya büyük kısmının hızla yanması sonucu şok dalgası oluşur. Yanıcı maddenin yakıcı madde ile belli konsantrasyonlarda (alt patlama limiti ve üst patlama limiti) karışması, yanıcının yakıcıda kütleli dağılımı ve reaksiyonun ilerleme hızı sonucunda patlama meydana gelir (Çiftçioğlu ve ark., 2019) .

Tüm yanıcı sıvıların buharları da yanıcı gaz olarak nitelendirildiğinden yakıcı ile karışımında belli konsantrasyonlara geldiğinde, yanma davranışı tamamen gazların patlama davranışı haline gelecektir. En ufak bir kıvılcımda tamamı yanmak üzere C sınıfı yangın olan patlama davranışı gösterecektir. Gaz, diğer hallerdeki gibi ek bir gazlaşma sürecine ihtiyaç duymadığından minimum tutuşma sıcaklığında oldukça kısa bir sürede (1 mikro saniye) ani hacim genişmesiyle patlarlar. Bu patlamada oluşan yaklaşık 10 barlık basınç, hacim çeperlerine baskı uygular. Baskı sonucu yırtılacak olan çeperde yeterli yırtılma yüzeyi olamaması yapıların çökmesine neden olur. Yakıcı ile konsantrasyonunda alt ve üst patlama limitleri arasında biriken yanıcının enerji kaynağı ile buluşması sonucu UVCE (Sınırlandırılmayan Buhar Bulutu Patlaması) yani patlayıcı atmosfer (ortam) patlaması oluşur (İnce, 2012, s:59) .

Can ve mal kayıplarına sebep olan patlamaların çoğunluğu ATEX patlaması olup önemli bir kısmı ise yanıcı sıvı buharları patlamalarıdır. Avrupa Birliği Organizasyonlarının ATEX direktifleri 1 Temmuz 2003 tarihinden itibaren uygulanmaya konulmuştur. ATEX (ATmosphères EXplosives) kelimelerinin ilk hecelerinin birleşiminden oluşmuş bir kelimedir ve Patlayıcı Atmosferler anlamına gelmektedir (European Commission, 2009).

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik'te ifade edildiğine göre yanıcı kimyasal maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının hava ile oluşturduğu ve tutuşması halinde tümüyle yanabilen karışımlar 'patlayıcı ortam'dır.

Çalışan ve işyeri güvenliği açısından tehlike arz eden 'patlayıcı ortam' potansiyeline sahip tüm yerler incelenip risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Risk

değerlendirmesi yapılarak patlayıcı ortamın oluşmasını engelleyici önlem, patlamanın gerçekleşmesi halinde oluşabilecek zararın boyuta göre önlemler belirlenmelidir. Patlama riskinin tehlikelerinden olan tutuşturma kaynakları arasında açık alev, mekanik etkilerle oluşan kıvılcımlar, elektrikli aparatlar, sıcak yüzeyler, yıldırım, statik elektrik ve ekzotermik reaksiyonlar sayılır. Bunlar potansiyel patlayıcı ortamlardan uzaklaştırılmalıdırlar (Çiftçiöglü ve ark., 2019).

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te ifade edilen yanıcı ve parlayıcı sıvılar için patlayıcı ortamın oluşma sıklığı ve bu ortamın devam süresine göre tehlike yerleri belirlenir. Patlayıcı gaz-hava karışımının devamlı surette veya uzun süre mevcut olduğu boru ve kap içleri gibi bölgeler 'Bölge 0' olarak, normal çalışma sırasında oluşma ihtimalinin olduğu dolum borusu civarı ve armatürler gibi bölgeler 'Bölge 1' dir.

1.3.1. Yanıcı sıvı madde yangını ve patlaması kazası örneği

Endüstriyel kazaları araştıran Chemical Safety Board (CSB) kurumu tarafından 2008 yılında yayınlanan rapora göre Amerika'nın Kansas eyaletine bağlı Valley Center şehrindeki Barton Solvents tesisinde 17 Temmuz 2007'de 6.000 kişinin tahliye edilmesine yol açan yangın ve patlama kazası meydana geldi. CSB kazanın muhtemel nedenlerini raporladı.

Buna göre kaza günü depolama alanına gelen tanker yaklaşık olarak 66 m³ olan depo tankına yanıcı sıvı transferi gerçekleştirdi. Bu sırada pompadan giren hava kabarcıkları depo tankına ulaştı. Tankın içindeki sıvıölçere gevşek bir şekilde bağlı olan metal şamandıra, yanıcı sıvının transferiyle hareket ederek boşluk meydana getirdi. Şamandıradaki biriken statik elektrik, oluşan boşlukta sıvı buharı – hava karışımı için tutuşturucu rolünde kıvılcım oluşturdu ve patlama gerçekleşti.

Tanktaki patlama diğer tanklarda bulunan yanıcı sıvılar nedeniyle diğer tankların da patlamasına neden oldu. Patlama sonrası tanktaki sıvı depolama alanına yayıldı. Tank parçaları patlamanın etkisiyle yaklaşık olarak 40 m havaya fırladı. Bunlardan bir kısmı çevredeki yerleşim yerlerine isabet etti.

Resim 1: Barton Solvents tesisinde yaşanan kimyasal kaza



(CSB, 2008)

1.4. Tezin Amacı

6331 sayılı İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kanunu'na göre risk değerlendirmesi, 'İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları' ifade eder.

Yanıcı / parlayıcı bir sıvı olan n-hekzan bitkisel yağ üretim tesislerinde yapılacak olan risk değerlendirmesinde tehlike olarak tanımlanır.

Endüstriyel yangın ve patlamaların önemli bir kısmı depolama alanında gerçekleşir. Uzman kişilerce ve bilimsel yöntemler uygulanarak alınacak olan önlemler ile bu olayların önüne geçilmelidir, gerçekleşmesi halinde etkilerini azaltacak tedbirler alınmalıdır. Depolamada risk derecesini artıran bir etken olarak yanıcı sıvılar için temel depolama kurallarına bağlı kalınarak açık alev vb. işlerde izin sistemi uygulanması, tutuşturma kaynaklarının kontrollü kullanılması gerekir (TMMOB, 2019).

Gıda sanayiinin alt sektörlerinden olan bitkisel yağ sektörü iş sağlığı ve çevre güvenliği açısından incelendiğinde birçok riski içeren bir sektördür. Tüm çalışanların

risk ve önlemlere karşı bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bitkisel yağ tesisleri için çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı riskler hakkında çeşitli araştırmaların yapılması faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın amacı bitkisel yağ üretim tesislerinde ekstraksiyon aşamasında çözücü olarak kullanılan n-hekzanın depolandığı tankta sızıntı sonucu oluşacak patlama riskini kaza senaryolarıyla ele alarak basit ve mevzuata uygun önlemler ile hem kişilere hem de çevreye yönelik tehditleri ortadan kaldırmaktır. Phast 8.11 kullanılarak üretim koşullarına ait veriler programa girilecek ve güvenlik önlemlerine ilişkin öneriler sunulacaktır.



2. GENEL BİLGİLER

Dünyada incelenen 4500 bitki türünün yaklaşık olarak 100 kadarının yağları ticari açıdan önemlidir ve sağlıklı beslenmede kullanılabilir. Bitkisel yağ kaynakları yağlı tohum ve yağlı meyve olmak üzere ikiye ayrılır. Ülkemizde tropik yağlık bitkiler (hindistan cevizi=kopra, palm çekirdeği, brezilya palmı=babassa) dışındaki bütün yağlık bitkiler yetişmektedir.

Bitkisel yağ sektörü ham yağ, rafine yağ, zeytinyağı, margarin ve yağlı hammadde küspesi olarak alt kesimlerden oluşmaktadır. Bu sektör, ana ürünü olan bitkisel yağ, yan ürünü olan hayvan yemi ve çeşitli kimyasal ve temizlik maddelerinin üretimine doğrudan ve dolaylı olarak önemli katkılar sağlamaktadır (Karahasanoğlu, 2008).

2.1. Bitkisel Yağ Üretiminde Ham Yağ Elde Edilmesi

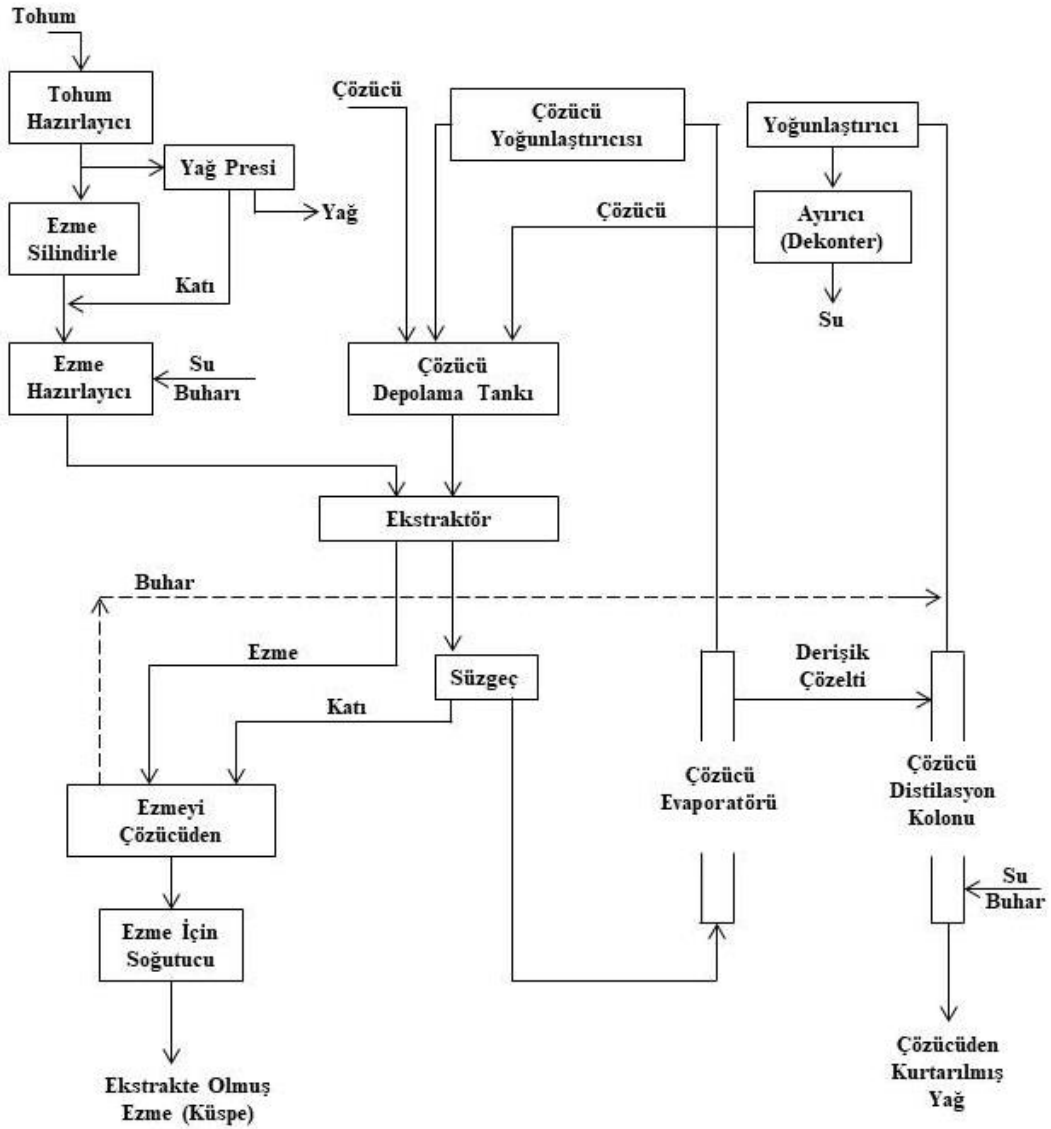
Yağlı tohumlardan ve meyvelerden yağ eldesinde hammaddedeki yağ oranına göre pres, ekstraksiyon (çözücü madde ile), presyon – ekstraksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Bu oran % 30 ve üzerinde ise pres yöntemi ile, günlük hammadde miktarı 300 tondan fazla olup % 20 ve altında yağ oranı için ekstraksiyon yöntemi ile yağ çıkartılır. Ekstraksiyon yöntemi ile küspede % 0.5 oranında kalan yağa göre pres yöntemindeki bu oran % 2.5 – 6'dır. Fakat çıkan yağın yemeklik kalitesi ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha yüksektir. Yağ oranı yüksek olan hammaddeler için kullanılan presyon – ekstraksiyon yönteminde birkaç aşama bulunur. İlk olarak presleme ile yağ oranı % 20'nin altına düşürülür. Ardından elde edilen küspe ekstraksiyon ile işlenerek yağ oranı % 0.5'e indirilir (Başoğlu, 2017, s.:111)

2.1.1. Yağlı tohumdan yağ eldesi

Bünyesinde yağ dışında büyük oranda katı formadaki maddeleri ihtiva eden yağlı tohum için inceltme(öğütme), ısıl işlem, pres gibi birçok işlem gerekir. Yağ eldesinde maksimum randıman alabilmek için ekstraksiyon işlemi yapılacaksa, işlem den önce

tohumun temizlenmesi, kurutulması, kabuğun soyulması ve gerekirse kırma, inceltme, tavlama veya ısıtma gibi işlemlerin yapılması, tohumun hazırlanması gereklidir. Yağ eldesinde proseslerdeki temel işlemler aynı olup, akış şemaları tohuma göre değişiklik gösterir (Gökalp ve ark., 2001, s.:81)

Şekil 3: Yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu işlem akışı



(Başoğlu, 2017, s.:128)

İlk aşama olan hammaddenin mekanik yöntemlerle elenmesi, kırılması, öğütülmesi işlemi sonrası ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemde sıcaklık derecesi bazen 115 °C' ye kadar çıkabilmektedir. Yüksek basınç eşliğinde yaklaşık 95-100 °C' lik sıcaklık uygulaması yapılan presleme işlemi sonrasında ise elde edilen ham yağ ile

birlikte yağlı küspe çıkar. Yağın önemli bir kısmı presleme işlemi sonrasında küspede kaldığından ikincil bir yağ kazanım işlemi olan ekstraksiyon prosesi devreye girmektedir. Solvent ekstraksiyon yönteminde kullanılan çözücüye bağlı olmakla beraber 60-80 °C arasında sıcaklık uygulanmaktadır (Erfa, 2007).

Süzülen yağlı çözücü (misella) destilatör tanklarına alınmakta ve yaklaşık 80 °C sıcaklıkta buharlaştırılarak çözücü uçurulmaktadır. Geriye kalan çözücüsü uçurulmuş ham yağ ise tanklara sevk edilmekte, ekstraksiyon sonrası elde edilen yağ, rafineri bölümüne alınmaktadır (Akkoyun, 2013).

