

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Safa EFENDİOĞLU

MODÜLER DEPOLAR VE MODÜLER DEPOLARDA
TESİS YER SEÇİM PROBLEMLERİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN

İSTANBUL, Temmuz 2024

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Safa EFENDİOĞLU
213003024

MODÜLER DEPOLAR VE MODÜLER DEPOLARDA
TESİS YER SEÇİM PROBLEMLERİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN

İSTANBUL, Temmuz 2024

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Safa EFENDİOĞLU
(213003024)

MODÜLER DEPOLAR VE MODÜLER DEPOLARDA
TESİS YER SEÇİM PROBLEMLERİ

Tezin Enstitüye Teslim Edildiği Tarih : 13.07.2024

Tezin Savunulduğu Tarih : 26.07.2024

Tez Danışmanı :Prof. Dr. Ali KAHRİMAN

Diğer Jüri Üyeleri :Prof. Dr. Ali KAHRİMAN

Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Sadettin BAĞDATLI

İSTANBUL, Temmuz 2024

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi, tecrübe ve değerli katkılarıyla bana yön veren tez danışmanım Prof. Dr. Ali KAHRİMAN hocama ve tez çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen diğer öğretim görevlisi hocalarıma ayrı ayrı teşekkür ederim. Bu süreçte hem meslektaşım hem de sınıf arkadaşım olan değerli silah arkadaşlarıma katkılarından ve olumlu fikirlerinden dolayı teşekkür ederim. Tüm bu sürecin başarılı olarak tamamlanmasına olan inancı ile beni devamlı motive ederek başarıyla sonuca ulaşmamda çok büyük emeği olan sevgili eşim Kader EFENDİOĞLU'na ve hayattaki en büyük şansım aileme gösterdikleri destek ve sabır için sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz,2024

Safa EFENDİOĞLU

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖNSÖZ	i
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
SEMBOLLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. PATLAYICI MADDE.....	2
2.1. PARLAMA, PATLAMA VE PATLAYICI MADDE HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	2
2.1.1. Parlama Noktası, Lel, Uel ve Tutuşma Sıcaklığı.....	2
2.1.2. Patlama.....	3
2.1.2.1 Bleve (Boiling Liquid Expand Vapor Explosion / Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar) Patlaması	3
2.1.2.2. Uvce (Unconfined Vapor Cloud Explosion / Sınırlandırılmayan Buhar Bulutu Patlaması) Patlaması	4
2.1.2.3. Toz Patlaması	4
2.1.3. Patlayıcı Madde.....	5
2.2. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması.....	6

2.2.1. Zayıf Patlayıcılar	6
2.2.1.1. Piroteknik Patlayıcılar	7
2.2.1.2. Propellant Patlayıcılar	7
2.2.2. Kuvvetli Patlayıcılar	8
2.2.2.1. Birincil Patlayıcılar.....	8
2.2.2.2. İkincil Patlayıcılar	11
2.3. PATLAYICILARIN TİCARİ VE ASKERİ OLARAK SINIFLANDIRILMASI	15
2.3.1. Ticari Patlayıcılar.....	15
2.3.1.1 Yemlemeye Duyarlı Patlayıcılar	16
2.3.1.2. Kapsüle Duyarlı Patlayıcılar.....	18
2.3.2. Askeri Patlayıcılar.....	18
2.4. Ateşleme Sistemleri.....	24
2.4.1. Elektriksiz Ateşleme Sistemleri	25
2.4.1.1. Emniyetli Fitol – Adi Kapsül	25
2.4.1.2. İnfilaklı Fitol.....	26
2.4.1.3. Elektriksiz Kapsüller (NONEL)	27
2.4.2. Elektronik Ateşleme Sistemi Elakat	28
2.4.3. Elektrikli Ateşleme Sistemi	28
2.4.3.1. Elektrikli Kapsül.....	28
BÖLÜM 3. PATLAYICI MADDENİN DEPOLANMASI	30
3.1. PATLAYICI MADDE DEPOLARI.....	30
3.1.1. Sürekli Patlayıcı Madde Depoları.....	32
3.1.1.1. Yerüstü Depoları	33
3.1.1.2. Yeraltı Depoları	34
3.1.2. Geçici Patlayıcı Madde Depoları	34

3.1.3. Gezici Patlayıcı Madde Depolar	35
3.2. Patlayıcı Maddelerin Depolanmasında Önemli Kriterler.....	36
3.2.1. Patlayıcı Madde Depolarında Kullanılacak Araçlar İle İlgili Önlemler....	37
3.3. PATLAYICI MADDE NAKLİYATI.....	38
3.4. PATLAYICILARIN ATEŞ VE ISIDAN KORUNMASI.....	40
3.5. PATLAYICI MADDE YANGINLARI.....	41
3.5.1. Patlayıcı Madde Yangınları Tehlike İşaret ve Sembolleri	43
3.6. TESİS YER SEÇİMİ	44
3.6.1. Tesis Yer Seçimi Problemlerinin Tarihçesi	46
3.6.2. Hâkimi Yer Seçim Problemi	49
3.6.3. Tesis Yer Seçimi Problemlerinin Özellikleri	53
3.6.4. Türkiye'ye Yönelik Mühimmat Depo/Yer Seçimi Çalışmaları	54
3.6.5. Diğer Ülke Uygulamaları.....	55
3.7. MODÜLER DEPOLAR.....	56
3.7.1. Modüler Depoların Avantajları	58
3.7.2. Modüler Depoların Geleceği	58
3.7.3. Modüler Depoların Tesis Yer Seçimi	59
3.8. BULGULAR.....	60
BÖLÜM SON. TARTIŞMA VE SONUÇ	62
KAYNAKÇA	70

ÖZET

MODÜLER DEPOLAR VE MODÜLER DEPOLARDA TESİS YER SEÇİM PROBLEMLERİ

Patlatmalı kazı çalışmaları iş makineleri ile yapılan kazı çalışmalarına göre daha ekonomik ve hızlı olması ile günümüzde daha fazla tercih edilen bir yöntem olmaya devam etmektedir. Patlatma riskleri de barındırdığı için bu tür çalışmalarda güvenlik en üst seviyede olmak zorundadır. Yapılan çalışmalarda görev yapan birçok kişinin yaşadıkları ve çözüm bulunmasını talep ettikleri en önemli eksikliklerden bir tanesi; günlük kullanılacak patlayıcı miktarının yaşanan aksaklık veya teknik arıza nedeniyle ellerinde kalması sonucunda patlayıcıların imha edilmesi idi. Bu yöntem; projeler için büyük maliyetlerin boşa gitmesi anlamına gelmektedir. Gerekli inceleme ve mühendislik araştırmaları sonucunda tüketilemeyip elde kalan patlayıcı maddelerin imha edilmesi yerine geçici olarak depolanması ve ertesi iş gününde kullanılabileceği kadar güvenli bir bölgede emniyet altına alınmasının önemi tespit edilmektedir. Bu çalışmada Modüler Depolama alanının nasıl olabileceği, kullanılacak modüler deponun kurulması gereken yer için Tesis Yer Seçim Probleminin çözümü sonucunda ne faydalar sağlayabileceği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patlayıcı Maddelerin Geçici Depolanması, Patlayıcı Madde Güvenliği, Modüler Depolar, Tesis Yer Seçim Problemi

Tarih:13.07.2024

ABSTRACT

MODULAR WAREHOUSES AND, SITE SELECTION PROBLEMS IN MODULAR WAREHOUSES

Explosive excavation continues to be a more preferred method today, as it is more economical and faster than excavation carried out with construction equipment. Safety must be at the highest level in such works, as they also involve explosion risks. One of the most important deficiencies experienced by many people working in the studies and demanding a solution is; The aim was to destroy the explosives as a result of the amount of explosives to be used daily remaining in their possession due to a disruption or technical malfunction. This method; It means that huge costs for projects are wasted. As a result of the necessary investigations and engineering research, it is determined that the explosives that cannot be consumed and are left behind are important to be stored temporarily and secured in a safe area until they are used the next working day, instead of destroying them. In this research, it was examined what the Modular Storage area could be like and what benefits it could provide as a result of solving the Facility Location Selection Problem for the location where the modular warehouse to be used should be installed.

Keywords: Temporary Storage of Explosives, Explosives Safety, Modular Warehouses, Facility Location Selection Problem

Date:13.07.2024

SEMBOLLER

p :Tesis adeti
n :Düğüm adeti



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil 2.1. Parlama noktası, LEL, UEL, Tutuşma sıcaklığı grafiği [Web 1]	2
Şekil 2.2. Bleve Patlaması [Web 2]	3
Şekil 2.3. Uvce Patlaması [Web 3]	4
Şekil 2.4. Toz Patlaması, [Web 4]	4
Şekil 2.5. Patlayıcıların Sınıflandırılması [Web 5]	6
Şekil 2.6. Patlayıcıların Ticari ve Askeri Olarak Sınıflandırılması	15
Şekil 2.7. Ateşleme Sistemleri	25
Şekil 3.1. Patlayıcı Madde Depoları	32
Şekil 3.2. Araç Topraklama Lastiği [Web 7]	37
Şekil 3.3. Araç Topraklama Zinciri [Web 8]	38
Şekil 3.4. Yangın Grup İşaretleri (Deniz,2018)	44
Şekil 3.5. Fermat Üçgen Probleminin Toricelli Çözümü [Web 6]	47
Şekil 3.6. Weber Yerleşim Yeri Üçgeni (Deniz,2018)	48
Şekil 3.7. Örnek Problem ve Şebeke Yapısıyla Gösterimi (Bastı,2012)	49
Şekil 3.8. Seçilen E ve G Medyan Tesisleri ve Tesislere Atanan Talep Noktaları (Bastı,2012)	52
Şekil 3.9. Modüler Depo Önden Görüntüsü [Web 9]	56
Şekil 3.10. Kurulumu Tamamlanan Modüler Depolar [Web 10]	57
Şekil 3.11. Toprak Örtü İle Kapatılmış Modüler Depolar [Web 11]	57
Şekil 3.12. Konya’da Tır ve Kamyonet Kazası [Web 12]	61

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo 2.1. Patlayıcı Maddelerin İnfilak Hızı ve Nispi Etkinlik Faktörleri (Deniz,2018)	23
Tablo 3.1. Yangın Sembolleri ve Anlamları (Deniz,2018)	43
Tablo 3.2: Örnek Probleme Ait Maliyet Matrisi (Bastı,2012).....	50
Tablo 3.3. Maliyet Matrisi ve En Düşük Maliyetli Tesisin Seçilmesi (Bastı,2012)	51
Tablo 3.4. Maliyet Matrisi ve En Düşük Maliyetli 2. Tesisin Seçilmesi (Bastı,2012) ..	51
Tablo 3.5. Belirlenen Medyan Tesisler ve Maliyetleri (Bastı,2012).....	52
Tablo 3.6. Medyan Tesisler ve Bu Tesislere Atanan Talep Noktaları (Bastı,2012)	52
Tablo 3.7. Seçilen E ve G Tesislerine Ait Maliyetler (Bastı,2012)	53
Tablo 3.8. Geleneksel Depo, Nakliye ve Modüler Depo Maliyet Karşılaştırması	60
Tablo 4.1. Patlayıcı Maddelerin Depolanmasındaki Mesafeler (MMFO,2019	62
Tablo 4.2. Geçici Depolama Alanları için Dış Miktar Mesafeleri (Temporary Quantity Distance) (IATG,2021).....	63
Tablo 4.3. Geçici Depolama Alanları için Dış Miktar Mesafeleri (m) (Temporary Quantity Distance) (IATG,2021)	64
Tablo 4.4. Miktar Mesafe Tablosu (KKTT 9-1300-1-20, 2020).....	65
Tablo 4.5. Harekatta Miktar Mesafe Tablosu (KKTT 9-1300-1-20, 2020).....	65

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Patlayıcı maddeler günümüzde sivil ve askeri olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile her ihtiyaca yönelik patlayıcı madde üretimi önem kazanmış durumdadır. Genellikle yüksek maliyetli projeler olması dolayısı ile kullanılacak patlayıcı maddelerin en ideal ve verimli kullanılması da proje maliyetini etkileyen en önemli parametrelerdendir.

Özellikle proje alanında kullanılamayan patlayıcı maddeler tekrar depolara koyulamadığı için bulundukları alanda emniyetli olarak imha edilmektedir. Bu tür imhalar tüm proje boyunca çok yüksek maliyetler doğurabilmektedir. Ayrıca her gün proje alanına patlayıcı madde nakliyesi yapmak da hem güvenlik hem de mali anlamda büyük zorluklar yaratmaktadır.

Bu tezde; patlayıcı madde kullanılan projelerde hem israfı önlemek hem de patlayıcı madde nakliyesini minimum seviyeye indirmek için çalışmalar yapılmıştır.

Maliyetleri minimum seviyeye indirmek ve patlayıcı maddelerin daha verimli kullanılabilmesini sağlamak amacı ile kullanılamayan patlayıcı maddelerin “Modüler Depolar” yardımı ile depolanıp tekrardan projenin devamına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

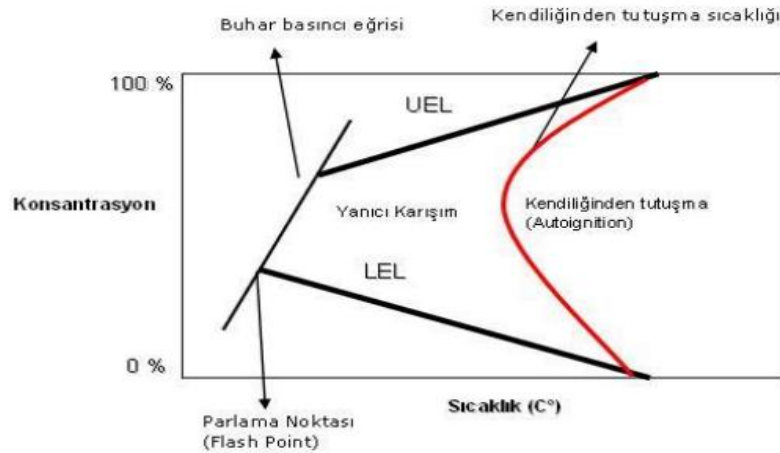
Modüler depolar; kullanım amacı ile patlayıcı madde israfını engellemiş olsa bile patlayıcı madde nakliyesini de minimum seviyeye indirerek nakliye sürecinden de fayda sağlamak amacıyla “Tesis Yer Seçim Problemi” doğrultusunda özellikle birkaç projenin aynı anda yürütüldüğü alanlarda modüler depoların kurulacağı stratejik noktaların da belirlenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2. PATLAYICI MADDE

2.1. PARLAMA, PATLAMA VE PATLAYICI MADDE HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1.1. Parlama Noktası, Lel, Uel ve Tutuşma Sıcaklığı

- Parlama Noktası: Yanıcı ve parlayıcı madde buharlarının, yanmanın başlaması için hava ile oluşturduğu yeterli karışımın, yanma için gerekli eşik değere ulaştığı sıcaklık derecesidir.
- LEL (Lower Explosion Limit) (Alt Patlama Sınırı): Yanıcı bir madde de, parlamanın oluşması için hava içinde olması gereken minimum oranını ifade eder.
- UEL (Upper Explosion Limit) (Üst Patlama Sınırı): Yanıcı bir maddenin hava içinde yanmasını sürdürebileceği en üst sınırı tanımlamaktadır.
- Tutuşma Sıcaklığı: Yeterli orandaki yakıt ve hava karışımının yanması veya patlaması için gerekli olan en küçük sıcaklık değeridir. (Altıncı,2013)



Şekil 2.1. Parlama noktası, LEL, UEL, Tutuşma sıcaklığı grafiği [Web 1]

2.1.2. Patlama

Patlamalar, insan hayatını ve çevreyi ciddi şekilde etkileyen tehlikeli olaylardır. Patlama önleme ve güvenlik önlemlerinin önemi büyüktür. Bu konuda bilinçlenmek, toplumun güvenliğini sağlamak açısından hayati öneme sahiptir.