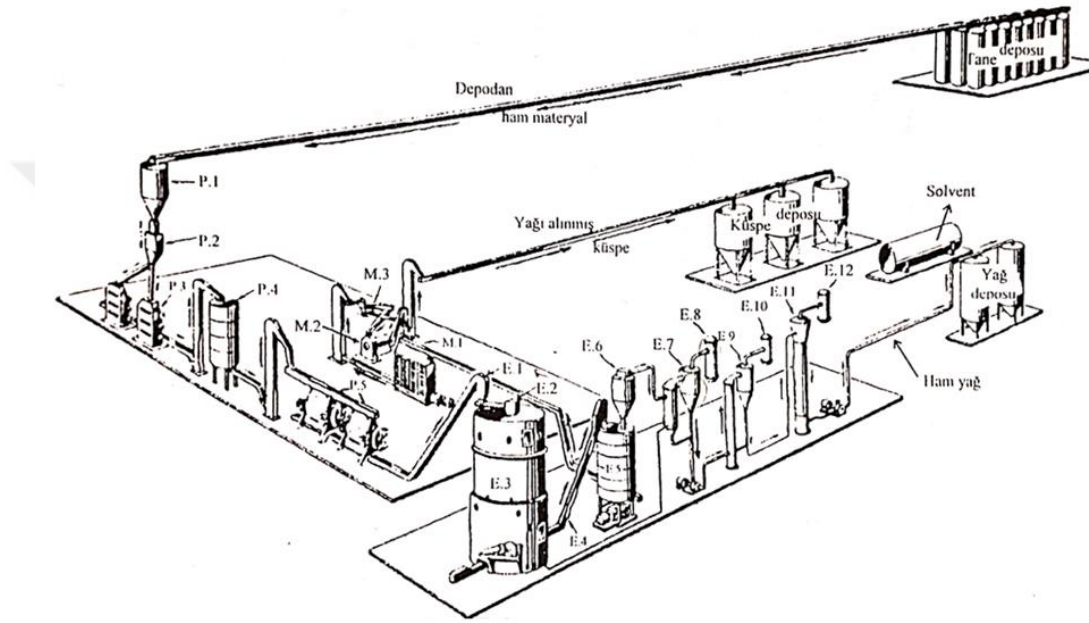
2.1.2. Çözücü (solvent) ekstraksiyon yağ eldesi

Katı veya sıvı bir materyalin içeriğindeki komponent ya da komponentler karışımının, uygun bir çözücü ile diğer maddelerden ayrılması olayına ekstraksiyon denir (Erfa, 2007). Yağlı tohumlarda çözücü ekstraksiyonunda temel prensip, tohum ile içinde yağın çözünebildiği bir çözücünün muamele olması ve çözücünün sonraki aşamada yağdan süzdürülüp uçurularak ayrılmasıdır. Geriye ham yağ kalır. (Başoğlu, 2017, s.:125). Solvent ekstraksiyonu çok az ısıl işlem gerektirdiğinden ana ürün kalitesi yüksek olup küspede kalan protein oranı fazla olacağından yağ yüksek verimle ayrılır. Yüksek yağ içeren tohumlarda solvent ekstraksiyonu işlemini kolaylaştırma amaçlı ekstraksiyonla birlikte ön pres (düşük basınçlı helezon presler) işlemi uygulanır. Bu nedenle pamuk tohumu, keten, yer fıstığı, aspir, ayçiçeği ve mısır embriyosunda ön presleme işlemi uygulandıktan sonra solvent ekstraksiyona geçilir (Gökalp ve ark., 2001, s.:106).

Solvent ekstraksiyon yönteminin sakıncaları arasında kullanılan çözücülerin çoğunun yanıcı ve patlayıcı olmasından ötürü yangın çıkması ve patlama olasılığı vardır (Başoğlu, 2017, s.:126).

Şekil 4: Solvent ekstraksiyon fabrikası işlem akışı

| Hazırlama | Ekstraksiyon ve Yağ Eldesi | Küsbe Eldesi |
|--------------------------------|---|---------------------------------|
| P-1 Ayar Tankı | E-1 ve -2 Ezme Konveyoru | E-4 Kullanılan ezme elevatörü |
| P-2 Ölçme | E-3 Ekstraktör | E-5 Solvent giderici - kavurucu |
| P-3 Parçalama, kırma değirmeni | E-7 ve -8 İlk devre yağ tutucu ve kondensör | M-1 Kusbe soğutucu |
| P-4 Tavlama | E-9 ve -10 İkinci devre yağ tutucu ve kondensör | M-2 Kusbe inceltici (öğütücü) |
| P-5 Ezme Değirmeni | E-11 ve -12 Son devre yağ tutucu ve kondensör | M-3 Kusbe eleği |



(Gökalp ve ark., 2001, s.:106).

2.2. Ekstraktörler

2.2.1. Batch (kesikli) ekstraktörler

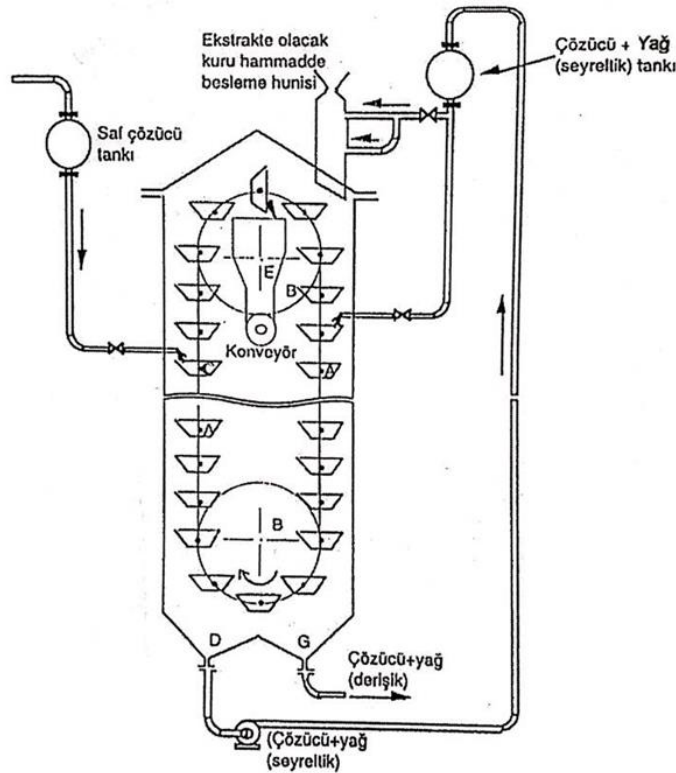
Ters akım yöntemiyle çalışan bu sistemde yağlı hammadde üzerine kondansatörden veya toplama kabından gelen çözücü püskürtülür ve serpantinle ısıtılır. Buharlaşan çözücü kondansatörde yoğunlaşır, toplama kabına gider ve sudan ayrılarak ekstraktöre geçer. Yağ oranının % 1'e düştüğü yağlı hammadde eldesinden sonra misella (yağ ve çözücü) destilatöre verilir ve çözücü ayrılır. Buharlaşan çözücü kondansatörde yoğunlaştırılarak tekrar kullanılır (Başoğlu, 2017, s.:130).

2.2.2. Sürekli (kontinü) ekstraktörler

Sistemde sürekli olarak yağlı tohum ezmesi beslemesi yapıp yağı alınmış küspe çıkışı gerçekleşir. Bu sırada sisteme verilen çözücü ile yağa doymuş misella alınır. Hammaddedeki yağın tamamının belirli sürede uygun çözücü ile çıkarılması hedeflenir. Bugün için sanayide en çok kullanılan bu ekstraktörler çalışma prensibine göre ikiye ayrılır:

- Perkolasyon tipi (dönme dolap, basket tipi ve rotosel) ekstraktörde madde, hareket eden kap içinde bulunur ve çözücü, madde içinden devamlı olarak geçer. Burada aynı ve ters akım uygulanır.
- İmmersiyon tipi (bant sistemli) ekstraktörlerde çözücü içinden madde ters akım prensibine göre geçirilir (Başoğlu, 2017, s.:131).

Şekil 5: Kovalı dönme dolap tipi yağlı tohum ekstraktörü.



(Başoğlu, 2017, s.:133).

2.3. Ekstraksiyon Çözücüleri

Bitkisel yağların ekstraksiyonunda kullanılan çözücüler (solventler) hafif parafinik petrol fraksiyonlarıdır. Kaynama aralıklarına göre 4 petrol ürünü; pentan tipi 31.1 - 36.1

°C, hekzan tipi 63.3 - 68.9 °C, heptan tipi 90 - 98.9 °C ve oktan tipi 101.7 - 128.9 °C'dir. Bu çözücüler fazla üretilebilmeleri, ucuz olmaları, tekrar kullanım imkânlarıyla ekstraksiyon için uygundurlar. Fakat yanma ve patlama risklerinin sebebiyle kullanımları için dikkatli ve tedbirli olunmalıdır (Gökalp ve ark., 2001, s.:108).

Günümüzde ekstraksiyon için ülkemizde ve dünyada kolay bulunabilir olması nedeniyle en yaygın kullanılan çözücü kaynama noktası 64 – 68 °C olan hekzan tipidir. Hekzanın yanıcı / parlayıcı bir sıvı olması nedeniyle faaliyetin en önemli yangın ve patlama riski, hekzanın bulunduğu depolama ve ekstraksiyon ünitelerinde mevcuttur (Akkoyun, 2013).

Ekstraksiyon için kullanılacak olan çözücülerde olması gereken özellikler şunlardır:

- Kimyasal olarak saf olmalıdır, kendisi ve buharı zehirli olmamalıdır.
- Yanma ve patlama riski az olmalıdır.
- Yağla kimyasal bir reaksiyona girmemelidir, yağı kolayca çözmelidir, yağda ve küspede fena koku ve kalıntı bırakmamalıdır.
- Kaynama noktası < 100 °C olmalıdır, donma noktası < 0 °C olmalıdır.
- Proses ekipmanlarına zararlı etkisi olmamalıdır, geri dönüşümlü olarak kullanılabilirdir (Başoğlu, 2017, s.:129).

2.3.1. Hekzan

Laboratuvarda yağ çözücü olarak, sanayide ise organik çözücü olarak kullanılan hekzan düz zincirli bir alkan türüdür. Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin ve Gıda Bileşenlerinin Üretiminde Kullanılan Ekstraksiyon Çözücülerini Tebliği'ne göre 64-70 °C arasında destile edilen ve 6 karbon atomu içeren asitlik doymuş hidrokarbonlardan oluşmuş ticari üründür.

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te ifade edildiğine göre yanıcı ve parlayıcı sıvılar grubunda tanımlanan Sınıf IB, parlama noktaları 22.8 °C'den düşük ve kaynama noktaları 37.8 °C ve daha yüksek olan sıvıları ifade eder. N-hekzan kimyasalı -22 °C olan parlama noktası ve 69 °C olan kaynama noktası ile Sınıf IB yanıcı ve parlayıcı sıvı grubundadır.

Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik'te ifade edildiğine göre, n-Hekzan TWA (8 saat) mesleki maruziyet sınır değerleri 72 mg / m³, 20 ppm'dir.

- Sıvı olarak depolanır ve depolama sistemi kapalı devre olarak çalışır.
- Kolay alevlenir sıvı ve buhar olarak nitelendirilir.
- Buhar halinde hekzan bulunduğu takdirde zehirlenmelere neden olmaktadır. Hekzan buharı havadan ağırdır ve zeminde çabuk yayılır.
- Alt patlama limiti 1.0 % (V) ve üst patlama limiti 8.1 % (V)'dir.
- Isıdan, kıvılcımdan, alevden, sıcak yüzeylerden uzak tutulmalıdır.
- Kap ve alıcı ekipman toprağa bağlanmalıdır.
- İyi havalandırılmış bir alanda depolanmalıdır (MERCK, 2017).

2.4. Bitkisel Yağ Üretimi Prosesinde İş Sağlığı ve Güvenliği

Solvent tankı, tank pompası, yanıcı sıvı gibi pek çok patlayıcı ortam oluşturabilecek risk kaynakları bulunmaktadır. Bu risk kaynaklarına karşı alınabilecek önlemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Solvent tankı ve tank pompası exproof (patlamaya karşı korunmuş) olmalıdır. Tank ve solvent pompası topraklanmalıdır. Kıvılcım çıkarmayan el aletleri; patlamaya karşı korunmuş (exproof) elektrikli ekipmanlar kullanılmalıdır. Bu ekipmanların yüzey sıcaklığı yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığından düşük olmalıdır. İletken ve anti statik zemin kaplamaları, anti statik ayakkabı ve iş kıyafetleri gibi önlemler alınmalıdır. Tank, korozyona karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanıp korunmalıdır (Çiftçioğlu ve ark., 2019).
- Yanıcı sıvılar sızdırmaz ve kapalı sistemde depolanmalıdır. Üretecekleri yanıcı gaz buharlarının alt ve üst patlama limit oranlarını oluşturacakları şekilde birikmelerine fırsat verilmemelidir (İnce, 2012, s.:60)
- Tankların altında olası sızıntılara karşı yanmaya dayanıklı havuz tesis edilmelidir.
- Sıcak iş ve özel risk kaynağı içeren tüm faaliyetler için özel olarak alınacak 'çalışma izni' için sistem organizasyonel olarak ilerlemelidir. Gaz ölçümünü, yanıcı maddelerin ve tutuşturma kaynaklarının ortamdaki uzaklaştırılmış olmasını, kullanılacak ekipmanın işe uygunluğunu, işi yapacak personelin

eğitiminin uygunluğunu, acil durum müdahale planı vb. gerekli tüm önlemlerin alınmasını hedefleyen bu sistem faaliyetlerin güvenli bir şekilde gerçekleşmesine zemin hazırlamalıdır (Çiftçioğlu ve ark., 2019).

- Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik'te de belirtildiğine göre 'Patlamadan Korunma Dokümanı'nda belirtildiği takdirde; bir tehlike durumunda çalışanların tehlikeli bölgeden anında ve güvenli bir şekilde uzaklaşabilmeleri için tahliye sistemi kurulur ve her an işler durumda bulunması sağlanır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada DNV GL Phast 8.11 (Process Hazard Analysis Software Tools) programı kullanılarak, örnek bir bitkisel yağ üretim tesisinde dağılım analizi kantitatif yöntemle yapılmıştır, değerlendirilmiştir. Phast, dağılım için DNV GL'nin Birleşik Dağılım Modeli'ni (UDM) kullanır.

3.1. Phast 8.11 (Proses Tehlike Analizi Yazılımı) Programı

Phast programı, proses tesislerinin Kantitatif Risk Değerlendirmelerini (QRA) gerçekleştirmek için bir yöntemdir. Phast, tehlikeli maddelerin salınımına ilişkin riskleri ölçmek için kaza senaryolarının sonuçlarını analiz eder (Malviya ve Rushaid, 2018).

Risk yönetimi üretim sürecine özgü tehlikelerin güçlü şekilde anlaşılmasını gerektir. Phast programı, potansiyel tehlike oluşturan durumlardan kaynaklanan sonuçların net bir şekilde analizini yapmak ve sonuçların şiddetini ölçmek için kullanılmaktadır. Böylece riskler proses veya tesis için güvenli tasarım optimizasyonu tasarımı ile, mevcut operasyonel yöntemlerde değişiklik yapılarak veya diğer hafifletme tedbirleri uygulanarak yönetilebilmekte veya azaltılabilmektedir (ArcumSoft, 2019).

3.2. Phast 8.11 Programının Kullanımı

Phast risk analizinde risk, yaralanmanın potansiyel ciddiyeti olarak tanımlanır. Etki değeri, ölümcül ciddiyetle anlaşılır. Burada reseptörün (bir kişi ya da sensörün) riskin gerçekleşmesi halinde yayılan kimyasal buluta maruz kalma süresi bir kriterdir.

Bir malzeme atmosfere salındığında iç basıncının atmosferik basınca düşmesi için genişler. Başlangıç salınım hızının ve ortam rüzgâr hızının etkisi altında bırakma noktasından uzağa hareket eder (Malviya ve Rushaid, 2018). Salınım olduktan sonra boşluktan, ortamda patlayıcı atmosfer (ATEX) oluşturur. Salınan kimyasal havadan ağır olduğu için zemine çöker.

Analizde dağılım (yayılm) toksik, radyasyon (ışınma) ve patlama şeklinde üç şekilde gerçekleşir. Hekzan yanıcı kimyasalı için toksik dışında radyasyon ve patlama dağılımı baz alınır. Tanktaki materyalin sızıntı salınımının hesaplaması analiz edilir. Dağılım hesaplamalarında buluttaki koşullar, zamanın bir fonksiyonu olarak verir. Tüm potansiyel sonuçların tahminiyle etkiler hesaplanır.

Yapılan bu çalışmada entegre bir yağ üretim tesisi örnek alınarak ekstraksiyon işleminde çözücü olarak kullanılan hekzanın, depo koşulları için sızıntı halinde oluşacak patlama riskinin analizi yapılır, değerlendirilir.