Günümüzde bazı patlama çeşitleri ve etkilerinin çok ciddi sonuçlara yol açtığı bilinmektedir. Bu kapsamda herhangi bir alanda kullanılacak patlayıcı madde kullanımı için tam yetkili personelin kullanımı ve güvenli depolama önem arz etmektedir.

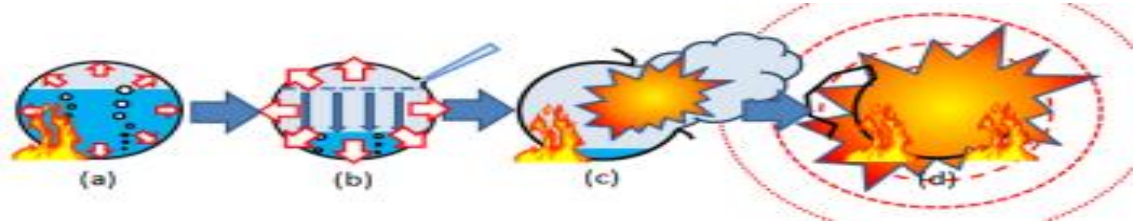
Patlama türlerinin bazı olumsuz etkileri vardır. Bunlar;

- Kimyasal Patlama: Kimyasal sızıntılardan kaynaklanan yangınlar ve zehirli gazların yayılmasına
- Nükleer Patlamalar: Radyasyonun yayılması ve çevresel hasarlara
- Mekanik Patlamalar: Yapıların çökmesi ve büyük ölçekli hasarlara sebep verirler.

Yanıcı gaz, buhar veya tozun belirli oranlarda hava (oksijen) ve ateşleme kaynağı ile birleşmesi sonucunda oluşan yüksek sıcaklık ve basınç yaratan hızlı tepkimelere "patlama" denir. Patlamalar üç farklı türde gerçekleşir.

2.1.2.1 Bleve (Boiling Liquid Expand Vapor Explosion / Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar) Patlaması

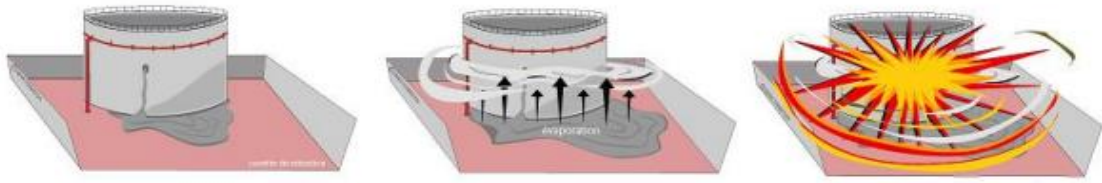
Sıvılaştırılmış gazların basınç altında meydana getirdiği patlamadır. LPG gibi, basınçlı tanklarda depolanan parlayıcı maddeler, herhangi bir sebeple meydana gelen ani olarak sıcaklığın artması ile kabın ısınması sonucunda buharlaşır. Sıvı buharlaştıkça kap çeperlerine basınç uygulamaya başlar, ısı etkisi ile kap yumuşar. Kabın dayanımı zamanla azalır ve artan iç basınç ile kap aniden yırtılarak infilak eder. Patlama sonucunda; tank, kap vs. parçaları yakın çevreye fırlayabileceği gibi çok uzaklara da fırlayabilir. Örnek; LPG tanklarının patlaması. (Altıncı,2013)



Şekil 2.2. Bleve Patlaması [Web 2]

2.1.2.2. Uvce (Unconfined Vapor Cloud Explosion / Sınırlandırılmayan Buhar Bulutu Patlaması) Patlaması

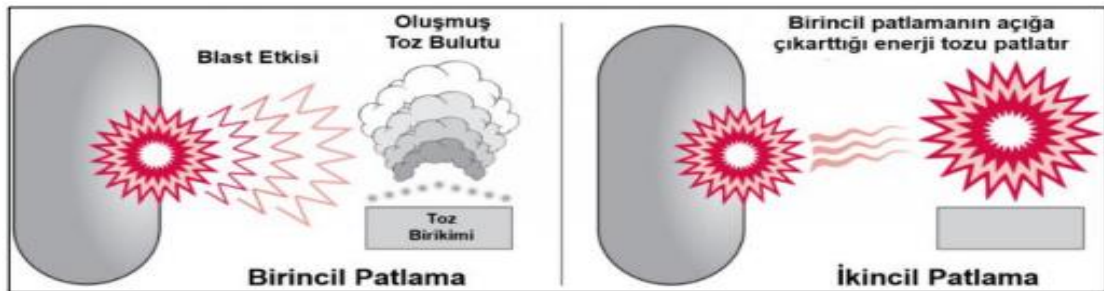
UVCE, atmosferde bulunan ve yanıcılık sınırları içindeki gaz bulutunun bir enerji ile karşılaşması sonucu oluşan ani yanma veya patlama ile sonuçlanan olaydır. Örnek olarak, belli bir alanda birikmiş olan gazın ateş kaynağı ile teması sonucu aniden patlaması (evde gaz kaçağı sonrası gaz bulutunun patlaması vs.). UVCE de BLEVE gibi şiddetli ve tehlikeli bir patlama türüdür. (Karamanlı,2014)



Şekil 2.3. Uvce Patlaması [Web 3]

2.1.2.3. Toz Patlaması

Toz patlaması; gaz patlamalarından çok daha güçlü ve şiddetli etkilere sahip bir patlama türüdür. Patlamaya yetecek oranda karışım oluşturan toz ile havanın bu esnada herhangi bir ateş kaynağı ile temas etmesi sonucu aniden alev alması ile patlama olayı meydana gelir. Toz patlamaları, gaz patlamalarına göre çok daha fazla şiddetli olmaktadır. Bunun sebebi, patlama sonrasında çevrede bulunan diğer tozların da patlama ile reaksiyona girmesi ve bir zincir reaksiyon oluşmasıdır. İlk patlama sonrasında, patlama ortamına sürekli yeni tozlar (yanıcı madde) girmektedir. Oysa gaz patlamalarında, patlama olduktan sonra gaz kaynağı kesilirse, patlama ve yangın ortamda bulunan gazın bitimine kadar sürecek ve bir süre sonra da tamamen bitecektir. (Karamanlı,2014)



Şekil 2.4. Toz Patlaması, [Web 4]

Kuvvetli patlayıcıların hızlı bir şekilde reaksiyona girmesi "detonasyon" olarak adlandırılırken, daha yavaş reaksiyona giren patlayıcılar "deflagration" ve "yanma" olarak sınıflandırılır. Patlayıcı maddeler yanma, deflagration ve detonasyona uğrayabilir. Bu süreçleri belirleyen faktörler ateşleme yöntemi, sıkıştırma derecesi ve patlayıcının özellikleridir. Bir patlayıcının dekompozisyonu, alev ile başladığında genellikle yanma şeklinde gerçekleşir. Ancak sıkıştırıldığında, hızlı bir yanma gerçekleşebilir ve bu durum detonasyona dönüşebilir. Hızlı reaksiyon veya detonasyon, yakıt ve oksijen içeren maddelerin birleşiminden kaynaklanır.

2.1.3. Patlayıcı Madde

Isı veya darbe etkisi ile kimyasal tepkimeye uğrayan, ani hacim ve ısı artışı sağlayan, bu artış sayesinde de basınç ve şok dalgası oluşturabilen katı, sıvı veya gaz hâlindeki kimyasal maddelere patlayıcı maddeler denir. (İrgat,2019)

Patlayıcılar, kimyasal veya fiziksel reaksiyonlarda büyük miktarda enerjinin aniden serbest bırakılmasıyla çalışan maddelerdir.

Kuvvetli patlayıcıların çoğu kapalı bir yapı veya kap içerisinde sıkıştırılmadıkları sürece veya ani bir şok tesiri maruz kalmadıkları sürece tutuşturulduklarında patlama meydana gelmez sadece yanma meydana gelir.

Patlayıcılar, kararsız kimyasal madde veya kararsız kimyasal maddelerin birleşmesinden oluşur. Bundan dolayı ani bir darbe veya kıvılcıma maruz kaldıklarında kendi kendilerine reaksiyon göstermeye başlarlar. Son derece hızlı kimyasal reaksiyon vermeleri sonucu çok yüksek derecede ısı, ses ve darbe etkisi ile yüksek bir gaz basıncı ortaya çıkarırlar. Reaksiyon sonucunda meydana gelen yanma çok hızlı olduğundan dolayı yanmaları için gerekli olan oksijeni havadan sağlamazlar. Yanma için oksijene ihtiyaç duyacaklarından dolayı patlayıcı madde olarak kullanılan kimyasalın/kimyasalların yapısında oksijen içeren madde bulunması gerekmektedir. Genel bir ifadeyle; patlayıcı madde olarak kullanılacak maddeler aslında oksitleyici madde ile yanıcı maddelerin kimyasal olarak bir araya getirilmesi ile elde edilmektedir. Yanma hızı ne kadar hızlı olursa patlama hızı da o kadar hızlı olur.

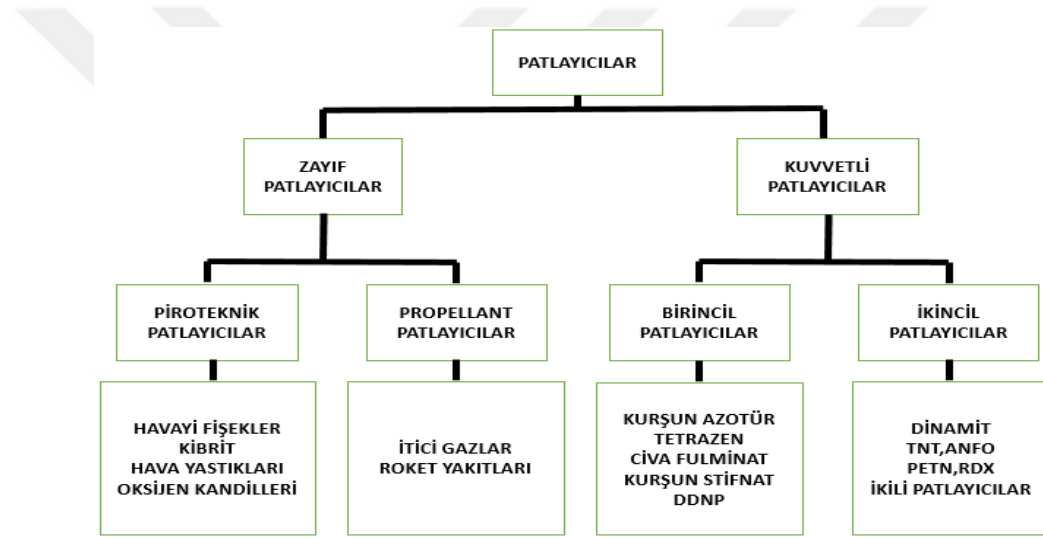
Bir patlayıcının sahip olduğu potansiyel enerji başlıca üç temel kaynaklı olabilir: Kimyasal Enerji: Kimyasal enerji genellikle dışarıdan bir fiziksel müdahale ile tetiklenir ancak kimyasal değişimle etkisini gösterir. (Nitrogliserin, TNT, Tahıl tozu vb).

Sıkıştırılmış Gaz: Isıtma gibi fiziksel müdahale ile tetiklenir, Patlama kimyasal bir patlama değildir ve mekanik patlama olarak nitelendirilir. (Gaz tüpleri vb).

Nükleer Enerji: Radyoaktif türlerde gözlenen parçalanmaları ifade eder. (Uranyum-235, Plutonium -239 vb).

2.2. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması

Patlayıcı maddelerin endüstriyel ve askeri alan başta olmak üzere birçok kullanım alanı vardır. Her alan için farklı özellikte patlayıcı ihtiyacı olduğundan dolayı patlayıcılar kendi içlerinde de belirli parametreler doğrultusunda gruplara ayrılmıştır. Ama genel olarak patlayıcı maddeleri aşağıdaki başlıklar altında kullanılmaktayız.



Şekil 2.5. Patlayıcıların Sınıflandırılması [Web 5]

2.2.1. Zayıf Patlayıcılar

Zayıf patlayıcılar, yüksek patlama gücüne sahip olmayan ancak birçok endüstriyel uygulama için önemli olan patlayıcı malzemelerdir. Zayıf patlayıcılar, endüstrilerde yaygın olarak kullanılan patlayıcıları etkili bir şekilde tamamlarlar. Zayıf patlayıcıların detonasyon hızları 400 metre/saniye ile 1000 metre/saniye arasındadır.

Avantajları: Yüksek patlama gücüne sahip olan patlayıcılar kadar tehlikeli değildir ve daha ucuzdur. Ayrıca, çevre dostu ve geri dönüştürülebilirler.

Dezavantajları: Yüksek patlama gücüne sahip patlayıcılara göre daha az etkilidirler, bu nedenle bazı endüstrilerde yeterli olmayabilirler. Ayrıca, yanıcı ve patlayıcı gazların tehlikeli olduğu alanlarda kullanılamazlar.

2.2.1.1. Piroteknik Patlayıcılar

Piroteknik patlayıcılar, tarihin derinliklerine uzanan coşkulu kutlamalardan bugünün showlarına kadar insanlar tarafından kullanılmıştır. Bunlar, renkli bir ışık, ses ve duman gösterisiyle etkileyici bir görünüm sağlarlar. İlk piroteknik patlayıcılar, 7. yüzyılda Çin'de papirüs üzerinde kaydedildi.

Piroteknik Patlayıcıların Yapısı;

Sodyum Nitrat: Yanma hızını kontrol etmek için,

Barium Nitrat: Yeşil, mor, kırmızı, mavi, beyaz, sarı renkler üretmek için,

Kalsiyum Karbonat: Alevi söndürmek ve patlayıcıyı stabilize etmek için,

Perklorat: Patlamaya neden olan oksitleyici

Piroteknik patlayıcıların kötü amaçla kullanımı; saldırgan yangınlar, yaralanmalar ve nadiren ölümlere yol açabilir. Zayıf patlayıcı olmalarına rağmen miktarları fazla olduklarında büyük etkiler ve zararlar yaratabilirler. Örneğin; belirli bir miktardaki havai fişek numuneleri, görsel bir efekt oluşturmak maksadıyla çeşitli türden kutlamalarda kullanılıyor olsa da, aynı anda bir tetikleyici ile faaliyete geçirilebilecek kadar çok havai fişek (bir depo dolusu vb.) büyük patlama ve felaketlere yol açabileceği unutulmamalıdır.

2.2.1.2. Propellant Patlayıcılar

Piropellant patlayıcı, bir yakıt / oksitleyici karışımıdır. Bu karışım, havada sürekli bir yanma için gerekli olan oksijeni içerir. Piropellantler, katı yakıtlı roketlerde, havacılıkta ve diğer endüstrilerde kullanılır.

Piropellant, katı yakıtın önceden hazırlanması, sonra oksitleyici ile karıştırılması, ikincil katalizörün eklenmesi ve en sonunda yakıt / oksitleyici karışımının hazırlanması aşamalarından oluşur. İşlem, ileri teknolojiler, entegre işlem kontrol sistemleri ve atık yönetimi teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilir.

Özetle, piropellant; yanabilen bir madde, yanıcı bir madde, katalizör ve gerektiğinde oksitleyiciden oluşur. Yörüngeye giden roketleri çalıştırmak, misket bombaları ve roketler gibi savunma uygulamalarında, madencilikte kaya ve yeraltı kayalarını patlatmak amacıyla piropellant patlayıcılar kullanılır. Piropellant patlayıcılar, hızlı ve güçlü patlamalar için tasarlanmıştır.

Yeni piropellant bileşenleri, daha iyi enerji çıkışı, daha yüksek enerji yoğunluğu ve daha az toz çıktısı gibi avantajlar sunar. Araştırmacılar, sağlam piropellant patlayıcı formülleri geliştirmek için çalışmalarına devam etmektedir.

2.2.2. Kuvvetli Patlayıcılar

Kuvvetli patlayıcılar, yüksek patlama hızı ve şiddeti olan, enerjisini ani ve şiddetli bir şekilde açığa çıkaran patlayıcı maddelerdir. Patlayıcıların çalışma prensibi basittir: bir çarpışma, sürtünme, ısı veya şok dalgası yoluyla kimyasal reaksiyon başlatır. Bu reaksiyon sonucunda, patlayıcı maddenin molekülleri hızla ayrılarak çevreye ani bir enerji salınır.

Bu tür patlayıcıların zayıf patlayıcılara göre en belirgin özelliği daha dayanıklı olmaları sebebiyle daha güçlü tetikleyicilerle ateşlemeye ihtiyaç duyulmasıdır. Bundan dolayı patlama etkileri çok daha yüksek olmaktadır. Ateşleme için genellikle zayıf patlayıcılara (kapsül) ihtiyaç duyulur.

Bunlara örnek olarak; TNT (trinitrotoluen), Dinamit, PETN, RDX ve plastik patlayıcılar verilebilir. Kuvvetli patlayıcıların infilak etmeleri sonucundaki detonasyon hızları 1000 metre/saniye ile 8500 metre/saniye aralığındadır.

Kuvvetli Patlayıcılar; mühimmat, roket ve füze yapımında temel bir bileşen, madencilik sektöründe yüzey ve yer altı madenlerinin kazılmasında ve inşaat sektöründe taş ve kaya gibi malzemelerin parçalanmasında kullanılır.

Kuvvetli patlayıcıların pek çoğu kapalı bir sistemde (kap vb.) olmadıklarında veya dışarıdan bir şok tesirine maruz kalmadan tutuşturulduklarında patlamadan sadece yanarlar. Ancak patlayıcı kapalı bir sistem içerisinde tetiklenirse bu defa tepkime patlama ile sonuçlanır ve yıkıma yol açar. Kuvvetli patlayıcılar iki ana gruba ayrılmaktadırlar;

- Birincil Patlayıcılar
- İkincil Patlayıcılar

2.2.2.1. Birincil Patlayıcılar

Birincil patlayıcılar, patlayıcı maddelerin en temel bileşenleridir. Bu maddelerin nitrojen içeriği yüksektir ve patlamaların tetiklenmesi için kullanılır. Aynı zamanda patlayıcılarda enerji transferini gerçekleştiren kimyasal reaksiyonlara da katkı sağlarlar.

Bu maddeler; ısıya, sürtünmeye ve darbeye karşı çok hassas maddelerdir. Tutuşturuldukları zaman patlasalar da normal koşullarda yanmazlar. Yüksek infilak maddelerini infilak ettirmek için bu maddeler kullanılmaktadır. Başlatıcı (Primer) veya detanatörlerde ilk ateşlemenin başlamasını sağlamak ve şoku ana patlayıcı maddeye iletmek amacıyla kullanılır.

KURŞUN AZOTÜR : Kurşun Azotür, kurşun ve nitrik asit bileşenlerinin reaksiyonundan oluşan bir tuzdur. Kurşun Azotür, yüksek bir patlama yanıtına sahip olup, kolayca infilak edebilir. Ayrıca kimyasal olarak çok hassastır ve çabuk bozulabilir.

Kurşun Azotür, kurşun (II) iyonlarının nitrik asit ile reaksiyonundan oluşur. Buna ek olarak, azotik asit, amonyak ile tepkimeye girerek nitrojen oksitleri ile birleşir ve sonunda kurşun azotür oluşur. Kurşun Azotür, birçok endüstriyel patlayıcı için ana bileşen olarak kullanılır.

Kurşun Azotür, patlayıcı olduğu için çok tehlikelidir. Bu bileşik, herhangi bir yanıcı veya patlayıcı madde ile temas ettiğinde patlama riski taşır.

Kurşun Azotür, akciğer tahribatı, sindirim sorunları, nörolojik hasar ve diğer ciddi sağlık etkilerine neden olabilir. Kurşun Azotür, toprağı ve suyu kirlenmesine neden olabilir ve doğal yaşama zarar verebilir.

Kurşun Azotür, yüksek derecede patlayıcı bir bileşik olup, sağlık ve çevre için ciddi tehlikeler taşır. Ancak doğru prosedürler ve ekipman kullanılırsa güvenli bir şekilde işlenebilir. Kurşun Azotür, mühimmat, patlayıcılar ve belirli testler için kullanılabilir. Personel, uygun eğitim ve koruyucu ekipmanlarla donatılmalıdır.

TETRAZEN: Beyaz renkli bir katı olan tetrazen, suya karşı hassastır ve patlayıcı özellikleri vardır. Aynı zamanda düşük yanıcılığa ve asitlere karşı da hassastır.

Tetrazen, yüksek enerjili patlayıcı maddelerin yapımında kullanılır. Yüksek yanıcılık ve düşük patlama noktası nedeniyle patlayıcı etkisi oldukça yüksektir. Tetrazen, cıva fulminattan biraz daha darbeye duyarlıdır.

Tetrazen, aynı zamanda bor tüpleri ile karıştırılarak hibrit tüplerin yapımında da kullanılır. Bu tür tüpler, yüksek mukavemet ve iletkenlik özellikleri nedeniyle gelecekte yeni malzeme türleri için önemli bir adım olabilir.

Tetrazen, endüstriyel uygulamalarda çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Bu kimyasal madde, enerji depolama sistemleri, hibrit tüpler ve patlayıcı maddelerin yapımında kullanılabilir.

CİVA FULMİNAT: Civa fulminat, beyaz kristalin bir toz şeklindedir. Civa fulminat; civa, nitrojen ve oksijenin bileşimi ile oluşan bir kimyasal bileşiktir. Bu bileşik, suya karşı higroskopik özellik gösterir. Yüksek sıcaklık ve odaklanmış güçlü bir şok etkisi ile akut bir şekilde patlayabilir. Ayrıca, uzun zaman depolanırsa, patlama eğilimi artar.

Civa fulminat, büyük ölçüde silah sanayinde kullanılmaktadır ve cephanenin ana bileşenidir. Ayrıca, havai fişeklerde, volkanik patlamaların simülasyonunda, cerrahi kesici aletlerin imalatında ve metalürjide kullanılır. Bununla birlikte, bu bileşiğin çevreye verdiği zararlar ve insan sağlığı için oluşturduğu tehlikeler nedeniyle, gelecekte yerini daha çevre dostu alternatiflere bırakması beklenmektedir.

Sürtünme ve şoka çok duyarlıdır. Bu özelliğinden dolayı özellikle diğer patlayıcı maddeler patlatmak amacıyla kullanılan darbeli kapsüller ve patlatma kapsüllerinde bir tetikleyici madde olarak kullanılır.

KURŞUN STİFNAT: Kristal benzeri bir yapıdadır. Kapsül ve kapsülden daha az duyarlı sekonder patlayıcıları infilak ettirmek için kullanılan fünüye karışımlarının bir bileşeni olarak yararlanılan patlayıcıdır.

Kurşun stifnat; özellikle kıvılcım ve statik elektrik deşarjına duyarlıdır. Kuru halde iken insan vücudunda bulunan statik deşarjdan dolayı kolaylıkla patlayabilir. (Web 13,2024)

DİAZODİNİTROFENOL (DDNP): Sarı kristalize bir bileşik olan DDNP, nitrojen atomu içeren bir azolit türevidir. Patlayıcı özellikleriyle bilinir ve bazı yerlerde yasadışı madde olarak kabul edilir.

DDNP, TNT ve nitrogliserin gibi patlayıcı maddelerin üretiminde kullanılır. Ancak bu kullanımı son yıllarda azalmıştır. Ayrıca yüksek kaliteli renklerin üretiminde ve laboratuvar araştırmalarında kullanılan çeşitli reaktiflerin üretiminde kullanılır.

DDNP, birçok ülke tarafından kontrol altında tutulmaktadır. Bazı yerlerde patlayıcı madde olarak sınıflandırılır ve sadece lisanslı teknisyenler tarafından elde edilebilir. DDNP, son yıllarda terörizmle mücadele ve suç soruşturmalarında sık sık gündeme gelmiştir. Çünkü DDNP, patlayıcı madde olarak kullanılması nedeniyle bazı ülkelerde yasa dışıdır. Birçok ülke, DDNP'nin kullanımını sınırlama ya da yasaklama kararı almıştır.

2.2.2.2. İkincil Patlayıcılar

Maden, petrol, inşaat ve savunma sanayisinde ikincil patlayıcılar başta olmak üzere pek çok sektörde kullanılmaktadırlar. İnşaat sektöründe özellikle eski binaların yıkımında oldukça etkilidirler.

Kömür madenciliğinde ise patlayıcılar büyük bir rol oynar. Patlayıcıların kullanımı, kömürün daha hızlı ve verimli bir şekilde çıkarılmasına olanak tanır.

Bu tür patlayıcılarda, infilakın gerçekleşmesi için kapsüle veya yemlemeye ihtiyaç duyulmaktadır.

DİNAMİT: Nitrogliserinin diatomite soğurulmasıyla üretilen bir patlayıcı madde türüdür. İsveçli kimyager Alfred Nobel tarafından 1867’de keşfedilmiştir. (Web 14, 2024)

Dinamit genellikle bir çift tabaka kağıt kaplıdır. İç kısmında patlayıcı olan ve genellikle nitrogliserin gibi bileşikler bulunan bir çekirdek vardır. Üretiminde oldukça hassas bir işlem olan karışım, şekillendirmeye uygun hale getirilir.

Madenciler, toprak kayması olmadan madenlerdeki işlemleri gerçekleştirmek için dinamite başvururlar. Dinamitin patlama anı, genellikle patlama sahnelerinde sinema ve televizyon dünyasında kullanılır.

TNT (TRİNİTROTOLUEN): TNT, 1863 yılında Alman kimyager Joseph Wilbrand tarafından keşfedildi. İlk olarak boya endüstrisi için bir boya maddesi olarak üretildi, ancak sonradan patlayıcı nitelikler keşfedildi.

TNT, I. Dünya Savaşı sırasında askeri amaçlar için kullanılmaya başlandı. Yüksek patlayıcı gücü ve kararlılığıyla tanınır.

TNT, inşaat, madencilik ve hava sanayi gibi birçok sivil alanda kullanılmıştır. Güvenilirliği ve depolanması kolay olması nedeniyle tercih edilir.

Görünüm; Sarı kristal toz veya katı,

Eriklik; 1.65 g/cm³,

Eriyebilirlik; Benzen ve diğer benzer çözücülerde çözünür.

TNT, diğer patlayıcı maddelerin üretiminde önemli bir rol oynar ve savunma sanayisinde sıkça kullanılan bir bileşendir. Tahrip mermileri, bombalar, derinlik (su) bombaları, büyük kıyı mayınları, roketler ve tahrip kalıplarında ana patlayıcı madde olarak kullanılır.

TNT, mühendislikte madencilik ve inşaat sektöründe patlatmaların kontrol altında yapılmasında sıklıkla kullanılır. Endüstride temizlikte kullanılan bir bileşendir, korozyon önleyici özellikleri nedeniyle metal yüzeylerin temizliğinde de etkilidirler. Tıpta kanser tedavisinde ve radyoterapide kullanılır.

ANFO: Ağırlıkça %94,3 oranında amonyum nitrat (AN) ve yine ağırlıkça %5,7 oranında Fuel-Oil'in homojen bir şekilde efektif ve dengeli olarak karıştırılması sonucu elde edilmektedir.

Amonyum Nitrat ve fuel oil, patlayıcı endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki madde olduğu için birlikte kullanıldıklarında güçlü bir patlayıcı oluştururlar. Bu karışım, ANFO patlayıcılarının ana bileşenidir ve çeşitli uygulamalarda kullanılır.

ANFO, düşük maliyetli ve güvenli bir patlayıcıdır. Amonyum Nitrat-Fuel Oil (ANFO), güçlü bir patlayıcı madde olarak patlayıcı endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir karışımdır. ANFO patlayıcılarının doğru kullanımı ve güvenlik önlemlerinin alınması son derece önemlidir. Uygun şekilde kullanıldığında, ANFO patlayıcıları, madencilik ve inşaat endüstrisinde önemli bir rol oynar ve çeşitli uygulamalarda etkili bir şekilde kullanılır. (Web 15,2024)

Kullanım Alanları;

- Açık ocak patlatmalarında,
- Yerüstü kömür madenciliği üretim ve dekapaj çalışmalarında
- Yerüstü metal madenciliği üretim ve dekapaj çalışmalarında
- Taş ocaklarında üretim patlatmalarında
- Baraj ve yol inşaat çalışmalarında
- Özel patlatma uygulamalarında vs.