Phast programının sızıntı senaryosu, bir tank gövdesindeki delikten veya uzun borudaki küçük delikten sızıntı sonucu oluşan salınımın analizidir. Salınım süreklidir, belli yönü ve süresi vardır. Akışkanın tanktan veya borudan deliğe akarken sürtünme kayıpları olmadığı varsayılır. Salınım, stok tükenmesine kadar bu oranda devam eder. Hesaplamalarda, sıvı tarafından salınan sıvının, sızıntı yerinin üstündeki sıvıdan gelen basınç altında açıklık boyunca akış boyunca sıvı kaldığı varsayılır ancak atmosfer koşullarına genişlemesi üzerine patlayabilir. Buhar kısmından ya da sıvı kısmından sızıntı olabilir.

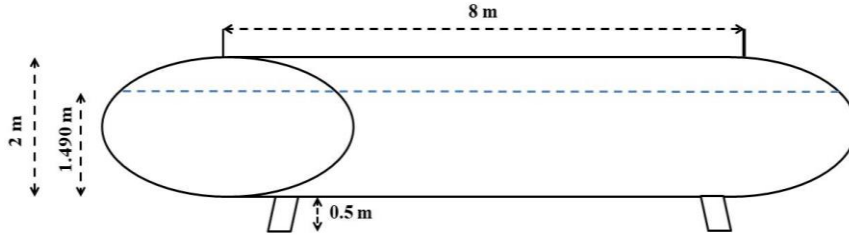
3.2.1. Senaryo değişkenleri

Senaryolar; tank doluluk oranı, rüzgâr hızı ve sıcaklık değişkenlerine göre belirlenir.

Hekzan tankı hacmi 25 m³ alınır (EKONORM, 2013). Yatay hekzan tankı için silindir çapı 2 m, uzunluğu 8 m alınır (Concrete Services, 2015).

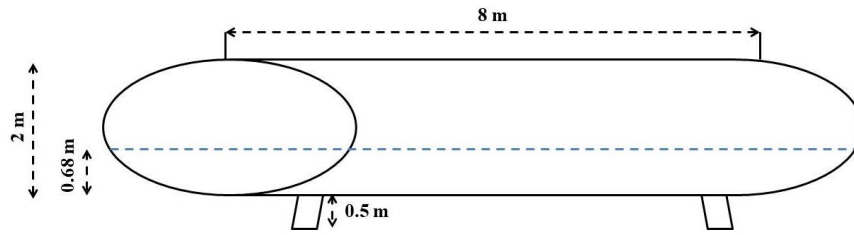
Doluluk oranı % 80 olan hekzan tankındaki n-hekzan hacmi 20.08 m³'tür. 660 kg/m³ yoğunluğa sahip n- hekzanın kütlesi 13 253 kg'dır. Tanktaki sıvı seviyesi Şekil 6'de gösterilir. % 30 doluluk oranıyla, hekzan tankındaki n-hekzan hacmi 7.54 m³'tür. 660 kg/m³ yoğunluğa sahip n-hekzanın kütlesi 4976 kg'dır. Tanktaki sıvı seviyesi Şekil 7'te gösterilir (ADR, 2017).

Şekil 6: Doluluk oranı % 80 olan hekzan tankı



(Concrete Services, 2015)

Şekil 7: Doluluk oranı % 30 olan hekzan tankı



(Concrete Services, 2015)

‘Elevation’ sekmesinde dağılım hesabını etkileyen serbest bırakma seviyesinin, zemin seviyesinden yüksekliği tanımlanır. Bu değer örnek hekzan tankı için, 1 m olarak girilir. Yerden yarım metre yüksekte olan tankı için bu değer, serbest bırakma seviyesinin tank taban seviyesinden yarım metre yüksekte olduğunu gösterir. ‘Tank head’ sekmesi, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesidir.

Bu değer % 80 doluluk oranına sahip tank için $1.490 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 1.99 \text{ m}$ olarak alınır. % 30 doluluk oranına sahip tank için ise $0.68 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 1.18 \text{ m}$ olarak alınır. Sızıntı senaryosu için delik çapı 150 mm olarak alınır (Phast 8.11: Technical documentation). Seçilen ekipman ve senaryo için değerler açılan pencerede girilir. Malzeme seçimi kullanılan sıvı çözücü olan ‘N-HEXANE’ seçilir.

Çalışma ağacının ‘Weather’ sekmesinde hava durumu koşulları belirlenir. Phast Programı’nda hava durumunun stabilite sınıfı; rüzgâr hızı ve gece ve gündüz zaman dilimine göre belirlenir. 1.1 m/s rüzgâr hızı için stabilite sınıfı ‘A – B’ olarak belirlenir. 8 m/s rüzgâr hızı için stabilite sınıfı ‘D’ olarak belirlenir (Tablo 1).

Tablo 1: Hava koşulları stabilite sınıfları

| Windspeed | | Day: Solar Radiation | | | Night: Cloud Cover | | |
|-----------|---------|----------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------------------|
| (m / s) | (mph) | Strong | Moderate | Slight | Thin < 40 % | Moderate | Overcast > 80 % |
| < 2 | < 5 | A | A - B | B | - | - | D |
| 2 - 3 | 5 - 7 | A - B | B | C | E | F | D |
| 3 - 5 | 7 - 11 | B | B - C | C | D | E | D |
| 5 - 6 | 11 - 13 | C | C - D | D | D | D | D |
| > 6 | > 13 | C | D | D | D | D | D |

(Phast 8.11: Technical documentation)

Sıcaklık değerleri olarak 1 °C ve 21 °C değerleri alınır. Tüm bu değerler temel alınarak atmosferik depo tankı için sızıntı senaryoları oluşturulur (Tablo 2).

Tablo 2: Senaryolar

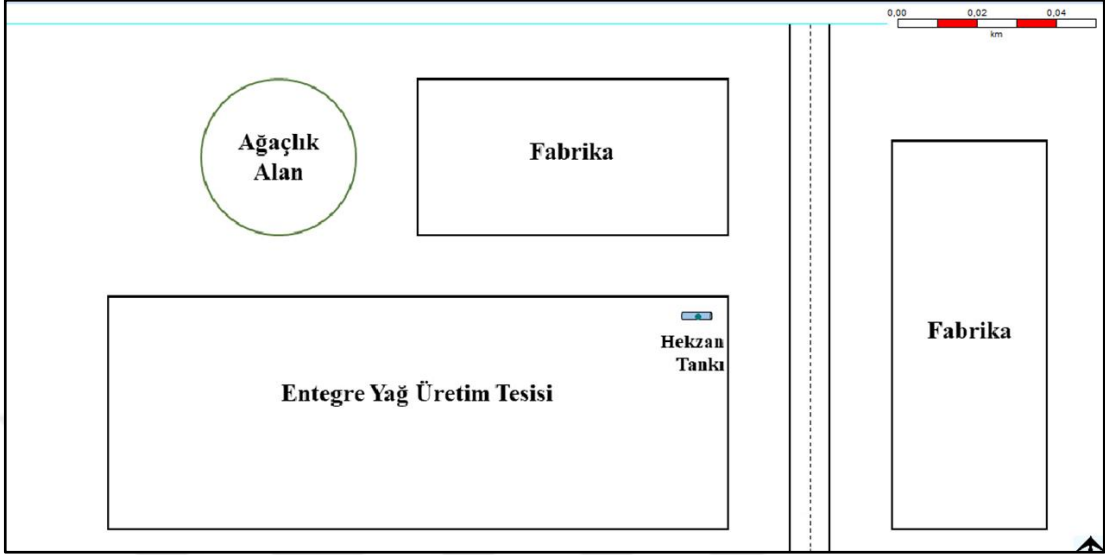
| Atmosferik Depo Tankı / Sızıntı Senaryosu | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tank doluluk oranı | % 30 | | % 80 | |
| Sıcaklık | 1 °C | 21 °C | 1 °C | 21 °C |
| 1.1 m/s rüzgâr hızı | Senaryo 1 | Senaryo 3 | Senaryo 5 | |
| 8 m/s rüzgâr hızı | Senaryo 2 | Senaryo 4 | | Senaryo 6 |

3.2.2. Verilerin girilmesi

Sızıntı senaryosu için Şekil 8'deki çizim baz alınır. Tesis çevresinde bulunabilecek yapılar gösterilir. Tarama görüntüsü (raster image) eklenir. Çalışma alanına eklenen bu şekil için ölçeklendirme basamağında, Şekil 8'de yol bölgesi için 10 m ölçü değeri

girilir, program görüntü için ölçeklendirmesini yapar. Bu ölçüye göre referans aldığımız hekzan tankı 2 x 8 m boyutundadır.

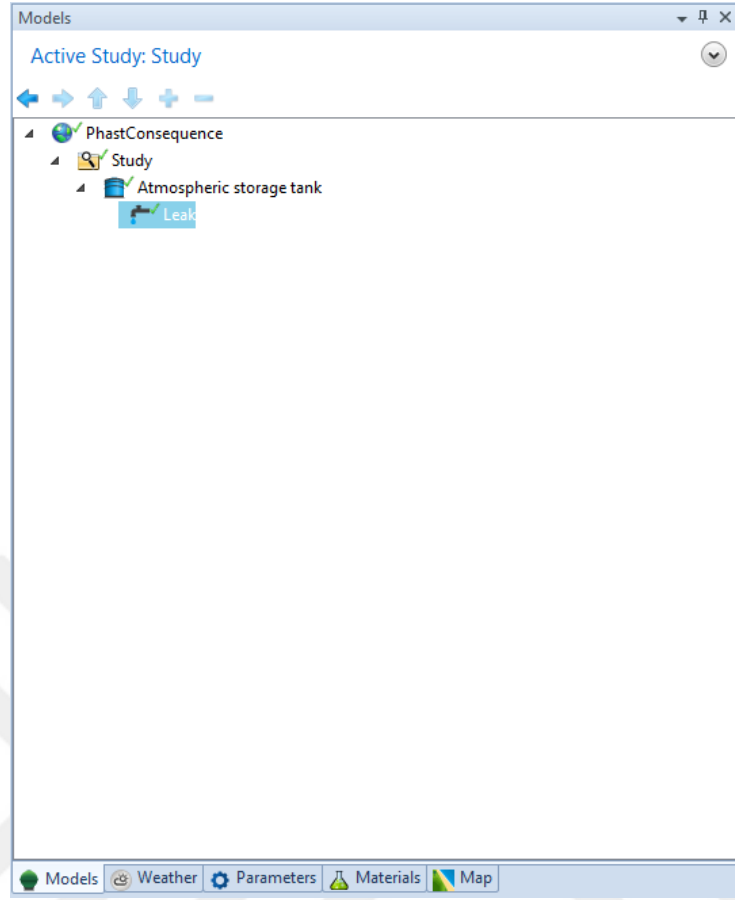
Şekil 8: Olası tesis için tarama görüntüsü



(Phast 8.11: Technical documentation)

Çalışma ağacındaki 'Models' sekmesinde hekzan tankının depo ekipmanı tipi olan 'Atmosferik Depo Tankı (Atmospheric Storage Tank)' seçilir ve çalışma alanındaki şekle konumlandırılır. Atmosferik depo tankı ekipmanında depolanan hekzan için belirlenen salınım senaryosu 'Sızıntı (Leak)' senaryosudur. Atmosferik depo tankı ekipmanında modeller atmosferik basınç altında salınmaktadırlar (Şekil 9).

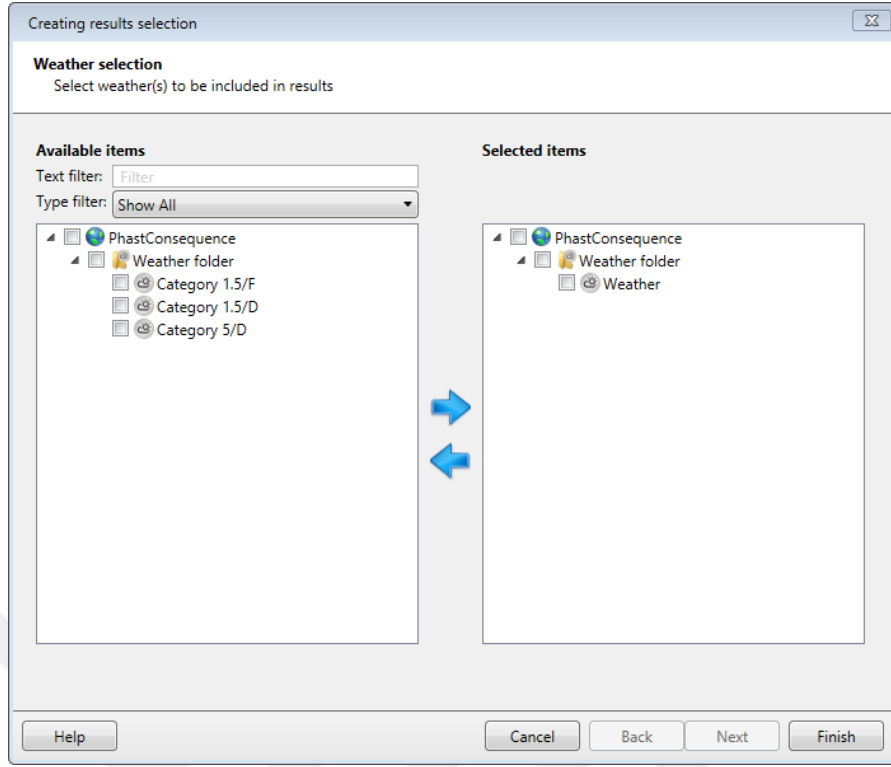
Şekil 9: Phast programı depo tankı ve senaryo seçimi



(Phast 8.11: Technical documentation)

Bu işlem gerçekleştirilmeden önce programın standart olarak aldığı 3 hava durumu haricinde çalışmamızda ele aldığımız her senaryo için eklediğimiz hava durumu seçilir. Phast programının belirlediği stabilite sınıflarından hariç olarak senaryolara göre belirlenen stabilite sınıfına ait hava durumu seçimi yapılır (Şekil 10).

Şekil 10: Phast programı senaryo hava durumunu seçme



(Phast 8.11: Technical documentation)

Veriler senaryo için belirlendikten sonra 'Run' işlemi ile belirlenen veriler çalışmaya işlenir. 'Graph' işlemi ile senaryomuzun etki alanlarını gösteren grafiklerimiz çalıştırılır.

3.2.2.1. Senaryo 1

Atmosferik depo tankı sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede materyal kısmına n-hekzan kimyasalı girilir. Kütle değeri kısmına 4976 kg değeri girilir. Sıcaklık değeri olarak 1 °C girilir. Sızıntı senaryosu sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede sızıntının gerçekleştiği deliğin çap değeri olarak 150 mm girilir. Serbest bırakma seviyesi için 1 m, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesi için 1.18 m değeri girilir. Hava durumu penceresinde rüzgâr hızı kısmına 1.1 m/s değeri girilir. Phast programı bu rüzgâr hızı için A – B stabilite sınıfını seçer.

3.2.2.2. Senaryo 2

Atmosferik depo tankı sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede materyal kısmına n-hekzan kimyasalı girilir. Kütle değeri kısmına 4976 kg değeri girilir. Sıcaklık değeri olarak 1 °C girilir. Sızıntı senaryosu sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede sızıntının gerçekleştiği deliğin çap değeri olarak 150 mm girilir.

Serbest bırakma seviyesi için 1 m, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesi için 1.18 m değeri girilir. Hava durumu penceresinde rüzgâr hızı kısmına 8 m/s değeri girilir. Phast programı bu rüzgâr hızı için D stabilite sınıfını seçer.

3.2.2.3. Senaryo 3

Atmosferik depo tankı sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede materyal kısmına n-hekzan kimyasalı girilir. Kütle değeri kısmına 4976 kg değeri girilir. Sıcaklık değeri olarak 21 °C girilir. Sızıntı senaryosu sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede sızıntının gerçekleştiği deliğin çap değeri olarak 150 mm girilir. Serbest bırakma seviyesi için 1 m, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesi için 1.18 m değeri girilir. Hava durumu penceresinde rüzgâr hızı kısmına 1.1 m/s değeri girilir. Phast programı bu rüzgâr hızı için A – B stabilite sınıfını seçer.