PETN: Oldukça güçlü bir patlayıcı maddedir RDX ile birlikte Semtex (Plastik patlayıcı)'in ana bileşenidir. . PETN, bir plastikleştirici madde ile karıştırıldığında plastik patlayıcı oluşturur. Hem booster hem de detanator olarak kullanılır.

Renk ve Görünüm: Beyaz kristal toz veya pul,

Eritme Noktası: 141 °C,

Kaynama Noktası: 240 °C,

İnfilak Etme Sıcaklığı: 175°C,

Yoğunluk: 1.76 g/cm³,

Çözünürlük: Suda zor çözünen, aseton ve etanolde çözünebilir.

PETN Üretim Yöntemleri:

1. Amonyum nitrat, nitrik asit ve formaldehit reaksiyonuyla PETN üretilir.
2. Reaksiyon sıcaklığı ve süresi, üretim verimliliği üzerinde önemli etkilere sahiptir.
3. Petrol rafinerilerinde PETN'nin endüstriyel ölçekte üretimi gerçekleştirilebilir.

PETN Kullanım Alanları:

- İlaç sanayinde bazı kalp hastalıklarının tedavisinde kullanılan isosorbid dinitrat içeren ilaçların üretiminde kullanılır.
- Askeri mühimmatlarda, patlayıcı cihazlarda ve havalimanlarındaki güvenlik taramalarında patlama tespit cihazlarında kullanılır.
- Yakıt katkı maddesi, rakor çekici, metal işleme ve havacılık endüstrisinde koruyucu kaplamaların bileşenlerinde kullanılır.

PETN, yüksek patlayıcı özelliklere sahip olduğu için doğru kullanım ve depolama önlemleri alınmalıdır. Aşırı sıcaklıklara, darbelere ve sürtünmeye karşı hassas olduğu için dikkatli taşınmalıdır. Üretim ve kullanım sırasında yanıcı ve patlayıcı maddelerden uzak tutulmalıdır.

RDX: RDX, moleküler yapısı ve kimyasal özellikleri itibarıyla yüksek stabilite ve enerji içeriği sunan bir bileşiktir. Düşük alevlenme noktası, yüksek patlayıcı gücü ve etkileyici bir patlama hızı ile öne çıkar. İnfilaklı fitilin bazı çeşitlerinde ana imlâ hakkı olarak kullanılan bir şiddetlendirici (booster)'dir.

RDX'nin üretimi oldukça karmaşık ve titizlik gerektiren bir süreçtir. Genellikle nitrometan ve nitrik asit gibi maddelerin tepkimesiyle elde edilir. Bu tepkimenin sonucunda RDX kristalleri oluşur ve ardından bir dizi işlemle saflaştırılır.

Fiziksel Özelliği: Katı kristal,

Renk: Beyaz,

Erime Noktası: 202°C,

İnfilak sıcaklığı: 235°C'dir.

Ayrıca, suda çözünmeyen ve yüksek sıcaklıklarda stabil kalabilen bir yapıya sahiptir.

Kullanım Alanları:

- Savunma Sanayi: RDX, askeri mühimmat üretiminde yaygın olarak kullanılır. Patlayıcı mermi, roket, mayın, bomba gibi askeri cephaneliklerde kullanılan bileşenlerin üretiminde etkili bir rol oynar.

- Madencilik: RDX, madencilik endüstrisinde patlatma işlemleri için kullanılır. Kayaların kırılması ve tünellerin açılması gibi işlerde etkili bir patlayıcı madde olarak tercih edilir.
- Demiryolu ve İnşaat: RDX, demiryolu ve inşaat sektöründe dağ kesimi, tünel açma ve patlatma çalışmalarında kullanılır. Gücü ve etkinliği sayesinde büyük ölçekli projelerde başarıyla kullanılan bir patlayıcıdır.

Tehlikeleri;

- Yüksek patlayıcı güce sahiptir
- Isı, alev veya darbe ile patlar
- Sağlığa zararlıdır ve ciltle temasında tahrişe neden olabilir
- Toksik gazların oluşumuna yol açabilir

Güvenlik Önlemleri;

- RDX ile çalışanların uygun eğitimden geçmeleri gerekir.
- İş güvenliği talimatlarının ve prosedürlerinin takip edilmesi zorunludur.
- Patlayıcı maddelerin depolanması ve taşınması için özel konteynerler kullanılmalıdır.
- İlgili düzenlemelere uygun olarak patlayıcı maddelerin kullanılması ve imha edilmesi sağlanmalıdır.
- RDX, nem, yüksek sıcaklıklar ve alevlenmeyi tetikleyebilecek faktörlerden korunmalıdır.
- Soğuk, kuru ve güvenli bir ortamda, uygun saklama konteynerlerinde muhafaza edilmelidir.

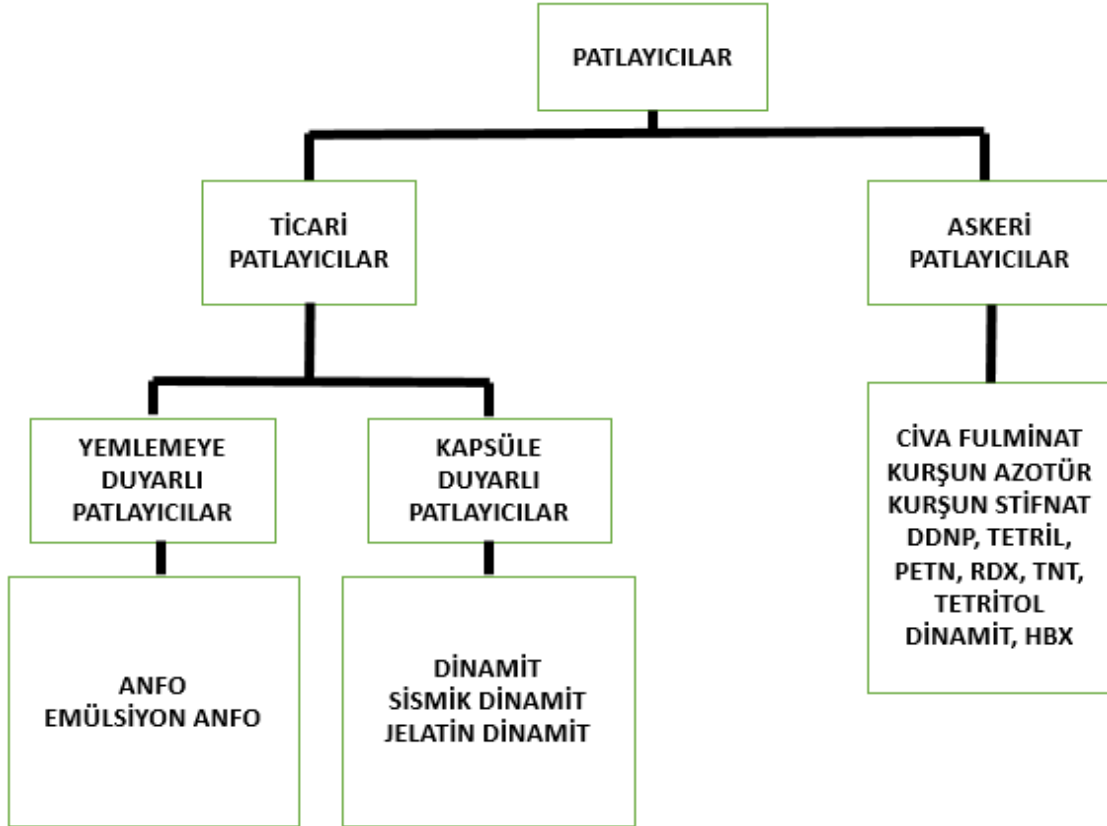
İKİLİ PATLAYICILAR: İkili patlayıcılar, yüksek güç gerektiren özel patlamalar yaratan bileşiklerdir. İki ayrı bileşenden meydana gelirler ve patladıklarında yüksek bir verim sağlarlar. Adından da anlaşılacağı gibi, iki bileşen sıvı, katı veya gaz olabilir ve ayrı ayrı taşınabilirler.

Karbon tetraklorür ve sodyum metilat bileşenleri, bu tür patlayıcılarda yaygın olarak kullanılan malzemelerdir.

İkili patlayıcılar, patlayıcı veya füze sistemlerinde kullanılan ve ardışık patlamalar sağlayan bir düzendir. Bu düzener, zırhlı ve korunaklı savaş araçlarındaki kafes zırh veya tepkimeli zırhları etkisiz hale getirmeyi amaçlar. Öncelikle, düzener küçük bir patlama ile reaktif zırhı tetikler. Bu ilk patlama, zırh üzerindeki patlayıcıları patlatır.

Patlayan tepkimeli patlayıcılar zırhın etkili olduğu bölgeyi temizler. Daha sonra, başlıkta bulunan ana patlayıcılar harekete geçer ve aracın ana zırh yüzeyine temas ederek zırhı deler.

2.3. PATLAYICILARIN TİCARİ VE ASKERİ OLARAK SINIFLANDIRILMASI



Şekil 2.6. Patlayıcıların Ticari ve Askeri Olarak Sınıflandırılması

2.3.1. Ticari Patlayıcılar

Ticari patlayıcılar genellikle güvenli bir şekilde kullanılmak ve belirli amaçlar için tasarlanmıştır. Ticari Patlayıcıların kullanıldığı başlıca alanlar şunlardır.

- Maden Endüstrisi: Ticari patlayıcılar, madencilik ve taş ocakları gibi uygulamalarda patlatma işlemlerinde kullanılır.
- İnşaat Sektörü: Patlayıcılar, inşaat projelerinde kayaları kırma veya yıkma işlemi için kullanılır.
- Askeri Uygulamalar: Patlayıcılar, askeriye tarafından bomba yapımı, mayın temizleme ve stratejik operasyonlar gibi birçok amaç için kullanılır.

Ticari patlayıcı maddeler ülkemizde aşağıdaki projeler için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanda eğitimli personel sayısının artmasıyla neredeyse tüm projelerde kullanılabilir olması öngörülmektedir.

- Sert kayaçların patlatılması projeleri,
- Ulaşım projeleri,
- Su yapıları projeleri,
- HES projeleri,
- Taşocağı projeleri,
- Tünel ve kanal projeleri,
- Petrol arama projeleri.

Patlayıcılar ülkemizde neredeyse her alanda kullanılmaktadır. Her projenin kendine özel parametreleri olacağı için bu patlayıcı maddelerin özellikleri, güçleri, kullanım alanları gibi özelliklerini bilmek önemlidir. Bu özelliklerine göre kullanılmaları projenin maliyet ve süresi gibi proje verimliliğini de etkileyeceğinden bu patlayıcı maddeleri tanımak gerekmektedir.

Ticari patlayıcıların günümüzde aktif olarak kullanılmasının yanında çok büyük güçlere sahip oldukları için yaşanan olumsuzlukların da büyük tehlikeleri doğurduğu bilinmektedir.

- Patlama Riski: Ticari patlayıcılar, yanıcı maddelerdir ve hatalı kullanım veya depolama durumunda patlama riski taşırlar.
- Yangın Tehlikesi: Patlayıcı kullanımı sırasında, kontrolsüz bir şekilde alev alabilir ve ciddi yangınlar meydana gelebilir.
- Sağlık Riskleri: Patlayıcı malzemeler, insan sağlığına zararlı olabilir ve yanıcı gazların yayılmasıyla solunum sorunlarına neden olabilir.

2.3.1.1 Yemlemeye Duyarlı Patlayıcılar

ANFO: Ağırlıkça %94,3 oranında amonyum nitrat (AN) ve yine ağırlıkça %5,7 oranında Fuel-Oil'in homojen bir şekilde efektif ve dengeli olarak karıştırılması sonucu elde edilmektedir.

Amonyum Nitrat ve fuel oil, patlayıcı endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki madde olduğu için birlikte kullanıldıklarında güçlü bir patlayıcı oluştururlar. Bu karışım, ANFO patlayıcılarının ana bileşenidir ve çeşitli uygulamalarda kullanılır.

ANFO, düşük maliyetli ve güvenli bir patlayıcıdır. Amonyum Nitrat-Fuel Oil (ANFO), güçlü bir patlayıcı madde olarak patlayıcı endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir karışımdır. ANFO patlayıcılarının doğru kullanımı ve güvenlik önlemlerinin alınması son derece önemlidir. Uygun şekilde kullanıldığında, ANFO patlayıcıları, madencilik ve inşaat endüstrisinde önemli bir rol oynar ve çeşitli uygulamalarda etkili bir şekilde kullanılır.

Kullanım Alanları;

- Açık ocak patlatmalarında,
- Yerüstü kömür madenciliği üretim ve dekapaj çalışmalarında
- Yerüstü metal madenciliği üretim ve dekapaj çalışmalarında
- Taş ocaklarında üretim patlatmalarında
- Baraj ve yol inşaat çalışmalarında
- Özel patlatma uygulamalarında vs.

EMÜLSİYON ANFO; Neme karşı dirençli olmasının sebebi ANFO ve emülsiyonun karışımıyla üretilen bir patlayıcı olmasıdır. Yemlemeye duyarlı patlayıcı sınıfındaki en gelişmiş üründür. Jelimsi ve neme karşı dirençli bir yapısı vardır. Bu özelliğiyle kuru deliklerin yanı sıra sulu deliklerde de ekonomik olarak büyük avantaj sağlar.

Emülsiyon ANFO' lar, standart şekilde PE ambalajda, bir tarafından klipslenmiş özel kartuşlar halinde üretilmektedir. Kartuşların boyutları istenildiği şekilde projenin ihtiyacına göre üretilir.

Emülsiyon Anfo, geniş kullanım yelpazesi nedeniyle çok yönlü bir yüksek enerjili patlayıcıdır. Madencilik, inşaat, taş ocakları, oyuk kazıma, sulama kuyuları, demiryolu vs. gibi pek çok endüstride yaygın olarak kullanılır.

Emülsiyon Anfo, sıvı bir formda olduğu için diğer patlayıcılara göre daha hafiftir. Üretim sırasında homojen bir şekilde dağıtılarak yüksek etkinlik ve enerji sağlar. Gaz emisyonu diğer patlayıcılardan daha azdır, bu da çevreyi daha az etkiler.

Emülsiyon Anfo'nun performansını arttırmak ve üretiminin daha ucuz hale getirmek için AR-GE çalışmaları devam etmektedir. Gelecekte, bu patlayıcı için daha fazla inovasyon ve kullanım alanları da görülebilir.

2.3.1.2. Kapsüle Duyarlı Patlayıcılar

DİNAMİT: Nitrogliserin, diatomit ile emilerek elde edilen bir patlayıcı maddedir ve İsveçli kimyager Alfred Nobel tarafından 1867 yılında keşfedilmiştir.

Dinamit genellikle bir çift tabaka kağıt kaplıdır. İç kısmında patlayıcı olan ve genellikle nitrogliserin gibi bileşikler bulunan bir çekirdek vardır. Üretiminde oldukça hassas bir işlem olan karışım, şekillendirmeye uygun hale getirilir.

Madenciler, toprak kayması olmadan madenlerdeki işlemleri gerçekleştirmek için dinamite başvururlar. Dinamitin patlama anı, genellikle patlama sahnelerinde sinema ve televizyon dünyasında kullanılır.

Emülsiyon bazlı patlayıcılar, kapsüle duyarlı patlayıcılardır. Tünel, yeraltı ve yerüstü madencilik çalışmaları amacıyla tasarlanmışlardır. Bu patlayıcı maddeler ANFO ve yemlemeye duyarlı patlayıcı maddeler için emsalsiz bir yemleme malzemesidir.

SİSMİK DİNAMİT : Sismik dinamit için kullanılan patlatıcı madde genellikle nitrogliserindir. Sismik patlatmalar için üretilmiştir. Emülsiyon bir patlayıcıdır. Plastik kartuşta yeni nesil kapsüle karşı duyarlıdır. Normal kullanımda nitrogliserin bazlı diğer patlayıcılara göre; sürtünmeye, mekanik darbelere ve şoka karşı daha güvenilirdir. Sismik dinamitler neme karşı da direnç gösterir. Birbirlerine monte edilebilen ve birbirleriyle eşlenebilen plastik kartuşlar şeklinde üretilmektedir.

Sismik dinamit, kayaların parçalanmasında kullanılan diğer yöntemlere kıyasla daha hızlı sonuç verir. Özel sismik kapsüllerle kullanıldığında etkili sonuçlar verir.

JELATİN DİNAMİT : Jelatin dinamit daha çok çapı küçük olan delikler gibi diğer patlayıcı maddelerin kullanılmasına pek imkan vermeyen alanların patlatmalarında kullanılır. Performansı ve enerjisi yüksek bir üründür. İçeriğinde alüminyum bulunduğu için gri renkli ve katı kıvamlıdır.

2.3.2. Askeri Patlayıcılar

Patlayıcılar, savaş tarihinde büyük bir rol oynamıştır. Savaş stratejileri ve teknolojileriyle birlikte askeri patlayıcılar da gelişti ve çeşitlendi. Askeri patlayıcılar, silah ve mühimmat üretimi, mayın temizleme operasyonları ve savunma amaçlı kullanımlar dahil olmak üzere çeşitli askeri uygulamalarda kullanılır.

Askeri patlayıcıların sahip olması gereken birçok özellik vardır. Kullanım alanları kritik ve hassasiyeti yüksek yerler olduğu için askeri patlayıcılar olabildiğince yüksek

verimli olmalıdır. Bu kapsamda askeri patlayıcıların sahip olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Maliyetleri düşük olmalıdır.
- İçerisindeki hammadde öz kaynaklarımızdan sağlanmalıdır.
- Darbe veya sürtünmeden kaynaklı oluşabilecek reaksiyonlara karşı emniyetli olmalı,
- İstenilen düzeyde duyarsız olmalıdır,
- Her türlü ateşleme gereçleri ile kolaylıkla ve garantili olarak infilak ettirilebilmelidir.
- Büyük etki yaratmaları amaçlandığı için yüksek infilak hızına sahip olmalıdır.
- Yeterli enerji depolama kapasitesine sahip olmalıdır.
- Yoğunluk seviyesi oldukça yüksek olmalıdır.
- -62 °C ile 74 °C arasındaki sıcaklık koşullarında depolandığında dayanıklı olmalıdır.
- Karada olduğu gibi su altı patlama faaliyetlerinde de kullanmaya uygun olmalıdır.
- Nemli ve rutubetli havalarda da kullanılabilmelidir.
- Patlama sonucunda oluşan zehirli gaz miktarı en düşük seviyede tutulmalıdır.
- Depolama sırasında güvenlik önlemleri sağlanmalıdır.
- Her türlü hava koşullarında (yağmur, güneş, yüklü, karlı vb.) depolanabilmesi için uygun ambalaja sahip olmalıdır.

CİVA FULMİNAT: Civa fulminat, beyaz kristalin bir toz şeklindedir. Civa fulminat; civa, nitrojen ve oksijenin bileşimi ile oluşan bir kimyasal bileşiktir. Bu bileşik, suya karşı higroskopik özellik gösterir. Yüksek sıcaklık ve odaklanmış güçlü bir şok etkisi ile akut bir şekilde patlayabilir. Ayrıca, uzun zaman depolanırsa, patlama eğilimi artar.

Civa fulminat, büyük ölçüde silah sanayinde kullanılmaktadır ve cephanenin ana bileşenidir. Ayrıca, havai fişeklerde, volkanik patlamaların simülasyonunda, cerrahi kesici aletlerin imalatında ve metalürjide kullanılır. Bununla birlikte, bu bileşiğin çevreye verdiği zararlar ve insan sağlığı için oluşturduğu tehlikeler nedeniyle, gelecekte yerini daha çevre dostu alternatiflere bırakması beklenmektedir.

KURŞUN AZOTÜR : Kurşun Azotür, kurşun ve nitrik asit bileşenlerinin reaksiyonundan oluşan bir tuzdur. Kurşun Azotür, yüksek bir patlama yanıtına sahip olup, kolayca infilak edebilir. Ayrıca kimyasal olarak çok hassastır ve çabuk bozulabilir.

Kurşun Azotür, kurşun (II) iyonlarının nitrik asit ile reaksiyonundan oluşur. Buna ek olarak, azotik asit, amonyak ile tepkimeye girerek nitrojen oksitleri ile birleşir ve sonunda kurşun azotür oluşur. Kurşun Azotür, birçok endüstriyel patlayıcı için ana bileşen olarak kullanılır.

Kurşun Azotür, patlayıcı olduğu için çok tehlikelidir. Bu bileşik, herhangi bir yanıcı veya patlayıcı madde ile temas ettiğinde patlama riski taşır.

Kurşun Azotür, akciğer tahribatı, sindirim sorunları, nörolojik hasar ve diğer ciddi sağlık etkilerine neden olabilir. Kurşun Azotür, toprağı ve suyu kirlenmesine neden olabilir ve doğal yaşama zarar verebilir.

Kurşun Azotür, yüksek derecede patlayıcı bir bileşik olup, sağlık ve çevre için ciddi tehlikeler taşır. Ancak doğru prosedürler ve ekipman kullanılırsa güvenli bir şekilde işlenebilir. Kurşun Azotür, mühimmat, patlayıcılar ve belirli testler için kullanılabilir. Personel, uygun eğitim ve koruyucu ekipmanlarla donatılmalıdır.

KURŞUN STİFNAT: Kristal benzeri bir yapıdadır. Kapsül ve kapsülden daha az duyarlı sekonder patlayıcıları infilak ettirmek için kullanılan fünüye karışımlarının bir bileşeni olarak yararlanılan patlayıcıdır.

Kurşun stifnat; özellikle kıvılcım ve statik elektrik deşarjına duyarlıdır. Kuru halde iken insan vücudunda bulunan statik deşarjdan dolayı kolaylıkla patlayabilir. (Web 13,2024)

DİAZODİNİTROFENOL (DDNP): Sarı kristalize bir bileşik olan DDNP, nitrojen atomu içeren bir azolit türevidir. Patlayıcı özellikleriyle bilinir ve bazı yerlerde yasadışı madde olarak kabul edilir.

DDNP, TNT ve nitrogliserin gibi patlayıcı maddelerin üretiminde kullanılır. Ancak bu kullanımı son yıllarda azalmıştır. Ayrıca yüksek kaliteli renklerin üretiminde ve laboratuvar araştırmalarında kullanılan çeşitli reaktiflerin üretiminde kullanılır.

DDNP, birçok ülke tarafından kontrol altında tutulmaktadır. Bazı yerlerde patlayıcı madde olarak sınıflandırılır ve sadece lisanslı teknisyenler tarafından elde edilebilir. DDNP, son yıllarda terörizmle mücadele ve suç soruşturmalarında sık sık gündeme gelmiştir. Çünkü DDNP, patlayıcı madde olarak kullanılması nedeniyle bazı ülkelerde yasa dışıdır. Birçok ülke, DDNP'nin kullanımını sınırlama ya da yasaklama kararı almıştır.

TETRİL: Tetril; kokusu olmayan, rengi sarı ve kristal biçimde bir maddedir. Doğada belli hava koşullarında toz halde bulunur. Patlamayı güçlendirmek amacıyla kullanıldığı gibi fûnye yapımında da kullanılmıştır. Patlama esnasında fûnyenin yanına yerleştirilerek oluşan patlama gücünü ana patlayıcı maddeye iletmek için kullanılır. Aseton, benzin ve çözücülerle çözünür. 129°C - 130°C sıcaklıkta erirken 260°C sıcaklıkta da infilak eder.

PETN: Oldukça güçlü bir patlayıcı maddedir RDX ile birlikte Semtex (Plastik patlayıcı)'ın ana bileşenidir. . PETN, bir plastikleştirici madde ile karıştırıldığında plastik patlayıcı oluşturur. Hem booster hem de detanatör olarak kullanılır.

Renk ve Görünüm: Beyaz kristal toz veya pul,

Eritme Noktası: 141 °C,

Kaynama Noktası: 240 °C,

İnfilak Etme Sıcaklığı: 175°C,

Yoğunluk: 1.76 g/cm³,

Çözünürlük: Suda zor çözünen, aseton ve etanolde çözünebilir.

PETN, yüksek patlayıcı özelliklere sahip olduğu için doğru kullanım ve depolama önlemleri alınmalıdır. Aşırı sıcaklıklara, darbelere ve sürtünmeye karşı hassas olduğu için dikkatli taşınmalıdır. Üretim ve kullanım sırasında yanıcı ve patlayıcı maddelerden uzak tutulmalıdır.

RDX: RDX, moleküler yapısı ve kimyasal özellikleri itibarıyla yüksek stabilite ve enerji içeriği sunan bir bileşiktir. Düşük alevlenme noktası, yüksek patlayıcı gücü ve etkileyici bir patlama hızı ile öne çıkar. İnfilaklı fitilin bazı çeşitlerinde ana imla hakkı olarak kullanılan bir şiddetlendirici (booster)'dir.

RDX'nin üretimi oldukça karmaşık ve titizlik gerektiren bir süreçtir. Genellikle nitrometan ve nitrik asit gibi maddelerin tepkimesiyle elde edilir. Bu tepkimenin sonucunda RDX kristalleri oluşur ve ardından bir dizi işlemle saflaştırılır.

Fiziksel Özelliği: Katı - kristal,

Renk: Beyaz,

Erime Noktası: 202°C,

İnfilak sıcaklığı: 235°C'dir.

Ayrıca, suda çözünmeyen ve yüksek sıcaklıklarda stabil kalabilen bir yapıya sahiptir.

TNT (TRİNİTROTOLUEN): TNT, 1863 yılında Alman kimyager Joseph Wilbrand tarafından keşfedildi. İlk olarak boya endüstrisi için bir boya maddesi olarak üretildi, ancak sonradan patlayıcı nitelikler keşfedildi.

TNT, I. Dünya Savaşı sırasında askeri amaçlar için kullanılmaya başlandı. Yüksek patlayıcı gücü ve kararlılığıyla tanınır.

TNT, inşaat, madencilik ve hava sanayi gibi birçok sivil alanda kullanılmıştır. Güvenilirliği ve depolanması kolay olması nedeniyle tercih edilir.

Görünüm; Sarı kristal toz veya katı,

Eriklik; 1.65 g/cm³,

Eriyebilirlik; Benzen ve diğer benzer çözücülerde çözünür.

TNT, diğer patlayıcı maddelerin üretiminde kullanılır ve savunma sanayiinde sıklıkla tercih edilen bir bileşendir. Tahrip mermilerinde, bombalarda, derinlik (su) bombalarında, büyük kıyı mayınlarında, roketlerde ve tahrip kalıplarında ana imlâ hakkı patlayıcı olarak kullanılır.

TNT, mühendislikte madencilik ve inşaat sektöründe patlatmaların kontrol altında yapılmasında sıklıkla kullanılır. Endüstride temizlikte kullanılan bir bileşendir, korozyon önleyici özellikleri nedeniyle metal yüzeylerin temizliğinde de etkilidirler. Tıpta kanser tedavisinde ve radyoterapide kullanılır.

TETRİTOL: %30 TNT ve %70 Tetritol' in birleşiminden meydana gelmektedir. Tetritol neme karşı dayanıklı bir patlayıcıdır.

DİNAMİT: Nitrogliserinin diatomite soğurulmasıyla üretilen bir patlayıcı madde türüdür. İsveçli kimyager Alfred Nobel tarafından 1867'de keşfedilmiştir.

Dinamit genellikle bir çift tabaka kağıt kaplıdır. İç kısmında patlayıcı olan ve genellikle nitrogliserin gibi bileşikler bulunan bir çekirdek vardır. Üretiminde oldukça hassas bir işlem olan karışım, şekillendirmeye uygun hale getirilir.

Madenciler, toprak kayması olmadan madenlerdeki işlemleri gerçekleştirmek için dinamite başvururlar. Dinamitin patlama anı, genellikle patlama sahnelerinde sinema ve televizyon dünyasında kullanılır.

Emülsiyon bazlı patlayıcılar, kapsüle duyarlı patlayıcılardır. Tünel, yeraltı ve yerüstü madencilik çalışmaları amacıyla tasarlanmışlardır. Bu patlayıcı maddeler ANFO ve yemlemeye duyarlı diğer patlayıcılar için emsalsiz bir yemleme malzemesidir.

HBX (HIGH BLAST EXPLOSİVES): Katı harç benzeri bir haldedir. İnfilak sıcaklığı 185°C-260°C'dir. HBX ana imlâ maddesi olarak genellikle torpido, mayın, uçak bombaları ve su (derinlik) bombalarında kullanılmaktadır.

Dünya ordularının kullandıkları askeri patlayıcılar hakkında yukarıda bilgi verilmiştir. Söz konusu patlayıcı maddeler genelde torpido, mayın, bomba vb. yerlerde kullanılsa da bunların dışında; engel açma, geçit açma, yol yapımı, bina yıkımı, mühimmatların ana dolgu maddesi vb. gibi yerlerde de kullanılmaktadır. Dolayısı ile askeri patlayıcıların kesinlikle depolama emniyeti olmalı ve her türlü hava şartında depolanarak kullanılabilme imkanı sağlamalıdır.

Askeri patlayıcıların yaratacağı etkiler sivil patlayıcılara oranla daha yüksektir. Bu patlayıcılar su altında yapılacak olan patlamalarda da kullanılabilecek niteliğe sahip olmalıdır. Ayrıca uzun süre depolamaya imkan sağlamalıdır.

Tablo 2.1'de askeri patlayıcı maddelerin nispi etkinlik faktörleri karşılaştırılmıştır. Tabloda patlayıcı maddelerin infilak hızları ve nispi etkinlik faktörleri gösterilmiştir.