3.2.2.4. Senaryo 4

Atmosferik depo tankı sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede materyal kısmına n-hekzan kimyasalı girilir. Kütle değeri kısmına 4976 kg değeri girilir. Sıcaklık değeri olarak 21 °C girilir. Sızıntı senaryosu sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede sızıntının gerçekleştiği deliğin çap değeri olarak 150 mm girilir. Serbest bırakma seviyesi için 1 m, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesi için 1.18 m değeri girilir. Hava durumu penceresinde rüzgâr hızı kısmına 8 m/s değeri girilir. Phast programı bu rüzgâr hızı için D stabilite sınıfını seçer.

3.2.2.5. Senaryo 5

Atmosferik depo tankı sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede materyal kısmına n-hekzan kimyasalı girilir. Kütle değeri kısmına 13 253 kg değeri girilir. Sıcaklık değeri olarak 1 °C girilir. Sızıntı senaryosu sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede sızıntının gerçekleştiği deliğin çap değeri olarak 150 mm girilir.

Serbest bırakma seviyesi için 1 m, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesi için 1.99 m değeri girilir. Hava durumu penceresinde rüzgâr hızı kısmına 1.1 m/s değeri girilir. Phast programı bu rüzgâr hızı için A - B stabilite sınıfını seçer.

3.2.2.6. Senaryo 6

Atmosferik depo tankı sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede materyal kısmına n-hekzan kimyasalı girilir. Kütle değeri kısmına 13 253 kg değeri girilir. Sıcaklık değeri olarak 21 °C girilir. Sızıntı senaryosu sekmesine çift tıkladığımızda açılan pencerede sızıntının gerçekleştiği deliğin çap değeri olarak 150 mm girilir. Serbest bırakma seviyesi için 1 m, bırakma seviyesi üzerindeki sıvı seviyesi için 1.99 m değeri girilir. Hava durumu penceresinde rüzgâr hızı kısmına 8 m/s değeri girilir. Phast programı bu rüzgâr hızı için D stabilite sınıfını seçer.

4. BULGULAR

Senaryo verileri girildikten sonra verilen komutla işlenen çalışma sonucu patlama aşırı basıncı ve radyasyon etki mesafesi grafikleri ve çalışma alanındaki görüntü (GIS görüntüsü) elde edilir.

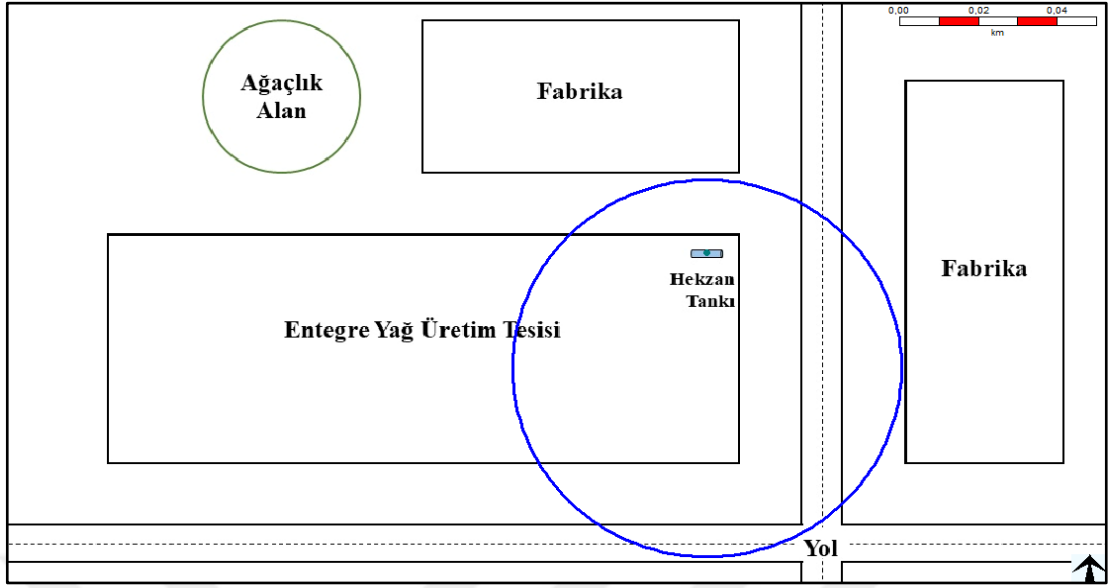
4.1. Patlama Aşırı Basıncı Etki Alanı

Aşırı basınç, normal atmosferik basıncın üstünde bir patlamanın etkisiyle oluşabilecek şok dalgasının neden olduğu basınçtır. Bu şok dalgası yapılarda ve canlılarda çeşitli zararlar meydana getirebilir (Malviya ve Rushaid, 2018). Mavi elips, patlama aşırı basıncının etki alanını gösterir.

4.1.1. Senaryo 1 patlama etki alanı

Birinci senaryo için patlama etki alanı Şekil 11’de verilmiştir. Mavi elips, Senaryo 1 için olan patlama aşırı basıncının etki alanını gösterir. Bu alan patlama aşırı basıncının 20 bar değerinde, salınım bölgesinden 30 m uzaklık mesafesinde gerçekleştiği alandır (Tablo 3). Bu aşırı basınç, patlamadan 30 m uzaklıkta yapıların ve canlıların üzerinde çeşitli zararlar meydana getirebilir.

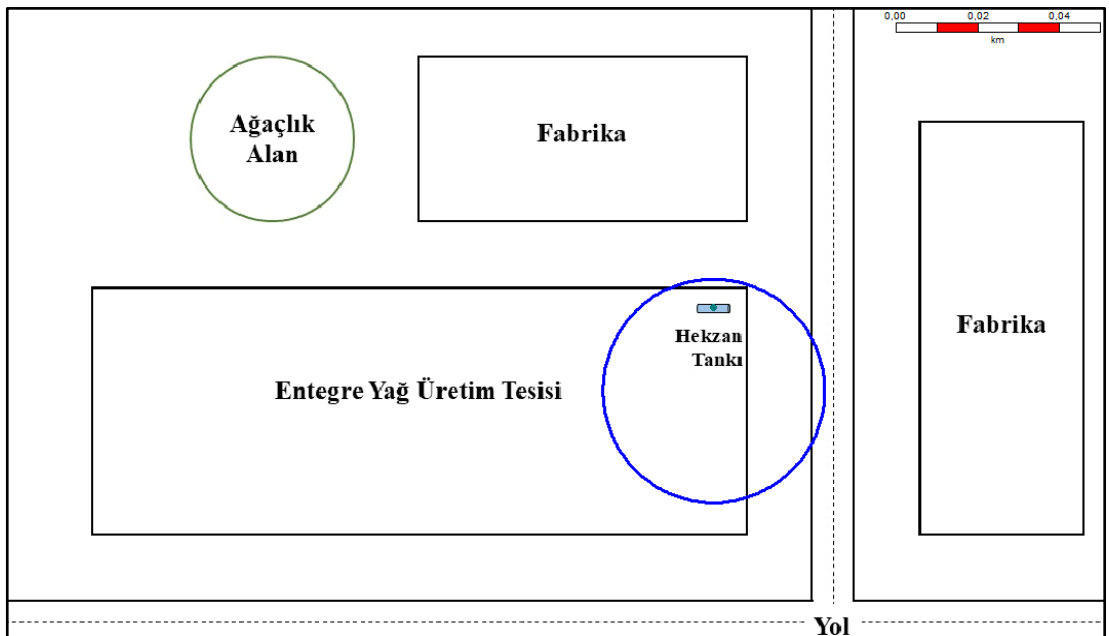
Şekil 11: Phast programı 'Senaryo 1' için hesaplama sonucu patlama etki alanı



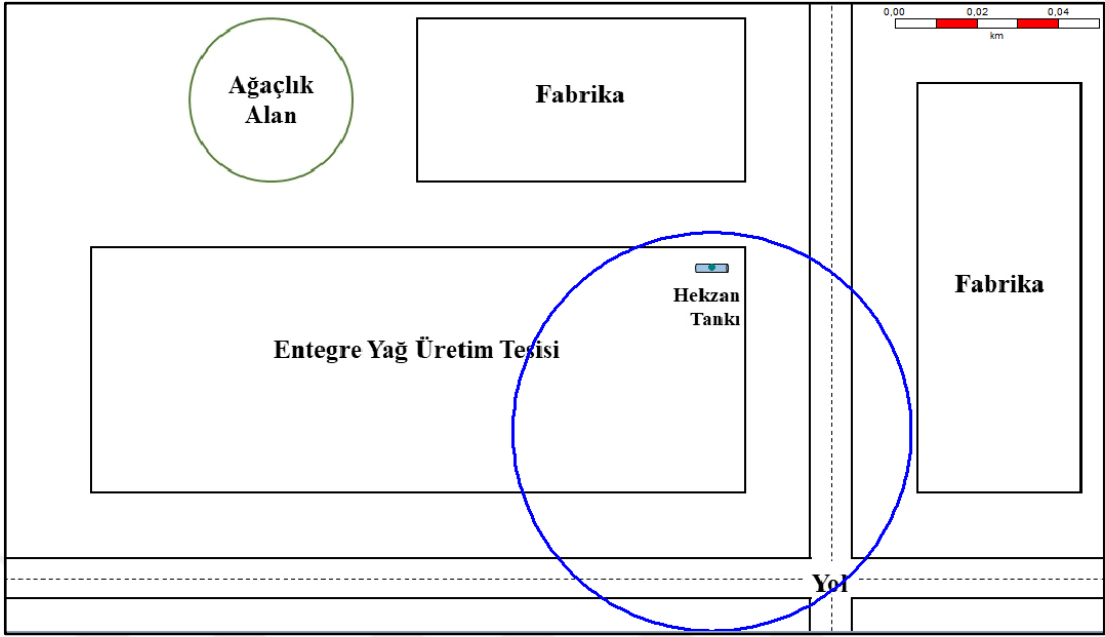
4.1.2. Senaryo 2 patlama etki alanı

İkinci senaryo için patlama etki alanı Şekil 12’de verilmiştir. Mavi elips, Senaryo 2 için olan patlama aşırı basıncının etki alanını gösterir. Bu alan patlama aşırı basıncının 20 bar değerinde, salınım bölgesinden 20 m uzaklık mesafesinde gerçekleştiği alandır (Tablo 3). Bu aşırı basınç, patlamadan 20 m uzaklıkta yapıların ve canlıların üzerinde çeşitli zararlar meydana getirebilir.

Şekil 12: Phast programı 'Senaryo 2' için hesaplama sonucu patlama etki alanı



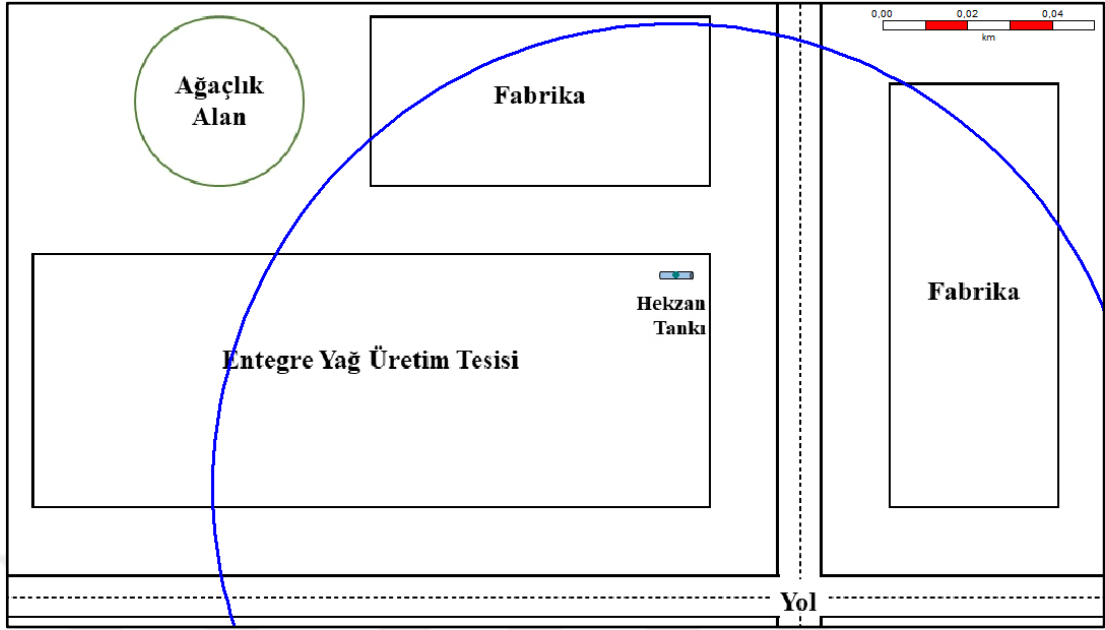
Şekil 14: Phast programı ‘Senaryo 4’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı



4.1.5. Senaryo 5 patlama etki alanı

Beşinci senaryo için patlama etki alanı Şekil 15’te verilmiştir. Mavi elips, Senaryo 5 için olan patlama aşırı basıncının etki alanını gösterir. Bu alan patlama aşırı basıncının 20 bar değerinde, salınım bölgesinden 52 m uzaklık mesafesinde gerçekleştiği alandır (Tablo 4). Bu aşırı basınç, patlamadan 52 m uzaklıkta yapıların ve canlıların üzerinde çeşitli zararlar meydana getirebilir.

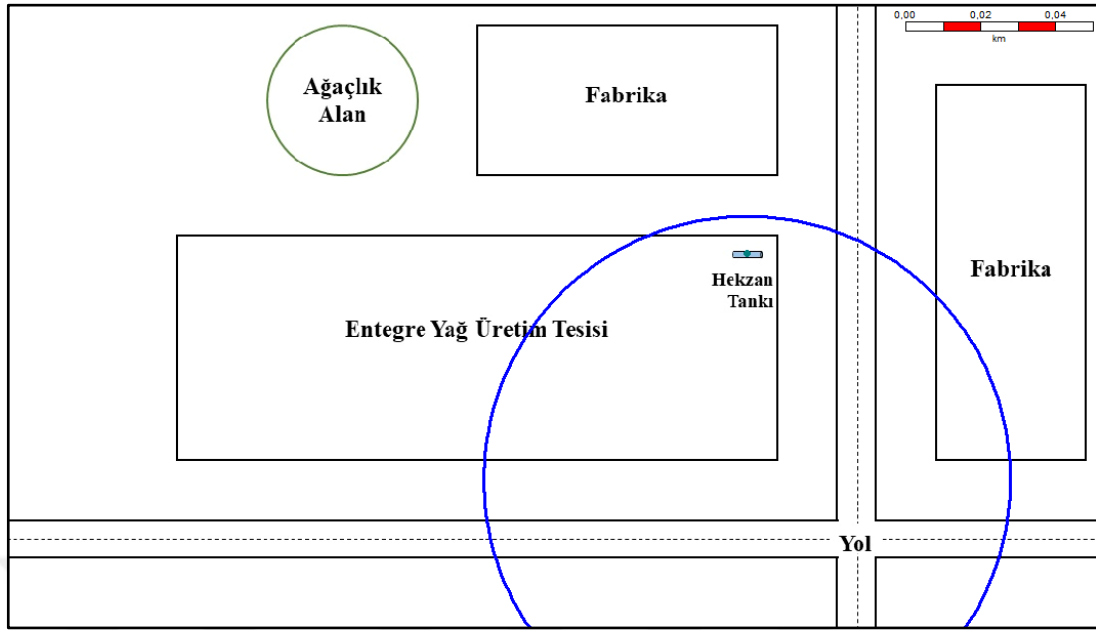
Şekil 15: Phast programı ‘Senaryo 5’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı



4.1.6. Senaryo 6 patlama etki alanı

Altıncı senaryo için patlama etki alanı Şekil 16’da verilmiştir. Mavi elips, Senaryo 5 için olan patlama aşırı basıncının etki alanını gösterir. Bu alan patlama aşırı basıncının 20 bar değerinde, salınım bölgesinden 61 m uzaklık mesafesinde gerçekleştiği alandır (Tablo 4). Bu aşırı basınç, patlamadan 61 m uzaklıkta yapıların ve canlıların üzerinde çeşitli zararlar meydana getirebilir.