Bir patlayıcı ve mühimmatın, içerisinde bulunan patlayıcı cinsi o patlayıcı ve mühimmatın parça tesirini etkileyen en önemli husustur. Nispi etkinlik faktörü yüksek olan patlayıcı maddelerin kullanıldığı tahrip kalıpları ve mühimmatların, etkisinin artacağı değerlendirilmektedir. Bu amaçla TNT, PETN ve RDX gibi askeri patlayıcılar günümüzde dünya orduları tarafından sıklıkla kullanılan patlayıcılardır.

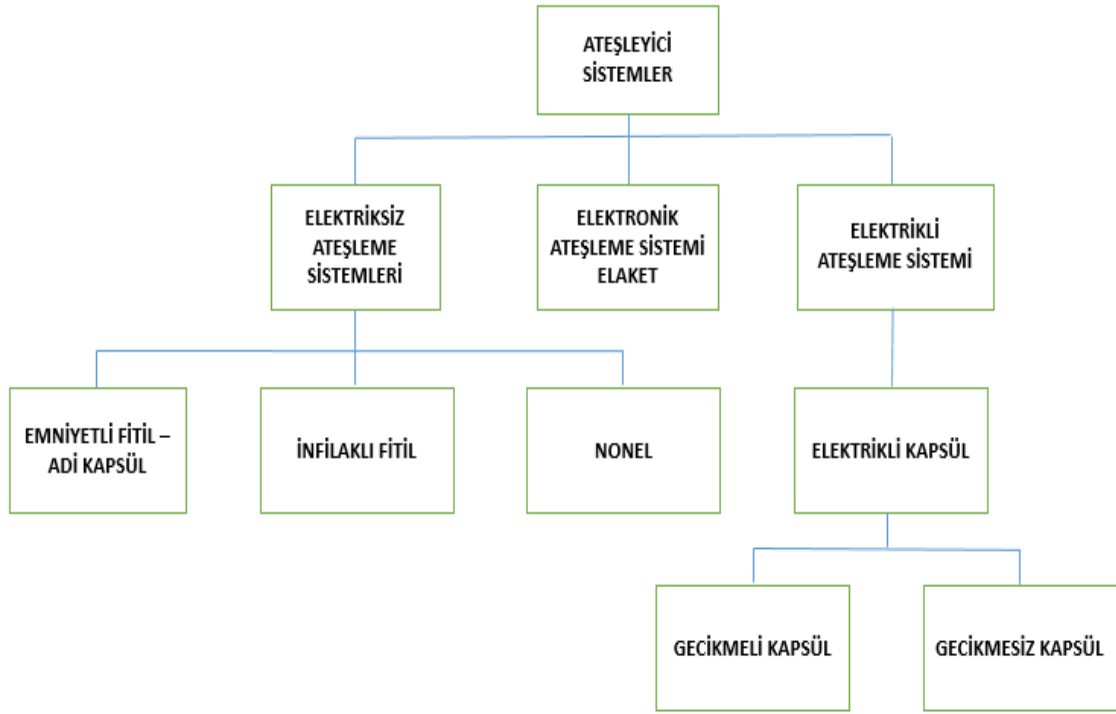
Tablo 2.1. Patlayıcı Maddelerin İnfilak Hızı ve Nispi Etkinlik Faktörleri (Deniz,2018)

PATLAYICI MADDENİN ADI	İNFİLAK HIZI (m/s)	NİSPİ ETKİNLİK FAKTÖRÜ
Amonyum Nitrat	2700	0,42
Kara Barut	400	0,55
TNT	6900	1
Bangalore Torpedo M1A2	7800	1,17

Boşluklu İmla Hakkı M2A3, M2A4, M3A1	7800	1,17
Tetritol 75/25	7000	1,20
Nitrogliserin	7700	1,50
RDX	8350	1,60
PETN	8300	1,66
İnfilaklı Fıtl	6100 - 7300	1,66

2.4. Ateşleme Sistemleri

Bir patlayıcının reaksiyona girerek patlayabilmesi için söz konusu patlayıcı; şok, darbe ve tutuşma gibi etkilerden en az birisine maruz kalmalıdır. Patlayıcı maddeleri reaksiyona geçirmek için istenen etkiye veren bu elemanlara ateşleme elemanları denilmektedir. Patlayıcı maddelerin özelliklerini bilmek ve nerde kullanılmaları gerektiğine karar vermek kadar kullanılacak ateşleme sisteminin de kullanım alanına göre seçilmesi önemli bir parametredir.



Şekil 2.7. Ateşleme Sistemleri

2.4.1. Elektriksiz Ateşleme Sistemleri

2.4.1.1. Emniyetli Fitol – Adi Kapsül

İçine yüksek hassasiyetli patlayıcı madde doldurulmuş olan ve bir ucu açık olan metal kapsül türüdür. Kapsüller; içlerindeki patlayıcı maddeleri infilak ettirmekle görevlidirler. Kapsüller ezilme, vurma, sürtünme, elektrik akımı ve şekil değiştirmeye karşı duyarlıdırlar. Uzunluğu 40-50 mm, çapı 6-7 mm olan alüminyum veya bakırdan imal edilerek üretilen metalik tüplerin içine doldurularak patlayıcı maddelerin duyarlılıkları minimum seviyeye indirilmiştir. Neme dayanıklı olan alüminyum kapsüller yine de patlama esnasında akkor duruma gelerek çevreye fırlayabilmektedirler. Bakır kapsüller kapılı işletme kömür maden ocaklarında kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedeni bakırın ısıyı hızlı bir şekilde iletmesinden dolayı soğuma alüminyuma göre daha çabuk olmaktadır. Adi kapsül neme duyarlı olmadığı için sulu deliklerde kullanılmamalıdır.

Adi kapsüller neme duyarlı olmadığı için kesinlikle depolama esnasında nem almayan, kuru ortamlarda depolanmalıdır. Kapsüller kesinlikle darbelere maruz kalmayacak şekilde muhafaza edilmelidir. Buna ek olarak da statik elektrik ve ateşlerden uzak tutulmalıdır. Adi kapsülün kullanılacağı esnalarda fitilin dikkatli ve doğru kesilmesine özen gösterilmelidir. Fitiller kapsülün içerisine doğru yerleştirilmelidir. Bu yerleştirme

faaliyeti sırasında oldukça dikkatli olunmalıdır. Fitilin kapsül içerisine yerleştirilmesinden sonra kapsülün ağız kısmı kapsül pensesi ile dikkatlice büzülmelidir. Ancak fitilde kopmalar ve kesilmeler meydana gelmemesi için büzme işlemi çok sıkı yapılmamalıdır. Fitol takma işlemi ve kapsülün ağız bükme işlemi patlayıcı maddelerden uzak yerde yapılmalıdır. Faaliyetin her evresinde emniyet tedbirleri her zaman en üst seviyede tutulmalıdır.

2.4.1.2. İnfilaklı Fitol

Çekirdeğinde PETN (Pentaeryhtrol tetranitrate) bulunur. Genellikle kapsüle duyarlı ticari patlayıcıların ateşlenmesinde, ön kesme- son kesme gibi özel uygulamalarda ve elektriksiz kapsüllerin yüzey bağlantılarını yapmada kullanılır.

Çevresinde örölü sentetik ip bulunan dış kısmı da suyu geçirmeyen PVC ile kaplanmış esnek özellikte bir fitildir. İnfilaklı fitil bir kapsül yardımıyla ateşlenmesi halinde fitil uzunluğu boyunca 6300 metre/saniye ile 7000 metre/saniye hızla infilak eder. İnfilaklı Fitilin dolgu maddesi PETN 0.2 gr PETN/m – 80 gr PETN/m arasında değişmektedir. İnfilak etme hızı patlayıcı maddenin çekirdeğindeki patlayıcı miktarı ile doğru orantılıdır. (Deniz,2018)

PETN suyu yavaş yavaş absorbe etmekte, bu sebepten dolayı da ateşlemeye duyarsız hale gelmektedir. İnfilaklı fitil ıslansa bile, fitilin kuru ucundan ateşlendiği takdirde patlar.

İnfilaklı fitilin koruma tabakası; ticari patlayıcıların kullanıldığı tüm ortamlarda karşılaşılabilecek her türlü fiziksel şartlardan koruma sağlar. Koruma tabakası infilaklı fitile mükemmel bir çekme dayanımı sağlarken esnekliğe, sürtünmeye, aşırı ısıya, aşırı soğuğa, neme ve yağa karşı da direnç kazandırır.

Yükli hava koşullarında Elektrikli kapsül yerine infilaklı fitiller güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Statik elektrikten etkilenmez, sürtünme ve çarpmaya karşı hassas değildir.

Aynı delikte birkaç bölgeden yemlemenin ihtiyaç duyulduğu çapı büyük ve derin delikler için uygun bir seçimdir.

Özel yüzey gecikmesi röleleri vasıtasıyla sonsuz bir gecikme sağlanabilmektedir.

2.4.1.3. Elektriksiz Kapsüller (NONEL)

NONEL (Non - Electric) elektriksiz kapsüldür. Elektriksiz kapsül 3 katmanlı şok tüp teknolojisine sahip olduğundan eşsiz performans imkanı sunarken sınırsız gecikme olanağı da sunar.

Bu sisteminde enerji kapsülü infilak ettirmek için şok tüp içinden geçer. Bu sırada infilaklı fitil zarar görürken şok tüp zarar görmez ve delikteki patlayıcıyı sağırlandırır.

Sistem elektriksiz ateşleme sistemi mantığında olduğundan dolayı manyetik alanlardan ve diğer elektrik kaynaklarından etkilenmez. Güvenli bir ateşleme sistemidir. Elektriksiz kapsül; patlatma kaynaklı çevresel etkilerini minimize eden bir çözümdür.

PETN; kapsülün içindeki çelik tüp içerisindeki başlatıcı elemandır, Hexojen ise kapsülün gövdesine direkt olarak sıkıştırılmış ikincil patlayıcı ana şarjdır. Kapsül içindeki Nonel tüpü serbest ucu tıkalı ve uygun uzunluktadır. Sızdırmazlık tıkaçı; Kapsülün içine su girişini engeller ve nonel tüpünü aşınma ve zedelenmeye karşı korur. (Deniz,2018)

Kullanıldığı Yerler

- Özel patlatma uygulamalarında,
- Taş ocaklarındaki patlatmalarda,
- Çimento ve kireç fabrikalarına hammadde sağlayan ocaklarda,
- Yerüstü ve yeraltı patlatmalarında,
- Yerüstünde kömür madenciliğinin üretim ve dekapaj çalışmalarında,
- Yerüstü ve yeraltında metal madenciliğinin üretim ve dekapaj çalışmalarında,
- Otoyol ve baraj çalışmalarında yapılan kazılarda kullanılır.

Avantajları

- Gecikme tam kontrollüdür.
- Son derece emniyetli bir ateşleme sistemidir.
- Statik elektriğe karşı güvenlidir.
- Sulu deliklerde kolaylıkla kullanılır.
- Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkileri en aza indirir.
- Kolay kullanımlıdır.
- Patlatma deliği boyunca yemlemeye duyarlı ürüne zarar vermez.
- Kapsül tüpleri istenilen uzunluğa göre üretilebilir.
- Sürtünmeye, kopmaya karşı dayanıklıdır.

- Diğer ateşleme sistemlerine göre %30 ila %35 daha fazla ilerleme sağlar.

2.4.2. Elektronik Ateşleme Sistemi Elakat

Elektronik kapsüller elektriksiz kapsüllere göre, yalnızca yetkili kişilerin erişimini sağlayan şifreli kodları vardır. Bu kapsüller cep telefonu ve telsiz gibi radyo dalgaları ve sinyalleri yayan cihazlara duyarsız olması nedeniyle kazara ateşlenilme riskini en aza indiren daha güvenli bir sistemdir.

Ateşleme sırasında getirdiği güvenliğin yanı sıra, patlatma maliyetlerinin düşürülmesi, patlatma kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması, patlatma veriminin artırılması, uygun pasa geometrisini oluşturulması ve ikincil kırma maliyetlerinin azaltılması gibi konularda işletmelere yarar sağlamaktadır. (Deniz,2018)

Avantajları:

- Patlatma öncesi tek ölçüm ekipmanı ile bağlantılarının hatasız olması ve gecikme aralıklarının kontrol edilebilir olmasının yanı sıra tüm kapsüllerin çalışır durumda olup olmadığına imkan sağlaması,
- Gecikme aralığının 1 milisaniye artış ile 10.000 milisaniyeye kadar verebilmesi,
- Gecikme sürelerinde sapmaların % 0,01 hassasiyette olması,
- Elektronik kapsüllerin özel dijital patlatma makinesi (manyeto) ile 1.600 adede kadar güvenilebilir şekilde ateşlenme imkânı,
- Patlatma esnasında yüksek güvenlik sağlaması.

2.4.3. Elektrikli Ateşleme Sistemi

2.4.3.1. Elektrikli Kapsül

Adi kapsüllerle aynı prensipte çalışmakta olan elektrikli kapsüller adi kapsüllerin meydana getirdiği zamanlama problemini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca delik içlerinde bulunan patlayıcıları arzu edilen zamanda arzu edilen milisaniyelik aralıklar ile patlatılması maksadıyla kullanılabilir. (Deniz,2018)

Elektrikli kapsül ile yapılacak patlatmanın başarılı olabilmesi için;

- Patlatmanın amacına uygun patlatma devresi seçilmelidir.
- Patlatmaya yeterli olacak uygun güç kaynağı kullanılmalıdır.
- Kontrol edilerek elektrik kaçakları yok edilmelidir.
- Elektrikli kapsül olduğu için gerekli emniyet tedbirleri alınmalıdır.

- Patlatma devresinde ölçtüğümüz mevcut toplam direnç ile hesaplaması yapılan toplam direnç eşit olmalıdır.

2.4.3.1.1. Gecikmeli Elektrikli Kapsül

Gecikmeli elektrikli kapsüller; aynı esnada ateşleme yapıldığında deliklerin aynı patlamamasına ve bindirmeli olarak patlamasına imkan sağlayan kapsüllerdir. Bu özellik ile bir atım yapılırken fazla miktarda patlatma yapmaya imkan verdiği için daha fazla verim almak maksadıyla kullanılır. Alüminyum ve bakır yüzüklü olmak üzere iki çeşittir. (Deniz,2018)

Kullanım Alanları

- Su altındaki patlatmalar,
- Taş ocaklarındaki patlatmalar,
- Kanal işlerindeki patlatmalar,
- Şaft çalışmalarındaki patlatmalar,

Avantajları

- Güvenilirdir,
- Kullanıcılara kontrol imkanı vererek emniyetli patlatmaya olanak sağlar,
- İstenilen gecikme zamanını vermeyi sağlar,
- Suya karşı dayanıklıdırlar,
- Basınca karşı dayanıklıdırlar,
- Görülebilir gecikme imkanına sahiptir.

2.4.3.1.2. Gecikmesiz Elektrikli Kapsül

Kapalı ve açık ocak türü işletmelerdeki patlatmalarda kullanılmaktadır. Manyeto ile ateşlenir. Bakır ve alüminyum yüzüklü olarak üretilir.

BÖLÜM 3. PATLAYICI MADDENİN DEPOLANMASI

3.1. PATLAYICI MADDE DEPOLARI

Ülkemizde patlayıcı madde üretimi ve depolanmasına ilişkin hususlar “Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle Av Malzemesi ve Benzerlerinin Üretimi, İthalı, Taşınması, Saklanması, Depolanması, Satışı, Kullanılması, Yok Edilmesi, Denetlenmesi Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük” ile düzenlenmektedir. (Irgat,2019)

Patlayıcı maddelerin depolanması, tasarım, inşaat, montaj ve bakım aşamaları dahil olmak üzere azami güvenlik önlemleri alındığında gerçekleştirilmelidir.

Patlayıcı maddelerin doğru ambalajlama teknikleri kullanılarak depolanması önemlidir. Depolama yapılan malzemeler; çevre faktörlerinden ve diğer malzemelerden etkilenebilirler.

Depolama alanı için bir güvenlik planı hazırlanmalıdır. Ayrıca, kaynakların, farklı tipte yangın söndürücülerinin, yangın dedektörlerinin vb. mevcut olması gerekir.

Patlayıcıları depolamak için depo seçiminde patlayıcının sınıfı, miktarı, yerleşim yerine uzaklığı ve sabotaj gibi durumlar etkili rol oynamaktadır.

Depolar sadece yetkili kişiler tarafından gerekli sayım kontrolü ve malzeme giriş çıkışı olacağı durumlarda açılmalıdır. Depoların temiz bulundurulması konusuna dikkat edilmelidir. Depolama tesisinde kullanılan ambalaj malzemeleri ve alet edevat depoların içinde kesinlikle unutulmamalıdır.

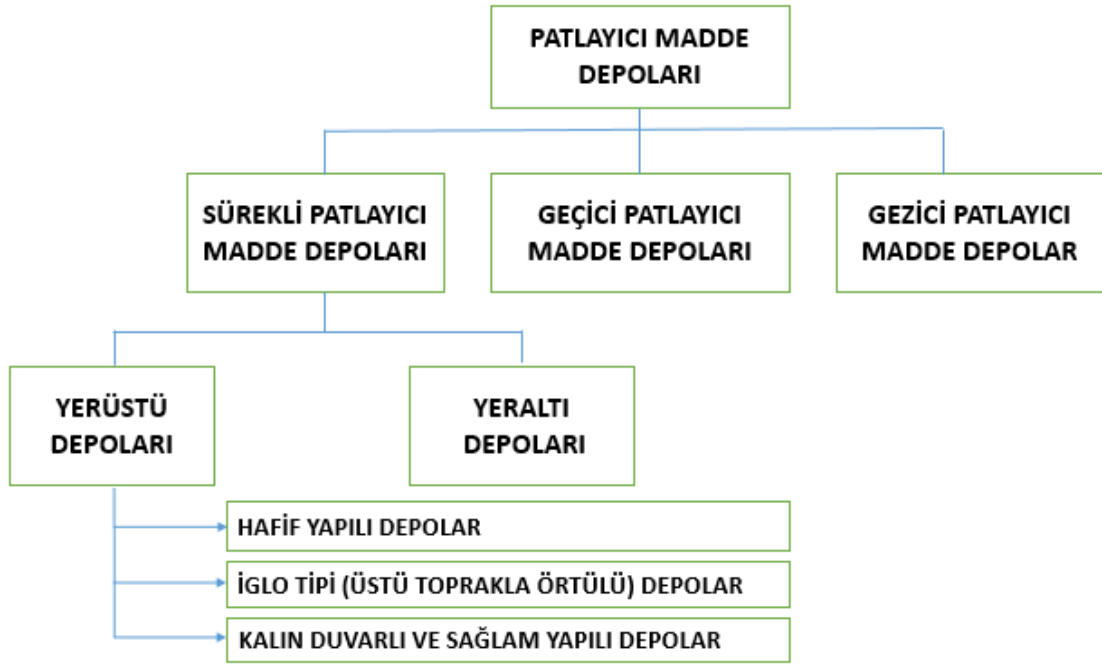
Statik elektrikten kaynaklı oluşabilecek emniyetsiz durumlar için gerekli tüm önlemler alınmalıdır. Statik elektrik için alınacak emniyet tedbirlerinden bir tanesi özel üretilen çivisiz ayakkabıların kullanılmasıdır. Buna ek olarak depoda çalışan personel statik

elektrik oluşturabilecek orlon, naylon ve perlondan oluşan kıyafetleri giymemelidir. Patlayıcı depolarına depolama görevlisi dışında hiçbir personel girmemelidir.

"TEHLİKELİ BÖLGEDİR GİRİLMEZ" uyarıcı levhaları depolama sahası dışında değil depolama alanı sınırına yerleştirilmelidir. Depo alışma emniyet talimatları ve diğer ilgili güvenlik yönergesi depo binası içinde kolay gözükebilir uygun bir bölgeye asılmalıdır. İcra edilecek her faaliyetin öncesinde o faaliyete ait özel talimatlar görevli personele tebliğ edilmelidir. İstiflenen patlayıcı maddelerin sıra başlarına patlayıcı maddenin adını, patlayıcı maddenin cinsini, patlayıcı maddenin miktarını gösteren levhalar asılmalıdır. Ayrıca patlayıcı maddelerin depoya girdiği tarihin bilgileri de söz konusu levhalara konulmalıdır.

Depo içerisinde herhangi bir bakım ve onarım icra edilecek ise patlayıcı maddeler depodan uzaklaştırılmalıdır. Depolardan uzaklaştırılan patlayıcılar düzensiz olarak değil düzenli bir şekilde tahta paletler ve kalasların üzerlerine yerleştirilmelidir. Ayrıca patlayıcıların yağmur ve gün ışığı gibi fiziksel etkilerden etkilenmemesi için de gerekli tedbirler alınmalıdır. Patlayıcı maddeler bu esnada uzak bir yerde geçici olarak depolanırsa emniyet maksadıyla bir personel görevlendirilir. Bu işlemler gün aydınlık iken yapılmalı ve hava kararmadan önce bitirilmelidir. İşlem sonunda patlayıcılar tekrar depolama tesisine geri konmalıdır. Eğer bu süreç uzun sürececek ise patlayıcı maddeler farklı bir depoya taşınmalıdır.

Patlayıcı madde depoları üç ana gruba ayrılırlar. Bunlar sürekli, geçici ve gezici depolardır.



Şekil 3.1. Patlayıcı Madde Depoları

3.1.1. Sürekli Patlayıcı Madde Depoları

Bunlar merkezi depolama alanlarıdır ve belirli miktarda patlayıcı maddeyi kontrollü bir şekilde depolamak için kullanılırlar.

Sürekli patlayıcı madde depoları sınırsız boyutta olamazlar, ayrıca bir depodaki maksimum içerik miktarı, depolama koşulları, özellikleri ve depoda bulunan malzemelerin özellikleri ile belirlenir.

Bu depolar, çalışanların ve çevrenin güvenliği için sürekli patlayıcı maddelerin doğru şekilde saklandığı yerlerdir.

Depolarda depolanacak sürekli patlayıcı madde miktarı, depo özellikleri, üretim amaçlı veya depolama amaçlı kullanımı ve süresi, çevre şartları dikkate alınarak, ambar yöneticisi veya yetkili kişi tarafından belirlenir.

Patlayıcı maddelerin depolanması kritik önem taşır ve sadece yeterlilik sahibi kişilere veya şirketlere emanet edilmelidir. Güvenli ve uygun koşulları sağlamak, kullanılan patlayıcı maddelerin yüksek riskli özelliklerine karşı koruma sağlamak için hayati önem taşır. Bu güvenlik önlemlerinden bazıları;

- Güvenlik Yönetim Sistemi: Güvenlik eğitimi, risk analizi, acil durum planları, koruyucu giysi ve ekipman kullanımını amaçlamaktadır.

- Depo Giriş ve Çıkış Kontrolü: Yalnızca yetkili personel ve araçların depo alanına girişi sağlanır. Ziyaretçilerin ve araçların depoya giriş ve çıkışları, koruyucu giysi ve ekipmanlarla kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar.
- Fiziksel Güvenlik: Güvenlik kameraları, uygun aydınlatma sistemleri, duman dedektörleri ve hava kilitleme sistemleri kullanılarak depo alanının izlenmesini ve korunmasını sağlar.

3.1.1.1. Yerüstü Depoları

Yüzeyde kurulan sürekli depolar, hem tek katlı olmalı hem de yerleşim bölgelerinden uzak bir yerde bulunmalıdır. Olası bir patlamada tehlikeli parçaların yayılmasını önlemek için dayanıklı ve geniş saçaklı malzemeler kullanılmalıdır. Çatılar ise güvenlik amacıyla hafif ve yangına dayanıklı malzemelerle kaplanmalıdır.

Depo zeminleri temizliği kolay olan mozaik veya çimento olmalıdır. Bunun diğer avantajı da çarpma ve sürtünmeden dolayı kıvılcım çıkarmaya engel olmasıdır. Depo duvarlarında çatlaklar olmamalıdır. Depolar açık renkte boyanmalı ve duvarların nem almaması için duvarlar düz olarak sıvanmalıdır. Patlayıcı maddelerin direkt güneş ışınlarına maruz kalmaması için depo içindeki pencereler çatıya yakın bir bölgeye uygun yükseklikte yapılmalıdır. Depoların havalandırılması gerektiğinde havalandırmak için kullanılacak havalandırma delikleri koyulmalıdır. Pencereler demir parmaklıklı yapılmalıdır. Yabancı veya yanıcı maddelerin depoya girmemesi için pencereler galvanizli tel veya pirinç kafes ile korunaklı olmalıdır.

Depoların dış kapıları saç malzemelerden yapılmalıdır. Bunun yanında kapılara kanatların dışarıya açılmasını sağlayan gizli kilit konulmalıdır. Depoların iç kısmındaki kapıları ise ahşap olmalıdır. Kış ve bahar aylarında yağmur olukları devamlı kontrol edilerek arızalı olanlar ivedi olarak değiştirilmelidir. Ayrıca oluşabilecek su baskınlarına karşı da depoların etraflarına yağmur kanalları açılmalıdır.

Patlayıcı maddelerin depolanması için alternatif yöntemler mevcuttur. Bunlar arasında açık depolama alanları, yer altı tesisleri veya taşınabilir konteynerler bulunmaktadır. Her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları vardır ve uygunluğu, kullanım senaryosuna ve patlayıcı maddenin özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmelidir.

Yer üstü patlayıcı madde depoları kendi içlerinde 3 çeşit olarak ayrılmaktadır.

a) Hafif Yapılı Depolar: Az miktarda patlayıcıyı depolamak için kullanılan bu depolar normal bina yapılarına benzer. Bu depoların yan duvarları en az 225 mm kalınlığa sahip

olmalıdır. Dolgu tuğladan veya en az 275 mm kalınlığa sahip delikli tuğlalardan yapılmalıdır. (Irgat,2019)

b) Ağır Yapılı (Kalın Duvarlı ve Sağlam Yapılı) Depolar: Bu tür depolar inşa edilirken yan duvarları en az 680 mm kalınlıkta tuğla veya minimum 450 mm kalınlıkta betonarme ya da bunlara eşdeğer sağlamlıkta başka malzemelerden yapılmalıdır. Depo tavanı ise 15 cm kalınlıkta betonarme veya aynı özellikteki benzer malzemeden yapılmalıdır. Depo yan duvarlarının kalın olmasının sebebi olası bir kaza durumunda patlama etkisinin yanlara doğru değil yukarıya doğru olmasını sağlamaktır. (Irgat,2019)

c) İglo Tipi (Üstü Toprakla Örtülü) Depolar: Uzun süreli depolanacak ve yüksek güvenli koruma gerektiren tüm patlayıcı maddelerin iglo tipi depolarda depolanmasına öncelik verilmelidir. Bu depoların üst toprak kalınlıkları 60 cm olmalıdır. Arka yan kısımlar en az 26 derece en çok 33 derece eğimli olmalıdır. Yan duvar kalınlıkları en az 30 cm tavanı ise en az 15 cm betonarme olurken kapıları ise en az 7 bar basınca dayanabilen malzemeden olmalıdır. Etrafta başka depolar varsa bu depoların kapısı komşu depoların kapısına bakmamalıdır.

3.1.1.2. Yeraltı Depoları

Bu depolar; maden ocaklarında, yeraltında ve maden ocağı içinde yapılabileceği gibi taş ve beton kullanılarak sağlam tavanlı ve sağlam duvarlı olarak da yapılabilir. Yan bölgeleri toprak ile örtülebilir veya yamaç bir alanda açılacak galeriye girilmek üzere tünel şeklinde de yapılabilir. Yönetmelikte; depoların üzerinde bulunması gereken toprak kalınlığı, emniyet mesafeleri ve proje hususları yer almaktadır. Söz konusu patlayıcı depolarının çıkışına beton veya toprak bir sütne yapılabilir. Depo içerisine su girmemesi ve depolarda nem oluşmaması maksadıyla gerekli tedbirler alınır. Gerekli havalandırma sistemleri yapılarak depo içerisindeki sıcaklığın 25 dereceyi aşmaması sağlanmalıdır. (Irgat,2019)

3.1.2. Geçici Patlayıcı Madde Depoları

Bu tür depolama alanları, taşınacak veya işlenecek patlayıcı maddeleri muhafaza etmek için kullanılır.

Geçici depoları en fazla üç yıla kadar sürecek projeler için yapılabilir. Fakat bu süre içerisinde projenin devam etmesi halinde bu süre bir yıl daha uzatılabilir. Geçici patlayıcı depolarında tek seferde en fazla 6 tona kadar patlayıcı madde depolanabilir.

Bu depolarda yanmayan ve dayanıklı prefabrik yapı malzemeleri kullanılmalıdır. Prefabrik malzeme kullanılır ise çalışanların gidiş ve gelişlerinde emniyetini sağlamak amacıyla depoların ön ve yanlarına koruyucu sütre yapılması hem önemli hem de zorunludur. Bu tür prefabrik depolarının yan duvarları ve kapıları birbirlerine geçmeli veya bindirmeli olarak dayanıklı yapılırlar. Ayrıca depoların çatıları ise yanmaz malzemeye örtülür. Tabanlar ise yerüstü sürekli depolarında olduğu gibi yapılmalıdır. (Irgat,2019)

3.1.3. Gezici Patlayıcı Madde Depolar

Gezici patlayıcı depolarının depolama kapasiteleri ise en fazla iki (2) ton olarak belirlenmiştir. Fakat sismik araştırmalarda kullanmak koşuluyla, sadece sismik dinamitler için en fazla on (10) ton patlayıcının depolanmasına izin verilebilir. Söz konusu izin Petrol işleri Genel Müdürlüğünden alınmalıdır. Patlayıcıların taşınmasında gezici depoların kullanılması yasaktır.