Şekil 16: Phast programı ‘Senaryo 6’ için hesaplama sonucu patlama etki alanı



4.2. Patlama Termal Radyasyonu Etki Alanı

Yangının bir insan üzerindeki etkisi yanıklar şeklindedir, birinci derece, ikinci derece, üçüncü derece yanma gibi üç kategorisi vardır. Yangının etkisini hesaplarken maruz kalma süresi ve termal yoğunluk seviyesi temel hususlardır (Malviya ve Rushaid, 2018).

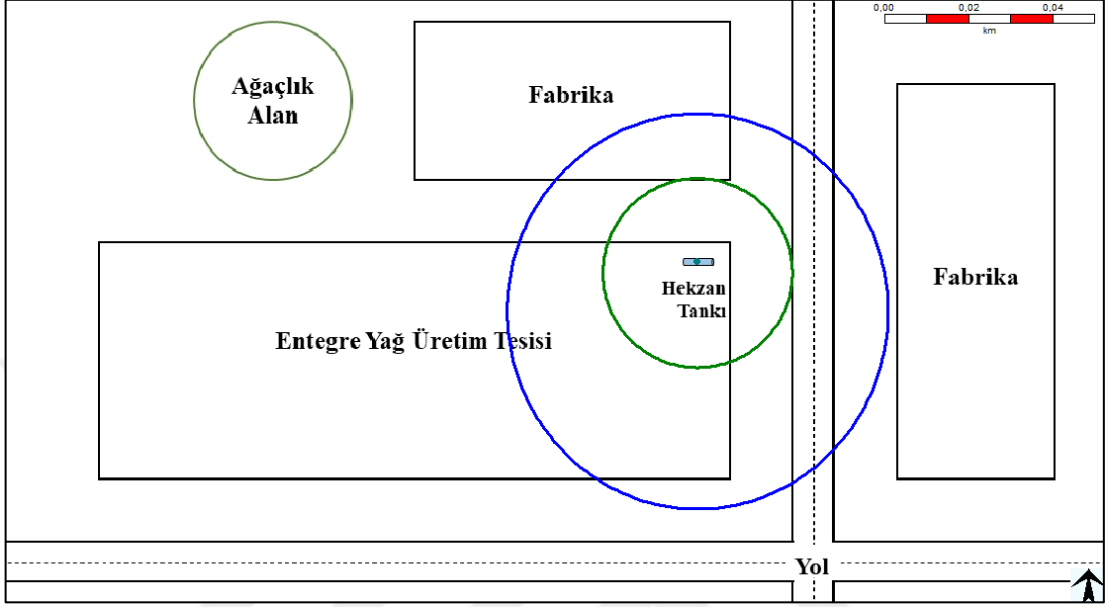
Mavi elips, salınımdaki maruziyetten sonra kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğu temsil eder. Yeşil elips ikinci derece yanıklara neden olabilecek 12.5 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğunu temsil eder. Bir kişinin 4.7 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğunda ortalama 14.5 s maruz kalmasıyla ağrı eşiğini hissedebildiği ve 12.5 kW/m^2 'lik yoğunluktaki radyasyondan etkilenen alandaki bitkilerin yanabildiği ileri sürülür (Bariha ve ark., 2016). Phast için yanıcı maddeler için maruz kalınan ortalama süre 18.75 s'dir. Plastiği eritmek için gereken minimum enerji 12.5 kW/m^2 'dir (Malviya ve Rushaid, 2018).

4.2.1. Senaryo 1 radyasyon etki alanı

Birinci senaryo için radyasyon etki alanı Şekil 17'de verilmiştir. Mavi ve yeşil elips, Senaryo 1 için olan radyasyon etki alanlarını gösterir. Mavi elips, canlılarda

kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 59 m uzaklığa ulaşır. Yeşil elips, ikinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 25 m uzaklığa ulaşır. (Tablo 6).

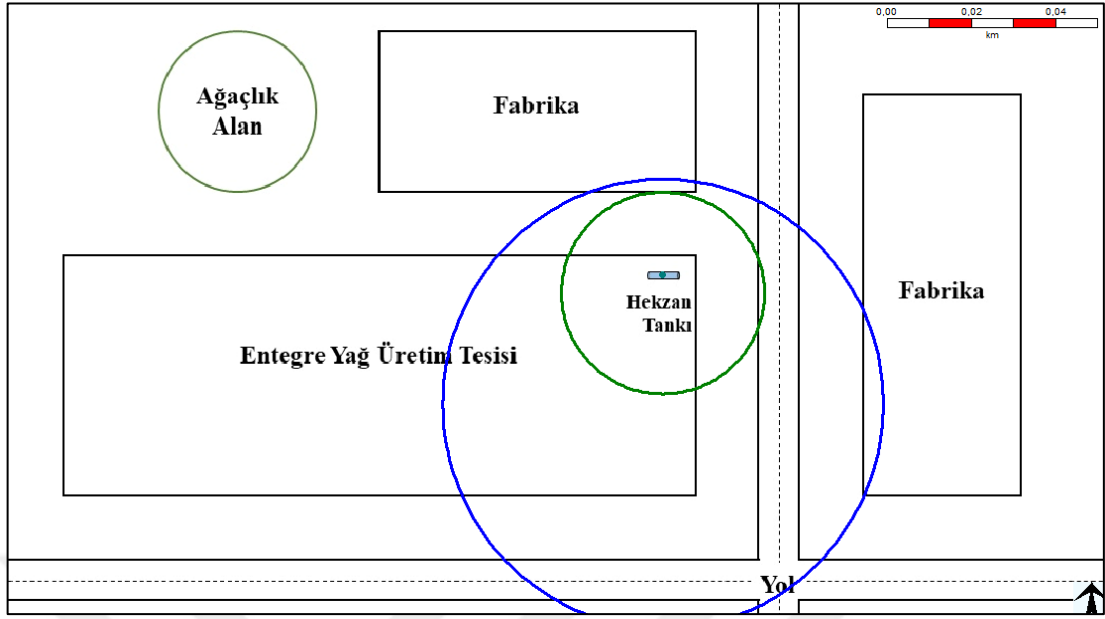
Şekil 17: Phast programı 'Senaryo 1' için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı



4.2.2. Senaryo 2 radyasyon etki alanı

İkinci senaryo için radyasyon etki alanı Şekil 18'de verilmiştir. Mavi ve yeşil elips, Senaryo 1 için olan radyasyon etki alanlarını gösterir. Mavi elips, canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 82 m uzaklığa ulaşır. Yeşil elips, ikinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m^2 'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 27 m uzaklığa ulaşır. (Tablo 6).

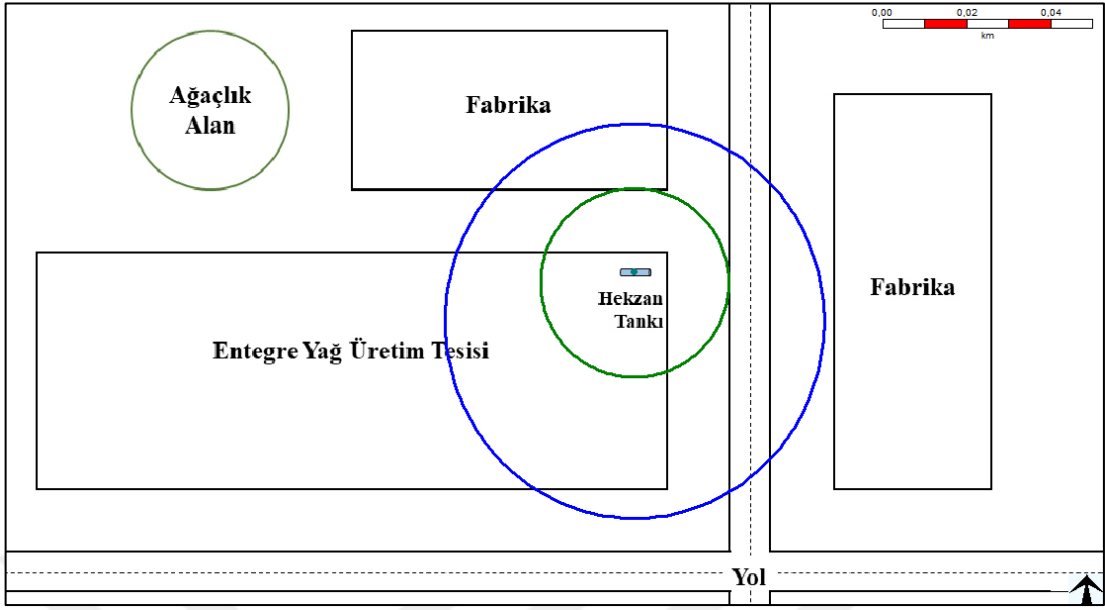
Şekil 18: Phast programı ‘Senaryo 2’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı



4.2.3. Senaryo 3 radyasyon etki alanı

Üçüncü senaryo için radyasyon etki alanı Şekil 19’da verilmiştir. Mavi ve yeşil elips, Senaryo 3 için olan radyasyon etki alanlarını gösterir. Mavi elips, canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 59 m uzaklığa ulaşır. Yeşil elips, ikinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 25 m uzaklığa ulaşır. (Tablo 6).

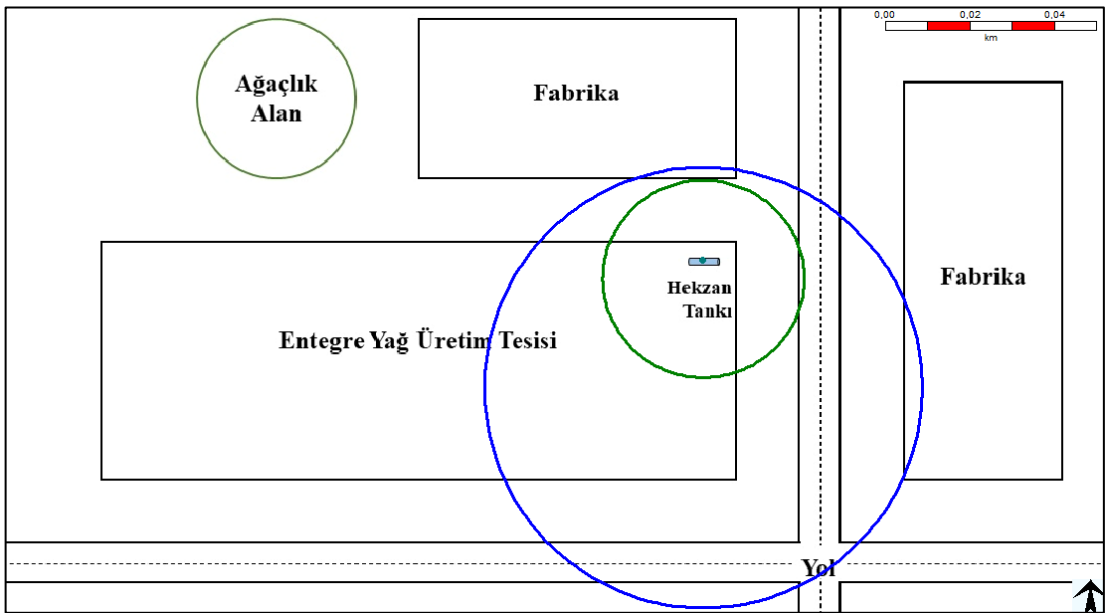
Şekil 19: Phast programı ‘Senaryo 3’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı



4.2.4. Senaryo 4 radyasyon etki alanı

Dördüncü senaryo için radyasyon etki alanı Şekil 20’de verilmiştir. Mavi ve yeşil elips, Senaryo 4 için olan radyasyon etki alanlarını gösterir. Mavi elips, canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 82 m uzaklığa ulaşır. Yeşil elips, ikinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 27 m uzaklığa ulaşır. (Tablo 6).

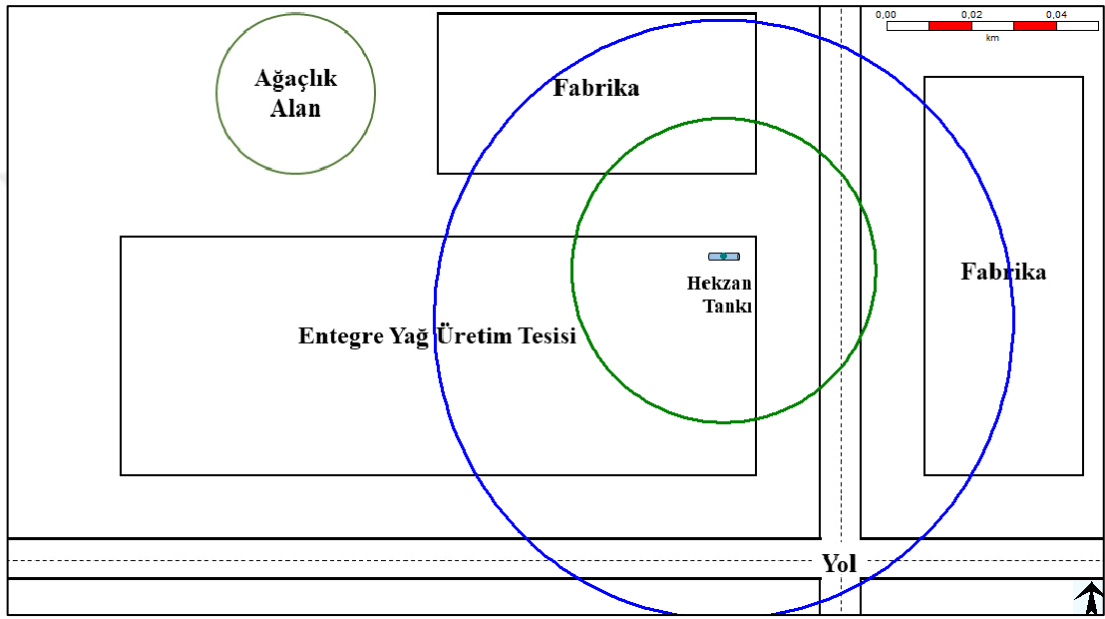
Şekil 20: Phast programı ‘Senaryo 4’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı



4.2.5. Senaryo 5 radyasyon etki alanı

Beşinci senaryo için radyasyon etki alanı Şekil 21’de verilmiştir. Mavi ve yeşil elips, Senaryo 5 için olan radyasyon etki alanlarını gösterir. Mavi elips, canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 86 m uzaklığa ulaşır. Yeşil elips, ikinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 40 m uzaklığa ulaşır. (Tablo 7).

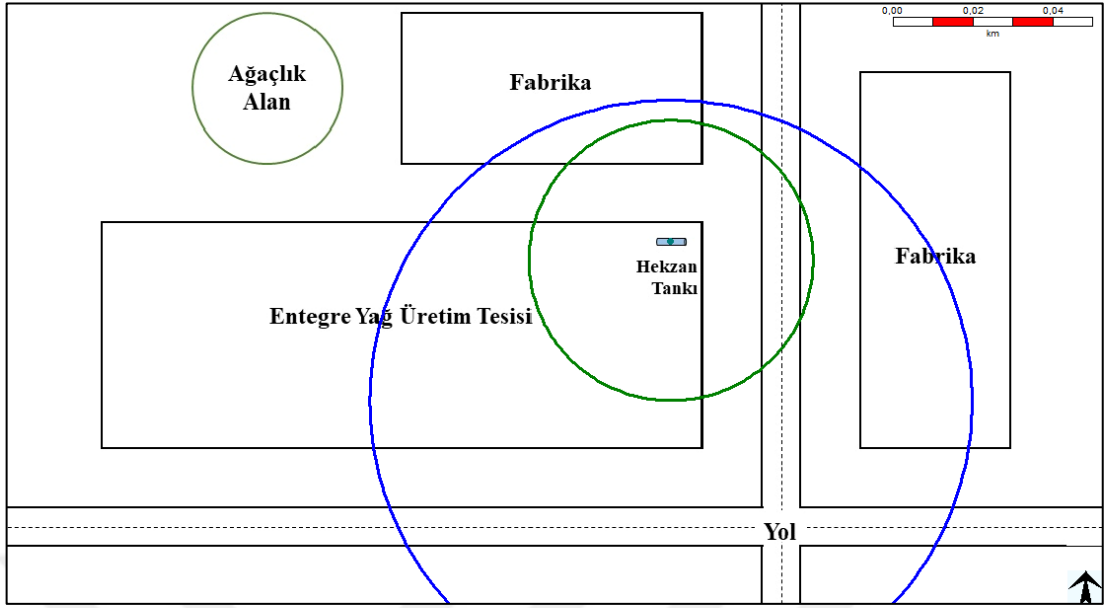
Şekil 21: Phast programı ‘Senaryo 5’ için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı



4.2.6. Senaryo 6 radyasyon etki alanı

Beşinci senaryo için radyasyon etki alanı Şekil 22’de verilmiştir. Mavi ve yeşil elips, Senaryo 6 için olan radyasyon etki alanlarını gösterir. Mavi elips, canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 115 m uzaklığa ulaşır. Yeşil elips, ikinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m^2 ’lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölgedir ve 40 m uzaklığa ulaşır. (Tablo 7).

Şekil 22: Phast programı 'Senaryo 6' için hesaplama sonucu radyasyon etki alanı



5. TARTIŞMA

Phast 8.11 programına %30 ve %80 doluluk oranlarında, 1 °C ve 21 °C sıcaklık değerlerinde ve 1.1 m/s ve 8 m/s rüzgar hızları verileri girilmiştir. Patlama gerçekleşmesi halinde oluşacak patlama aşırı basıncı etki alanı ve termal radyasyon etki alanı elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Tankta sızıntı salınımı gerçekleştikten sonra n-hekzan buharı yerde havuz oluşturarak birikir. Patlama aralığına gelene kadar belli mesafe ilerler. Hekzan buharı havadan ağır olduğu için yer hizası boyunca yatay olarak yayılır. Hava ile patlama aralığına geldiği karışımı oluşturduğunda ise yanma ve patlama gerçekleşir. Yangın, geç havuz yangını olarak gerçekleşir. Patlama için basınç değeri, atex patlamalarında 10 bar ve üzerinde ölçülür.

5.1. Aşırı Basıncın Oluştugu Mesafe İçin Rüzgâr Hızlarının Karşılaştırılması

Senaryo 1 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 3 (a)). Senaryo 2 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 3 (b)).

Senaryo 3 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 3 (c)). Senaryo 4 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 3 (d)).

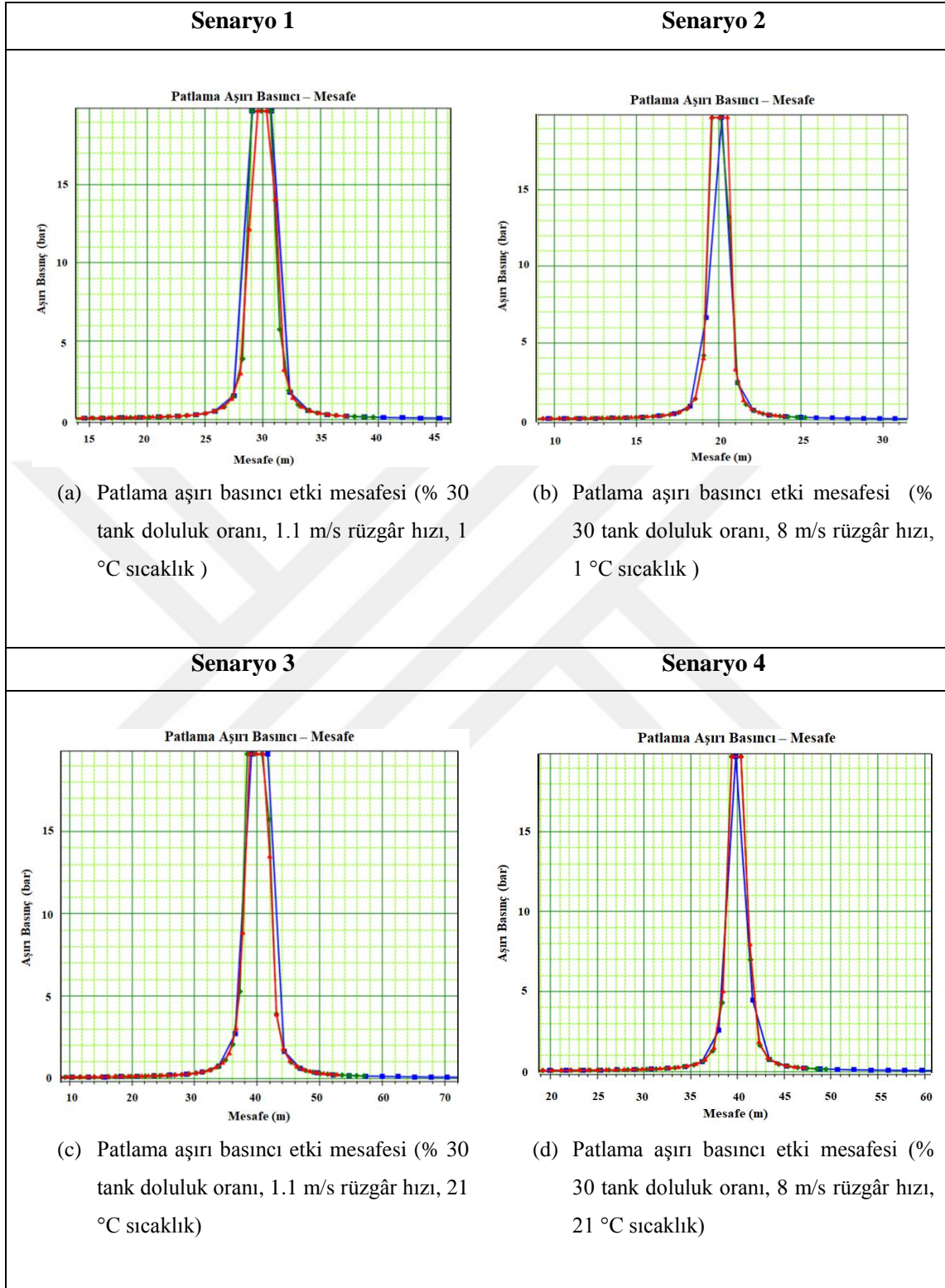
Senaryo 1'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 30 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Senaryo 2'ye göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 20 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. 'Senaryo 1' ve 'Senaryo 2' ele alındığında rüzgâr hızındaki azalmanın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, hızlı bir rüzgârın kimyasal bulutunu havada daha kısa sürede yayarak,

bulutun hava ile karışımı sonucu oluşturacağı reaksiyonun daha kısa sürede ve mesafede gerçekleşmesine olanak tanıdığını gösterir.

Senaryo 3'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 42 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Senaryo 4'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 39 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. 'Senaryo 3' ve 'Senaryo 4' ele alındığında rüzgâr hızındaki azalmanın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, hızlı bir rüzgârın kimyasal bulutunu havada daha kısa sürede yayarak, bulutun hava ile karışımı sonucu oluşturacağı reaksiyonun daha kısa sürede ve mesafede gerçekleşmesine olanak tanıdığını gösterir.

Her iki karşılaştırmada da rüzgâr hızındaki azalmanın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, hızlı bir rüzgârın kimyasal bulutunu havada daha kısa sürede yayarak, bulutun hava ile karışımı sonucu oluşturacağı reaksiyonun daha kısa sürede ve mesafede gerçekleşmesine olanak tanıdığını gösterir.

Tablo 3: Aşırı basıncın oluştuğu mesafe için rüzgâr hızlarının karşılaştırılması



5.2. Aşırı Basıncın Oluştığı Mesafe İçin Doluluk Oranlarının Karşılaştırılması

Senaryo 1 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 4 (a)). Senaryo 5 % 80 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 4 (b)).

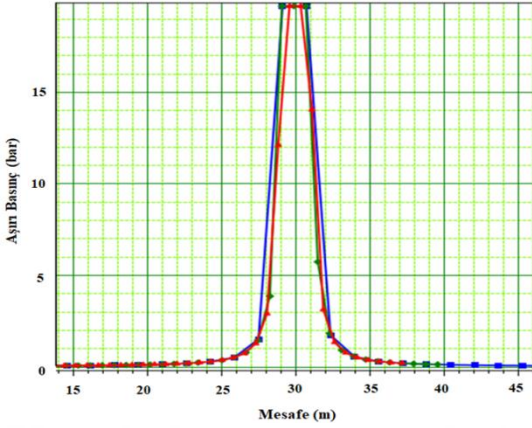
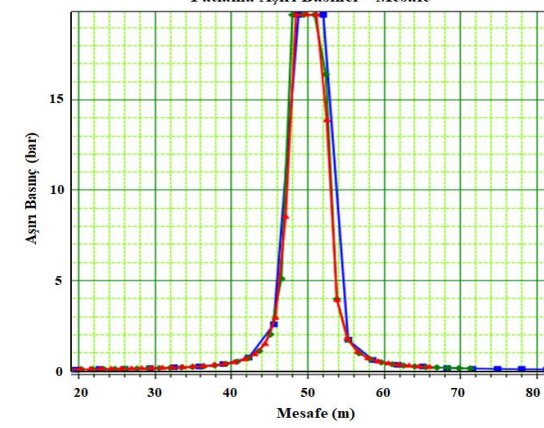
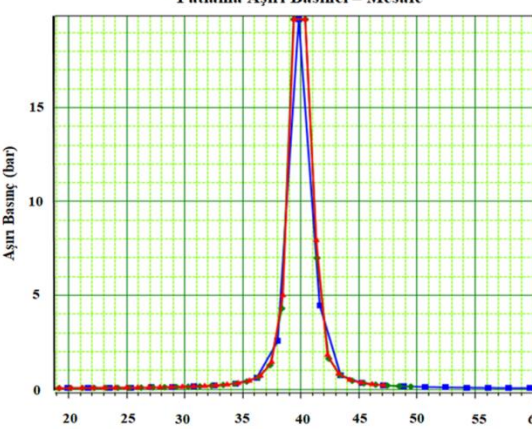
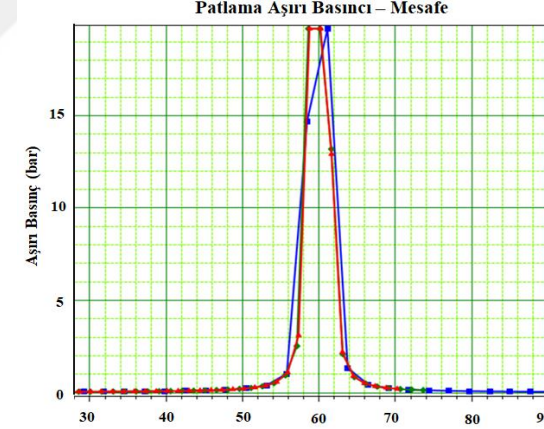
Senaryo 4 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 4 (c)). Senaryo 6 % 80 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 4 (d)).

Senaryo 1'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 30 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Senaryo 5'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 52 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. 'Senaryo 1' ve 'Senaryo 5' ele alındığında tank doluluk oranındaki artışın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, doluluk oranı fazla olan tanktaki materyalin salınım süresinin uzayacağını ve böylelikle patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafe uzaklığının artacağını gösterir.

Senaryo 4'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 39 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Senaryo 6'ya göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 61 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. 'Senaryo 4' ve 'Senaryo 6' ele alındığında tank doluluk oranındaki artışın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, doluluk oranı fazla olan tanktaki materyalin salınım süresinin uzayacağını ve böylelikle patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafe uzaklığının artacağını gösterir.

Her iki karşılaştırmada da tank doluluk oranındaki artışın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, doluluk oranı fazla olan tanktaki materyalin salınım süresinin uzayacağını ve böylelikle patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafe uzaklığının artacağını gösterir.

Tablo 4: Aşırı basıncın oluştuğu mesafe için doluluk oranlarının karşılaştırılması

| Senaryo 1 | Senaryo 5 |
|--|--|
| <p data-bbox="459 342 699 365">Patlama Aşırı Basıncı – Mesafe</p>  <p data-bbox="323 801 826 925">(a) Patlama aşırı basıncı etki mesafesi (% 30 tank doluluk oranı, 1.1 m/s rüzgâr hızı, 1 °C sıcaklık)</p> | <p data-bbox="1026 342 1265 365">Patlama Aşırı Basıncı – Mesafe</p>  <p data-bbox="898 801 1401 925">(b) Patlama aşırı basıncı etki mesafesi (% 80 tank doluluk oranı, 1.1 m/s rüzgâr hızı, 1 °C sıcaklık)</p> |
| Senaryo 4 | Senaryo 6 |
| <p data-bbox="459 1075 699 1097">Patlama Aşırı Basıncı – Mesafe</p>  <p data-bbox="323 1556 826 1680">(c) Patlama aşırı basıncı etki mesafesi (% 30 tank doluluk oranı, 8 m/s rüzgâr hızı, 21 °C sıcaklık)</p> | <p data-bbox="1026 1075 1265 1097">Patlama Aşırı Basıncı – Mesafe</p>  <p data-bbox="898 1556 1401 1680">(d) Patlama aşırı basıncı etki mesafesi (% 80 tank doluluk oranı, 8 m/s rüzgâr hızı, 21 °C sıcaklık)</p> |

5.3. Aşırı Basıncın Oluştığı Mesafe İçin Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

Senaryo 1 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 5 (a)). Senaryo 3 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 5 (b)).

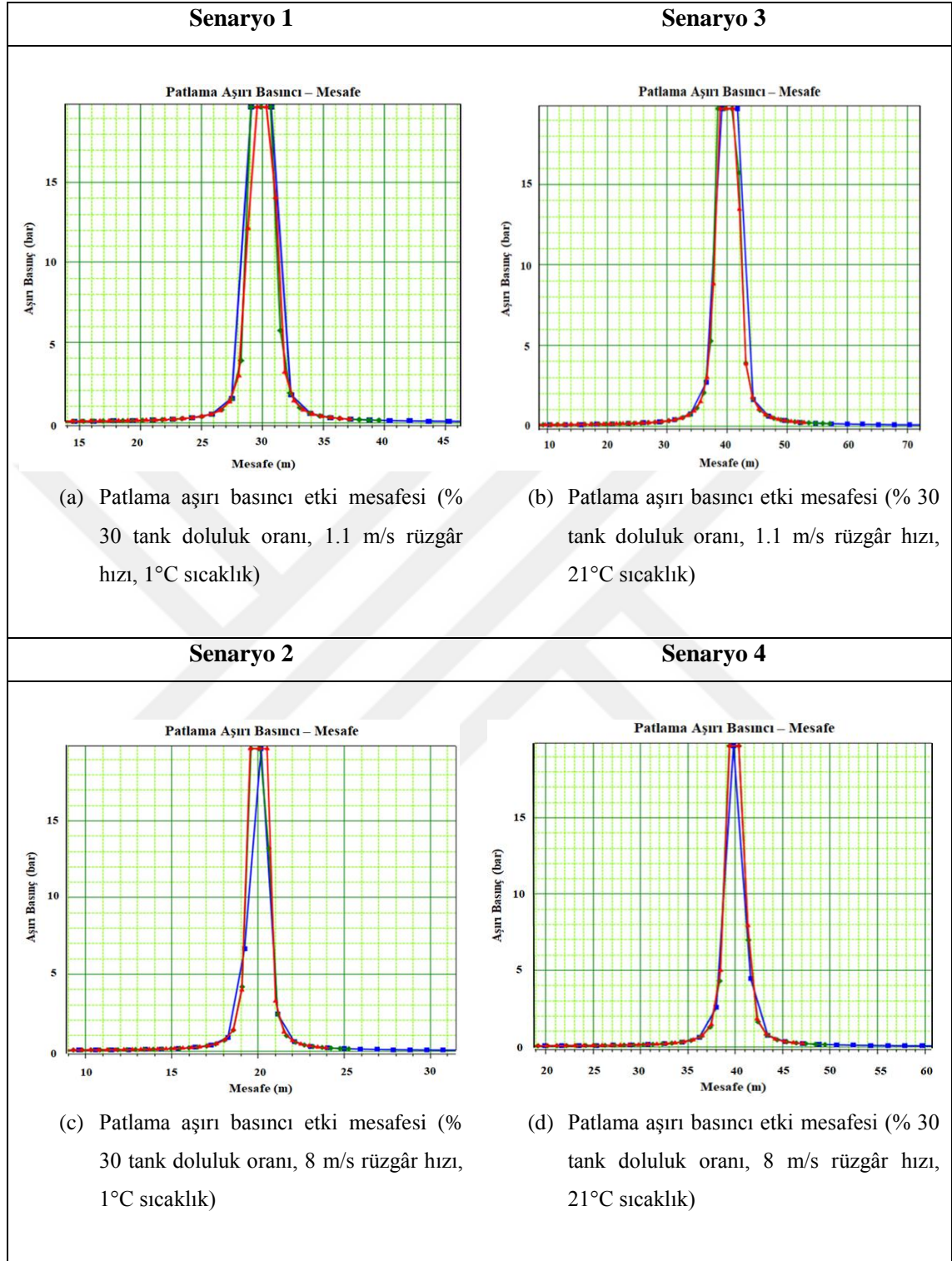
Senaryo 2 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 5 (c)). Senaryo 4 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 5 (d)).

Senaryo 1'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 30 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Senaryo 3'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 42 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. 'Senaryo 1' ve 'Senaryo 3' ele alındığında sıcaklık değerindeki artışın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, atmosfer sıcaklığının arttıkça kimyasalın buhar bulutunun genişerek daha uzak mesafeye yayılacağını ve böylelikle patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafe uzaklığının artacağını gösterir.

Senaryo 2'ye göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 20 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Senaryo 4'e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 39 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. 'Senaryo 2' ve 'Senaryo 4' ele alındığında sıcaklık değerindeki artışın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, atmosfer sıcaklığının arttıkça kimyasalın buhar bulutunun genişerek daha uzak mesafeye yayılacağını ve böylelikle patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafe uzaklığının artacağını gösterir.

Her iki karşılaştırmada da sıcaklık değerindeki artışın patlama aşırı basıncının meydana geldiği mesafeyi arttırdığı görülür. Bu, atmosfer sıcaklığının arttıkça kimyasalın buhar bulutunun genişerek daha uzak mesafeye yayılacağını ve böylelikle patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafe uzaklığının artacağını gösterir.

Tablo 5: Aşırı basıncın oluştuğu mesafe için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması



5.4. Radyasyon Etki Mesafeleri İçin Rüzgâr Hızlarının Karşılaştırılması

Senaryo 1 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini verir (Tablo 6 (a)). Senaryo 2 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini verir (Tablo 6 (b)).

Senaryo 3 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini (Tablo 6 (c)). Senaryo 4 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 6 (d)).

Senaryo 1'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 59 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 25 m uzaklığa ulaşır. Senaryo 2'ye göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 82 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 27 m uzaklığa ulaşır. 'Senaryo 1' ve 'Senaryo 2' ele alındığında rüzgâr hızındaki artışın radyasyon etki bölgelerindeki mesafe değerlerini arttırdığı görülür. Bu, hızı fazla olan rüzgârın salınan materyali daha uzak mesafelere taşıyacağını ve böylelikle radyasyon etkisinin daha uzak bir noktaya erişeceğini gösterir.

Senaryo 3'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 59 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 25 m uzaklığa ulaşır. Senaryo 4'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 82 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 27 m uzaklığa ulaşır. 'Senaryo 3' ve 'Senaryo 4' ele alındığında rüzgâr hızındaki artışın radyasyon etki bölgelerindeki mesafe değerlerini arttırdığı görülür. Bu, hızı fazla olan rüzgârın salınan materyali daha uzak mesafelere taşıyacağını ve böylelikle radyasyon etkisinin daha uzak bir noktaya erişeceğini gösterir.

Her iki karşılaştırmada da rüzgâr hızındaki artışın radyasyon etki bölgelerindeki mesafe değerlerini arttırdığı görülür. Bu, hızı fazla olan rüzgârın salınan materyali daha uzak mesafelere taşıyacağını ve böylelikle radyasyon etkisinin daha uzak bir noktaya erişeceğini gösterir.

- Isı Enerjisi:

$$\Phi_{cs} = m_w * c_p * (\theta_V - \theta_R) \text{ (Baytorun ve Doğan, 2018).}$$

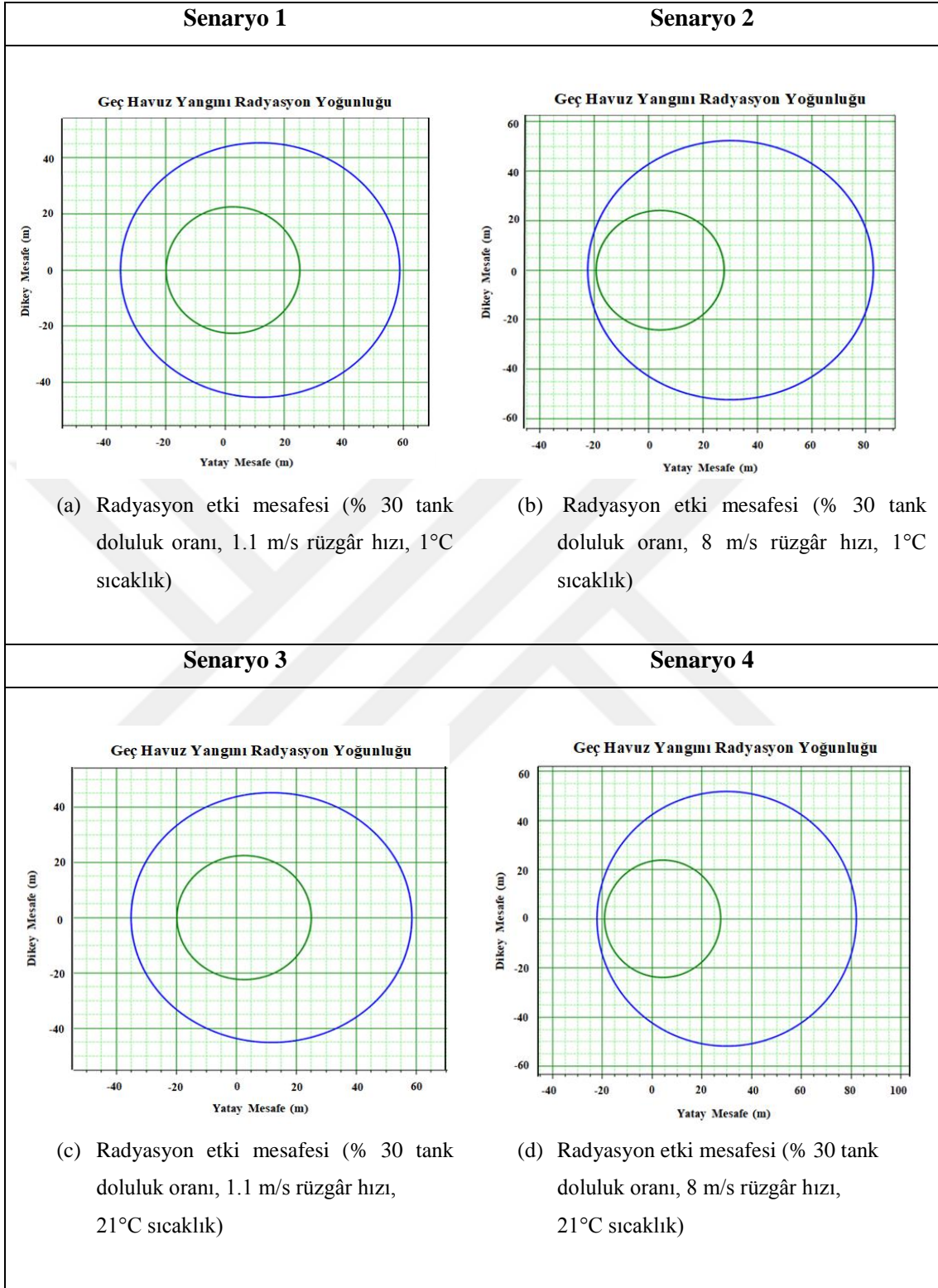
- Isı Gereksinimi Katsayısı:

$$U_{cs} = U_T + v_w * b$$

$$U_{cs} = \frac{\sum^{Gece} \Phi_{cs}}{A_{H*}(\theta_i - \theta_e)*t} \text{ (Baytorun ve Doğan, 2018).}$$

Eşitliklerde; ‘ v ’ rüzgâr hızıdır (m/s), ‘ Φ ’ ısı enerjisidir (kW), ‘ m ’ kütledir (kg/s), ‘ θ ’ sıcaklıktır. ‘ U ’ ısı gereksinimi katsayısıdır (W.m²/K). Bu eşitliklere göre rüzgâr hızındaki artış ısı gereksinim katsayısındaki artışa ve dolayısıyla ısı enerjisindeki artışa neden olmaktadır. Böylece termal radyasyon etki alanı artar.

Tablo 6: Radyasyon etki mesafeleri için rüzgâr hızlarının karşılaştırılması



5.5. Radyasyon Etki Mesafeleri İçin Doluluk Oranlarının Karşılaştırılması

Senaryo 1 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini verir (Tablo 7 (a)). Senaryo 5 % 80 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini verir (Tablo 7 (b)).

Senaryo 4 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 7 (c)). Senaryo 6 % 80 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 7 (d)).

Senaryo 1'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 59 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 25 m uzaklığa ulaşır. Senaryo 5'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 86 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 40 m uzaklığa ulaşır. 'Senaryo 1' ve 'Senaryo 5' ele alındığında tank doluluk oranlarındaki artışın radyasyon etki bölgelerindeki mesafe değerlerini arttırdığı görülür. Bu, salınan kimyasal miktarının artmasıyla salınımdan sonra yer boyunca daha uzak mesafeye yayılacağını ve böylelikle radyasyon etkisinin daha uzak bir noktaya erişeceğini gösterir.

Senaryo 4'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 82 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 27 m uzaklığa ulaşır. Senaryo 6'ya göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 115 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 40 m uzaklığa ulaşır. 'Senaryo 4' ve 'Senaryo 6' ele alındığında tank doluluk oranlarındaki artışın radyasyon etki bölgelerindeki mesafe değerlerini arttırdığı görülür. Bu, salınan kimyasal miktarının artmasıyla salınımdan sonra yer boyunca daha uzak mesafeye yayılacağını ve böylelikle radyasyon etkisinin daha uzak bir noktaya erişeceğini gösterir.

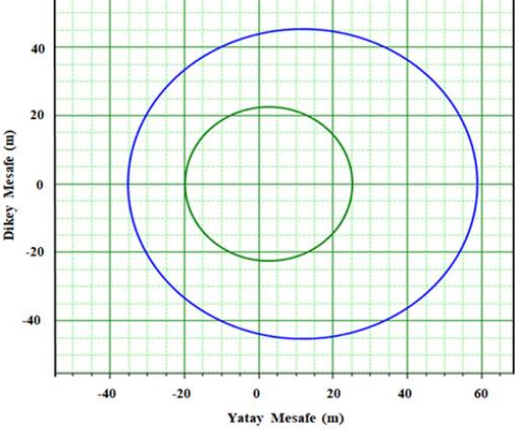
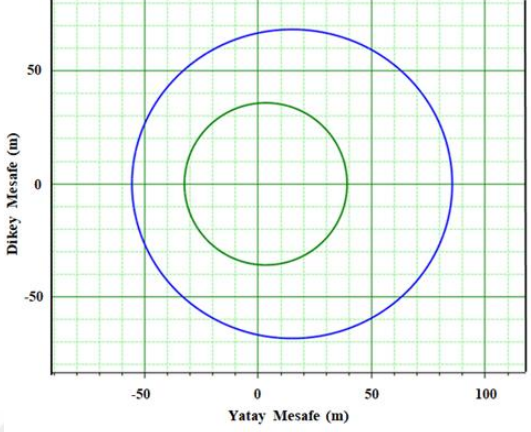
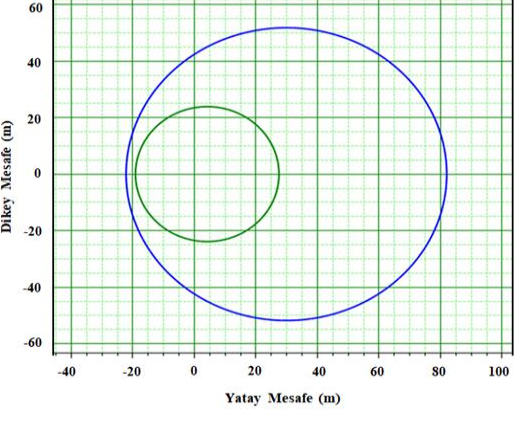
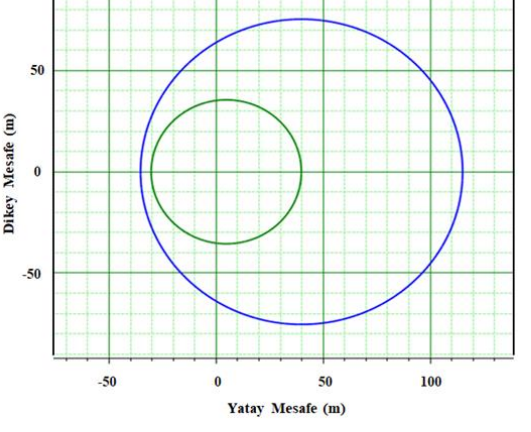
Her iki karşılaştırmada da tank doluluk oranlarındaki artışın radyasyon etki bölgelerindeki mesafe değerlerini arttırdığı görülür. Bu, salınan kimyasal miktarının artmasıyla salınımdan sonra yer boyunca daha uzak mesafeye yayılacağını ve böylelikle radyasyon etkisinin daha uzak bir noktaya erişeceğini gösterir.

- Isı Enerjisi:

$$\Phi_{cs} = m_w * c_p * (\theta_V - \theta_R) \quad (\text{Baytorun ve Doğan, 2018}).$$

Eşitlikte; ' Φ ' ısı enerjisidir (kW), ' m ' kütlelerdir (kg/s), ' θ ' sıcaklıktır ($^{\circ}\text{C}$). Bu eşitliklere göre artan kütle miktarı ısı enerjisinin artmasına neden olur. Böylece termal radyasyon etki alanı artar.

Tablo 7: Radyasyon etki mesafeleri için tank doluluk oranlarının karşılaştırılması

| Senaryo 1 | Senaryo 5 |
|--|---|
| <p data-bbox="384 353 759 383">Geç Havuz Yangını Radyasyon Yoğunluğu</p>  <p data-bbox="327 842 767 965">(a) Radyasyon etki mesafesi (% 30 tank doluluk oranı, 1.1 m/s rüzgâr hızı, 1°C sıcaklık)</p> | <p data-bbox="938 353 1342 383">Geç Havuz Yangını Radyasyon Yoğunluğu</p>  <p data-bbox="890 842 1394 965">(b) Radyasyon etki mesafesi (% 80 tank doluluk oranı, 1.1 m/s rüzgâr hızı, 1°C sıcaklık)</p> |
| Senaryo 4 | Senaryo 6 |
| <p data-bbox="392 1137 751 1167">Geç Havuz Yangını Radyasyon Yoğunluğu</p>  <p data-bbox="327 1603 767 1727">(c) Radyasyon etki mesafesi (% 30 tank doluluk oranı, 8 m/s rüzgâr hızı, 21°C sıcaklık)</p> | <p data-bbox="954 1126 1313 1155">Geç Havuz Yangını Radyasyon Yoğunluğu</p>  <p data-bbox="890 1615 1342 1738">(d) Radyasyon etki mesafesi (% 80 tank doluluk oranı, 8 m/s rüzgâr hızı, 21°C sıcaklık)</p> |

5.6. Radyasyon Etki Mesafeleri İçin Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

Senaryo 1 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini verir (Tablo 8 (a)). Senaryo 3 % 30 tank doluluk oranında, 1.1 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini (Tablo 8 (b)).

Senaryo 2 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 1 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde radyasyon etki mesafelerini verir (Tablo 8 (c)). Senaryo 4 % 30 tank doluluk oranında, 8 m/s rüzgâr hızında, 21 °C sıcaklık değerinde sızıntı sonucu patlama gerçekleşmesi halinde patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi verir (Tablo 8 (d)).

Senaryo 1'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 59 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 25 m uzaklığa ulaşır. Senaryo 3'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 59 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 25 m uzaklığa ulaşır. 'Senaryo 1' ve 'Senaryo 3' ele alındığında sıcaklık değerindeki değişimin radyasyon etki bölgelerindeki mesafe üzerinde bir rolünün olmadığı görülür.

Senaryo 2'ye göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 82 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 27 m uzaklığa ulaşır. Senaryo 4'e göre canlılarda kabarma ağrısına neden olan 4 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 82 m uzaklığa ulaşır. İkinci derece yanıklara neden olan 12.5 kW/m²'lik termal radyasyon yoğunluğuna sahip bölge 27 m uzaklığa ulaşır. 'Senaryo 2' ve 'Senaryo 4' ele alındığında sıcaklık değerindeki değişimin radyasyon etki bölgelerindeki mesafe üzerinde bir rolünün olmadığı görülür.

Her iki karşılaştırmada da sıcaklık değerindeki değişimin radyasyon etki bölgelerindeki mesafe üzerinde bir rolünün olmadığı görülür.

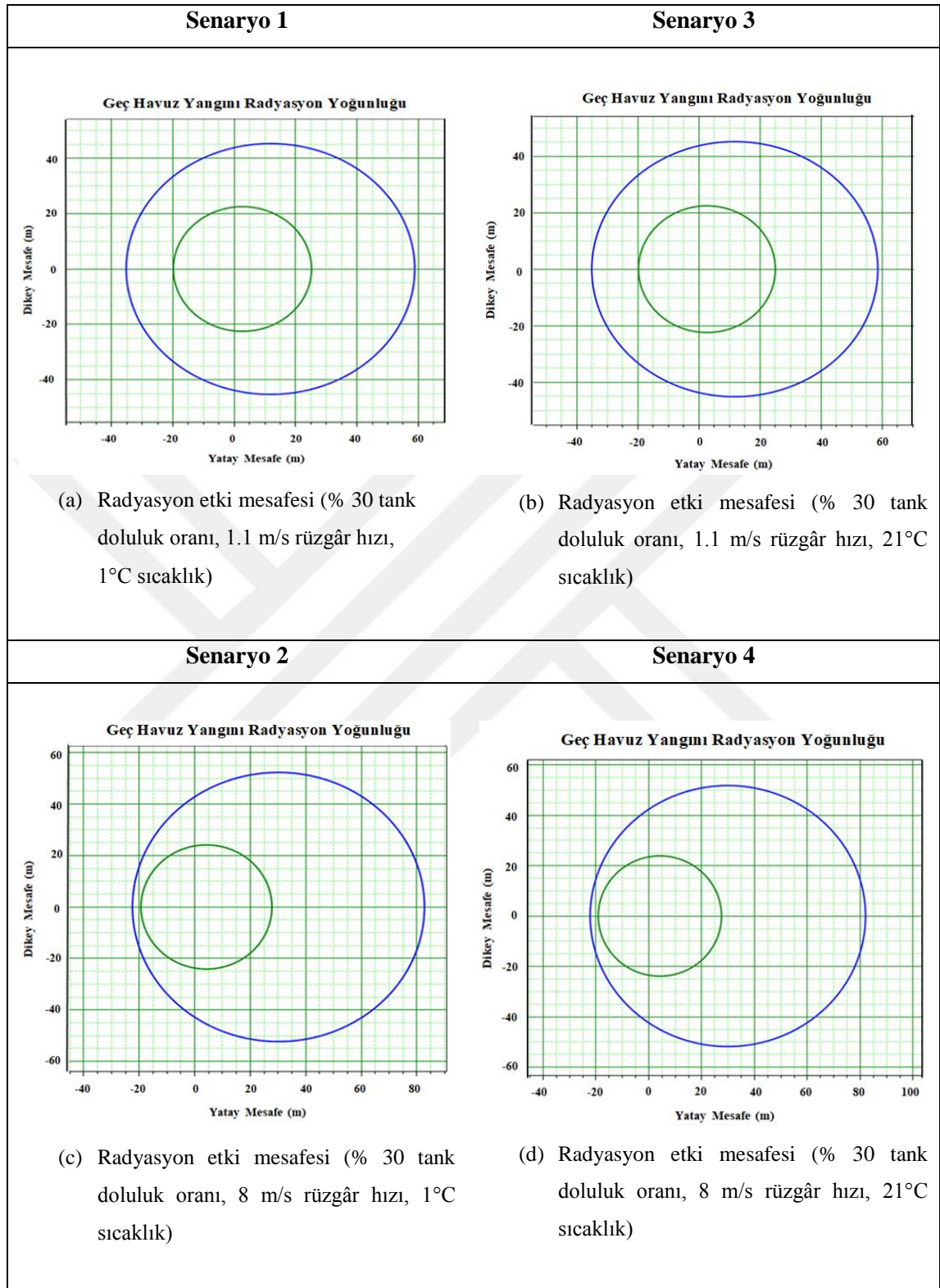
- Isı Enerjisi:

$$\Phi_{cs} = m_w * c_p * (\theta_V - \theta_R) \quad (\text{Baytorun ve Doğan, 2018}).$$

Eşitlikte; ' Φ ' ısı enerjisidir (kW), ' m ' kütledir (kg/s), ' θ ' sıcaklıktır (°C). Bu eşitliklere göre değişmeyen ortam sıcaklığı farkı ısı enerjisine etki etmez. Böylece ortam sıcaklık değerleri baz alınarak yapılan karşılaştırmada termal radyasyon etki alanında sıcaklık değerinin bir etkisi olmadığı gırülür.



Tablo 8: Radyasyon etki mesafeleri için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bitkisel yağ sanayiinde ekstraksiyon işleminde kullanılan kimyasal olan n-hekzanın iş sağlığı ve güvenliği açısından yangın ve patlama için bir tehlike olduğu vurgulanmıştır. Tehlike bölge mesafelerinde ve elde edilen sonuçlarda rüzgâr hızı, tank doluluk oranı ve sıcaklık değeri etkileri vurgulanmıştır.

‘Tablo 3’, ‘Tablo 4’ ve ‘Tablo 5’ ele alındığında rüzgâr hızının azalmasının, tank doluluk oranının ve sıcaklık değerinin artmasının patlama aşırı basıncının gerçekleşeceği mesafeyi arttırdığı tespit edilmiştir.

‘Tablo 6’, ‘Tablo 7’ ve ‘Tablo 8’ ele alındığında rüzgâr hızı ve tank doluluk oranı değerlerinin artmasının radyasyon etki mesafelerini arttırdığı görülmüştür. Sıcaklık değerinin termal radyasyon değerine etkisi bulunmamaktadır.

- Hesaplamalara göre olası kaza durumunda patlama basıncı 20 bar değerini gösterir. Bu sebeple hekzan tankı yerüstünde ve açıkta depolanmalıdır. Aksi halde kapalı alan olan yakın bölgesine yıkıcı etki yapabilir.
- Rüzgâr hızının artması, patlama aşırı basıncı etki alanını azaltır ve radyasyon için etki alanının en uzak mesafeye ulaşmasına sebep olur. Bu sebeple tank konumlandırılması yapılırken rüzgâr hızının çok düşük ve çok yüksek olduğu bölgeler seçilmemelidir.
- Tank doluluk oranının artmasıyla patlama aşırı basıncının etki alanı ve radyasyon etki alanı artıyor. Bu durumda tank doluluk oranı için yüksek değerler olası kazanın etki mesafesini arttıracaktır. Bunun için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Sıcaklığın artması patlama aşırı basıncı için etki alanının en uzak mesafeye ulaşmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple tank konumlandırılması yapılırken atmosfer sıcaklığının en düşük olduğu yer seçilmelidir.
- Phast programı gibi coğrafi bilgi sistemi temelli kantitatif risk analiz yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılarak olası bir kaza halinde olabilecekler değerlendirilmelidir ve veriler karşılaştırılmalıdır. Bu bilgiler ışığında çalışanlar bilgilendirilmelidir.
- Tank doluluk oranının artması patlamanın aşırı basınç mesafesini artırır. Patlama aşırı basıncı etki alanı mesafesi için en ideal senaryo %30 doluluk

oranına, 1.1 m/s rüzgâr hızına ve 1 °C sıcaklığa sahip olan senaryo olan ‘Senaryo 2’dir. Senaryo 2’e göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 20 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Tank doluluk oranı kriteri baz alındığında patlama etkilerinin en kısa alana yayılacağı senaryo için tank konumlandırılması yaparken en az 20 m mesafede bir yapılanmanın bulunmaması gerekir.

- Sıcaklık değerinin artması patlamanın aşırı basınç etki mesafesini arttırır. Patlama aşırı basıncı etki alanı mesafesi için en ideal senaryo %30 doluluk oranına, 8 m/s rüzgâr hızına ve 1 °C sıcaklığa sahip olan senaryo olan ‘Senaryo 2’dir. Senaryo 2’ye göre patlama aşırı basıncı salınım bölgesinden 20 m uzaklık mesafesinde gerçekleşmiştir. Aşırı basınç değeri ise 20 bardır. Sıcaklık kriteri baz alındığında patlama etkilerinin en kısa alana yayılacağı senaryo için tank konumlandırılması yaparken en az 20 m mesafede bir yapılanmanın bulunmaması gerekir.
- Tüm bu değerler karşılaştırıldığında patlama etkilerinin en kısa alana yayılacağı senaryo için tank konumlandırılması yaparken en az 20 m mesafede bir yapılanmanın bulunmaması gerekir.
- Tankta meydana gelecek sızıntı sonucu buharı havadan ağır olan hekzan yerde birikecektir. Geç havuz yangınına sebep olacak bu durum için gaz dedektörü yerde konumlandırılmalıdır. Tank içi en yüksek patlama basıncına uygun inşa edilmelidir. Olası patlama durumunda patlamanın basıncını düşük riskli bölgeye yönlendirme amaçlı patlama tahliye kapakları, basınç emniyet valfleri tasarlanmalıdır. Yırtılmanın, bilinçli olarak zayıf tasarlanan bu bölgeden gerçekleşerek basıncın bu yöne akması sağlanmalıdır. Bu önlemleri değerlendirirken tüm yanıcı maddeler için patlama basınç artış hızı (dP/dt) standart olarak alınmalıdır (Çiftçioğlu ve ark., 2019).
- Sızıntı sonrası kimyasalın birikeceği ve yayılacağı zemin çukur oluşumuna elverişli olmayacak şekilde, kimyasalın bu çukurlarda birikmesini önleyecek şekilde düz olmalıdır.
- Tehlike bölgelerine solvent buhar limitlerini algılayan ve olası birikme durumunda otomatik ikaz verip sistemi devreden çıkarabilen gaz dedektörleri (LEL dedektörleri), olası yangının başlangıç seviyesini algılayan alev-ısı

dedektörleri tesis edilmelidir. Solvent yanıcı madde olduğu için söndürmede gazlı ve köpüklü sistem tertip edilmelidir (Akkoyun, 2013).



KAYNAKLAR

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 28 339, 30/06/2012.

ADR, (2017), <https://adrbook.com/tr/2017/ADR/4.2.1.9.6>, Erişim: 22/08/2019.

AKKOYUN, M., (2013), Gıda Sektöründe Yer Alan İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları, <https://docplayer.biz.tr/17420912-Gida-sektorunde-yer-alan-isyerlerinde-is-sagligi-ve-guvenligi-uygulamalari.html>, Erişim: 22/08/2019.

ARCUMSOFT, (2019), <http://www.arcumsoft.com/images/Phast.pdf>, Erişim: 22/08/2019.

ATEX Guidelines, European Commission Enterprise and Industry, 3rd Edition, June 2009.

BARİHA, N., MİSHRA, I.M. and SRİVASTAVA, V.C., (2016), Fire and explosion hazard analysis during surface transport of liquefied petroleum gas (LPG): A case study of LPG truck tanker accident in Kannur, Kerala, India, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, s.: 449-460.

BAŞOĞLU, F., (2017), Yemeklik Yağ Teknolojisi, Bursa: Dora Yayınları, 5. Baskı, s.:111-133.

BAYTORUN, A.N., DOĞAN G.Ç., (2018), Isı Korumalı Modern Seralarda Üretici Koşullarında Toplam Isı Gereksinim Katsayısının Belirlenmesi, <http://fbe.cu.edu.tr/tr/makaleler/2017/ISI%20KORUMALI%20MODERN.pdf> , Erişim: 22/08/2019.

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 26735, 19/12/2007.

Concrete Services, (2015), Calculation of the amount of cement, sand and gravel for making concrete, <http://www.zhitov.ru/tr/tank1>, Erişim: 20/03/2019.

CSB, (2008), Barton Solvents Static Spark Ignites Explosion Inside Flammable Liquid Storage Tank, <https://www.csb.gov/barton-solvents-explosions-and-fire/>, Erişim: 22/08/2019.

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, 28 633, 30/04/2013.

ÇİFTÇİOĞLU, G.A., KADIRGAN, M.A.N. ve MEVLEVİOĞLU, U., (2019), Kimya Endüstrilerinde Patlama ve Yangınların Önlenmesi ile İlgili Vaka Çalışması, <https://dergipark.org.tr/download/article-file/693930> , Erişim: 22/08/2019.

EKONORM, (2013), Küçükbaş Yağ ve Deterjan Sanayi A.Ş. Entegre Yağ Üretim Tesisi Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu, Ankara.

ERFA, M.A., (2007), Ham ve Rafine Ayçiçeği Yağı Üretiminde TS EN ISO 22000 Gıda Güvenliği Sisteminin Kurulması, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi.

GÖKALP, H.Y., NAS, S. ve ÜNSAL, M., (2001), Bitkisel Yağ Teknolojisi, Denizli: Mühendislik Fakültesi Matbaası, 5. Baskı, s.:78-113.

İNCE, A., (2012), ATEX Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB Yayın No: SK72011/10, Ankara, s.:57-60.

KARAHASANOĞLU, Y., (2008), Bitkisel Yağ Tesislerinde Ortam Havasındaki N-Hekzan, Toz ve Termal Konfor Değerlerinin Belirlenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.

Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 28 733, 12/08/2013.

MALVİYA, R.K., RUSHAİD, M., (2018), Consequence Analysis of LPG Storage Tank, *Materials Today: Proceedings 5*, s.:4359–4367.

MERCK, (2017), http://www.merckmillipore.com/TR/tr/product/msds/MDA_CHEM-104368?Origin=PDP, Erişim: 22/08/2019.

ÖNER, A, (2009), Yanıcı/Parlayıcı Sıvı Depolanan Binalarda Yangın Güvenliği ve Söndürme Sistemleri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 14, Sayı 1, Bursa, s.: 55-65.

PHAST 8.11 version, (2018), Technical Documentation, DNV Software, Vivo Building, 30 Stamford Street, South Bank, London SE1 9LQ, UK.

TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi , (2019), Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2018 Raporu, http://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/d3a6710961107a5_ek.pdf?tipi=2&turu=H&sube=7, Erişim: 22/08/2019.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin ve Gıda Bileşenlerinin Üretiminde Kullanılan Ekstraksiyon Çözücülerine Tebliği, 28 739, 18/08/2013.