Patlayıcı madde depolarının; depo çeşitlerine göre farklı özellikleri bulunsa da bazı özellikleri ortaktır. Bu ortak teknik özellikler her çeşit depoda kullanılan patlayıcı maddenin yüksek riskli ve tehlikeli olmasından kaynaklanmaktadır. Her ne amaçla olursa olsun, her ne çeşit patlayıcı madde deposu olursa olsun aşağıdaki adımlar başta olmak üzere birçok emniyet tedbiri tamamen tüm patlayıcı madde depoları için geçerlidir. (Irgat,2019)

- Depolar içindeki havalandırma delikleri ve bacalar ile havalandırılmalıdır. Bunun yanı sıra havalandırma bacalarından depoya kuş, fare vb. gibi hayvan girmesini önlemek için bacalar pirinç ve bakır tel kafes ile örtülmelidir.
- Depolara yıldırımdan korunmak için paratoner sistemleri tesis edilmelidir.
- Topraklanmış bakır, pirinç veya alüminyum levhalar statik elektriğe karşı depo giriş duvarlarına ve depo kapılarına konur.
- Aydınlatma için ilgili mevzuat dikkate alınmalı ve yalıtılmış özellikteki armatürler kullanılmalıdır.
- Depolama kapasitesi beş (5) ton olan patlayıcı depoları için en az elli metre uzaklığa, depolama kapasitesi beş (5) ton dâhil daha fazla olan patlayıcı depoları için en az yüz metre uzaklığa tel örgü çekilmelidir. Ayrıca ilgili denetim makamlarınca gerek görülmesi durumunda duvar ile çevrilmelidir.

3.2. Patlayıcı Maddelerin Depolanmasında Önemli Kriterler

Patlayıcı maddeler yüksek güvenli ortamda bulundurulmaları kapsamında yalnızca patlayıcı maddelerin depolanması amacıyla üretilmiş depolarda depolanmalıdır. Bu depoların kuru olması büyük önem taşımaktadır. Eğer nemli ve yağ bir bölgede patlayıcı madde depolanırsa patlayıcı maddeler ve kapsüller alevlenerek patlama riski doğurur.

Kapsüller, barutlar, dinamit, nitrogliserin, nitroselüloz ve av fişekleri kesinlikle aynı depoda ve bir arada depolanamayacağı gibi başka maddelerle de asla depolanmamalıdır. Her bir patlayıcı madde ayrı ayrı depolarda depolanamıyor ise de aynı deponun farklı bölümlerinde depolanmalıdır. Bu kısıtlamaya ek olarak amonyum nitrat ile dinamit, kapsül ile fitil aynı alanlarda ama ayrı yerlerde depolanabilir.

Patlayıcı madde bulunan ambalaj ve kutular direk zeminle temas edecek şekilde konulmamalıdır. Patlayıcı madde ile yer zeminin arasında en az 10 cm boşluk olacak şekilde paletler kullanılarak bu paletlerin üzerine istiflenmelidir.

Patlayıcı maddeler gelişigüzel olacak şekilde değil üretim tarihleri dikkate alınarak sırasıyla istiflenmelidir. Bu istiflerin yükseklikleri 160 cm daha yüksek olmamalıdır. Bu istifler gruplar halinde olmasının yanında aynı zamanda da aralarından geçişe müsaade edecek boşluk imkanı sunmalıdır. Depolama için görevlendirilen personel kesinlikle eğitim almış personelden seçilmelidir. Patlayıcı madde istifleri yapılırken üzerlerindeki ambalaj, yazı ve etiketleri okunacak şekilde olmalıdır. Bu etiketler de personelin kolaylıkla görebileceği yükseklikte olmalıdır.

Patlayıcı maddeler olabildiğince kısa süre depolanmasına önem verilmelidir. Bu süreçte de ilk giren malzemenin ilk çıkan malzeme olması prensibi ile hareket edilmesi önem arz etmektedir. İlk giren malzemenin ilk çıkması gerektiğinin önemini anlatmak maksadıyla bir örnek verece olursak; nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler gereğinden fazla depolanırsa nitrogliserin kusmaları meydana gelebilmektedir.

Patlayıcı maddelerin üretim yılları depo görevlisi tarafından bilinmeli ve üretim tarihi eski olan patlayıcı maddelerin ilk olarak kullanılmasına önem verilmelidir. Patlayıcılar çarpma ve sürtünme gibi fiziksel olaylardan uzak tutulmalıdır. Patlayıcı maddelerin taşınması sırasında çok dikkat edilmelidir. Ayrıca elektrik ve ısı büyük tehlikelere yol açabilir.

3.2.1. Patlayıcı Madde Depolarında Kullanılacak Araçlar İle İlgili Önlemler

Patlayıcı madde depolarında kullanılacak araçlar (forklift, vinç), depo içerisinde çalışması gerektiğinde patlayıcılar ile çalışabilme değişikliğine sahip olmaları gerekmektedir.

- Elektrikli araçlar, özellikle statik elektrik gibi tehlikelere yol açabileceğinden dolayı depo içerisinde çalıştırılmamalıdır.
- Araçlar, kesinlikle patlayıcı madde depolanan bölümünde değil farklı bir yerde depolanmalıdır.
- Bu araçlara depo içerisinde veya patlayıcı maddelere yakın bir bölgede kesinlikle yakıt konulmamalı ve bakımları yapılmamalı. Patlayıcı madde yanında bırakılmamasına özen gösterilmelidir.
- Patlayıcı madde bulunan bir alanda çalışması istenen araçlar kesinlikle bu iş için üretilmiş araçlar olmalıdır. Bu doğru seçim patlayıcıları yanlışlıkla sıcaktan, sürtünmeden ve basınçtan kaynaklanacak tutuşmalara karşı korur.
- Patlayıcıların bulunduğu depolarda kullanılması planlanan içten yanmalı motorlu araçlar öncelikle ve kesinlikle güvenliği tehlikeye atmayacak modifikasyonlar ile donatılmalıdır.
- Patlayıcı madde depolarında kullanılacak tüm araçlarda topraklama lastiği (şok lastiği) kullanılmalıdır. Topraklama lastiği topraklama zincirine göre büyük avantaj sağlar, topraklama zinciri kıvılcım çıkarma riski dolayısı ile kullanılmamalıdır.



Şekil 3.2. Araç Topraklama Lastiği [Web 7]



Şekil 3.3. Araç Topraklama Zinciri [Web 8]

3.3. PATLAYICI MADDE NAKLİYATI

Patlayıcı maddelerin giriş gümrüğünden, satıldığı yerden, fabrikadan veya depolarından taşınabilmesi için izin taşıma izin belgeleri alınması zorunludur.

Patlayıcılar kamyonet veya pikap gibi üstü açık şekilde taşınacak ise kesinlikle patlayıcı madde sandıkları bu araçların kasa yüksekliğinden fazla olmayacak şekilde istiflenmelidir.

Patlayıcı madde sandıklarının üstünde yanmayan veya ateşe karşı dayanıklı branda ya da yangına karşı dirençli başka bir malzeme örtülmelidir. Patlayıcı madde taşınan araçta kesinlikle başka malzeme kargo bölümüne konulmamalı ve taşınmamalıdır.

Patlayıcı madde nakliyesi sırasında kullanılacak araçların bakımlarının iyi yapılmış ve onaylanmış araç olmasına dikkat edilmelidir. Bu nakliye için uygun değilse uygun şekilde teçhiz edilmesi sağlanmalıdır. Aynı zamanda aracın kompartıman kısmı kıvılcım çıkarmayan malzemeden üretilmeli ya da kontrplak, fiberglas vb. yangın çıkarmayan malzemeye kaplanmalıdır.

Patlayıcıları ambalajları, taşıtlara kapak kısımları üste gelecek şekilde ve birbirleri arasında boşluk olmayacak şekilde yanaştırılarak yerleştirilmelidir. Böylece hareket halindeyken patlayıcı maddeler sağa sola oynamadan, kaymadan, sıçramadan ve düşmeden taşınmaları için gerekli önlemler alınmalıdır.

Kapsüller, patlayıcı maddeler ile beraber taşınacak ise uygun şekilde ayırt edilerek ve bu kapsüllerin elektrik temasını önleyecek önlemler alınmalıdır.

Patlayıcı maddelerin taşınması sırasında en büyük tehlikenin yangın olduğu bilinmektedir. Bu tehlike dolayısı ile araçta bulunan YSC' lerin dolu ve kullanılabilir durumda olmasına ve araç avadanlığında bulunan ikaz levhaları ve reflektörlerin eksiksiz olmasına dikkat edilmelidir.

Alınan her tedbire rağmen aracın kargo bölümü değil de ön bölümünde çıkacak yangına da müdahale edilebilmelidir. Eğer yangın aracın kargo bölümü yani patlayıcı madde bulunan bölümünde meydana gelmiş ise araç hemen terk edilmelidir. Yol üzerinde trafiğin akışını durdurmak için gereken tüm tedbirler alınarak etraftaki en emniyetli bölgeye doğru koşarak gidilip hemen siper alınmalıdır.

Patlayıcı taşıyan aracı kullanacak kişi hem aracın kullanımı hem de patlayıcı madde nakliyesi konusunda iyi eğitim almış olmasına dikkat edilmelidir. Bu taşıma esnasında aracı hareket ettirmeden önce patlayıcı maddelerin araç üzerinden düşmeyeceğinden emin olunarak güvenli şekilde nakliyesine önem verilmelidir. Nakliye esnasında aracın hızı, tehlikeli madde taşıyan araçlar için belirlenen hız sınırlamalarını aşmadan yol, görüş, trafik ve hava durumuna göre tehlike oluşturmayacak şekilde tutulmalıdır.

Depodan patlatma sahasına patlayıcı madde nakliyatında, patlatma sahasına giden yolun güzergahı şirket mülkiyetinin dışında ise patlayıcı madde taşınması ilgili mevzuata göre yapılır. 300 kg'dan fazla patlayıcı madde nakliyatı için verilecek taşıma izin belgelerinde taşıtın kullanacağı güzergah ve bu güzergahtaki konaklama yerleri belirtilmelidir. Eğer taşıma esnasında elde olmayan nedenlerden dolayı belirtilen güzergah ve konaklama yerlerinin kolluk kuvvetleri tarafında değiştirilmesi durumunda bu değişiklik alınan belgeye yazılır ve bu değişikliğin kolluk kuvvetlerine haber verilmesi gerekir.

Patlayıcı taşıyan araçlar imkanlar el verdikçe insan topluluğu veya yaşam alanlarının bulunduğu bölgelerden geçirilmemelidir. Buna imkan yoksa geçiş güzergahında yerel güvenlik makamlarınca gerekli yerlerde güvenlik önlemleri alındıktan sonra bu araçların geçişlerine izin verilebilir. Bu sınırlamalar dışında bu araçların belirli koşullar dışında köprü, tünel vb. gibi yerlerden geçmeleri yasaktır

Patlayıcıların nakliyesi için araca yüklenmesi ve boşaltılması gündüz yapılır. Gece yükleme ve boşaltma yapılabilmesi için patlayıcı maddeler araca en az 20 m uzaklıkta gerekli önlemler alınması ve aydınlatmanın yapılması şartına dikkat edilmelidir. Tüm bu

faaliyetler esnasında nakliye yapacak aracın yanında ateş yakmak, sigara içmek ve kıvılcım çıkaran maddeler kullanılması kesinlikle yasaktır.

3.4. PATLAYICILARIN ATEŞ VE ISIDAN KORUNMASI

Patlayıcılar maddeler için güvenliği en aza indiren iki tehlike ateş ve yüksek derecede ısıdır. Patlayıcı maddeler yüksek risk içerdikleri için yapılacak herhangi bir işlemde çok yüksek güvenlik önlemleri almak gerekir. Her ne kadar dikkat edilmiş olsa bile olumsuz bir durum yaşanabilir. Bunların önlenmesi için;

- 1) Patlayıcı maddeleri ateşten ve ısıdan korunması amacıyla yangın öncesinde planlar geliştirilmelidir. Depo içerisindeki patlayıcı madde sınıfının değişmesi halinde depo önünde bulunan tehlike sembolünün de değiştirilerek itfaiye bölümüne de bu konuyla ilgili bilgi verilmeli ve gerekli değişimler sağlanmalıdır.
- 2) Personelin oluşabilecek yangın tehdidine karşı hazırlıklı halde bulunması için 6 aylık periyotlar ile yangın tatbikatlarının yapılması önemlidir.
- 3) Bir patlayıcı madde deposunda geçici süre ile de olsa asla 228 F (109 C)' den fazla ısı üretecek bir aletin depolanmasına müsaade edilmemelidir.
- 4) Depoların bulunduğu bölgede kuru ot, kuru ağaç ve yangına sebep olabilecek tüm malzemelerin temizlenmesi sağlanmalıdır.
- 5) Patlayıcı depolarındaki yangın kesicilerin kontrollerinin 3 ayda bir yapılarak bu kontrollerin kayıt altına alınması sağlanmalıdır.
- 6) Çevresel ve güvenlik etkenlerinin müsaade ettiği müddetçe depo çevresine 15 metrelik yangın kesici işlem uygulanmalıdır.
- 7) Müsaade edilmediği sürece temizlik için yanıcı sıvılar gibi riskli maddeler kullanılmamalıdır.
- 8) Yanıcı maddeler patlayıcılardan en az 15 metre mesafede olacak şekilde yerleştirilmelidir.
- 9) Depo içerisindeki patlayıcı çeşidine göre depo önünde en az 2 tane olacak şekilde YSC bulundurulmalıdır.
- 10) Araçlar yükleme veya boşaltma haricinde patlayıcı maddelerin bulunduğu alana 7,5 m'den daha yakına park edilmemelidir.
- 11) Patlayıcı maddelere 30,5 m'den daha yakına yanıcı madde yığınları yerleştirilmemelidir.

- 12) Nakliye için kullanılacak her araç için taşınabilen en az 2 YSC temin edilmelidir.
- 13) Yangın durumunda müdahale amacı ile yeterli miktarda su bulundurulmalıdır. Birden çok patlayıcı madde deposunun olduğu bölgelere yangına müdahale için yangın müdahale havuzu koyulmalıdır.
- 14) Görevli personelin istirahat esnasında sigara içebilmeleri amacıyla patlayıcılardan uzakta sigara içme alanı yapılmalıdır. Bu alanın dışında kalan bölgelerde sigara içilmesine asla müsaade edilmemelidir.
- 15) Patlayıcı madde depolarında bir tadilat işlemi yapılacak ise öncelikle yetkili amirden veya depo sorumlusundan yazılı olarak izin alınmalıdır.
- 16) Yapılacak tadilat işleminde etrafta kıvılcım sıçrama tehlikesi bulunan patlayıcı maddeler deponun dışına çıkarılmalı ve bu tadilat süresi içinde YSC' ler olası tehlike için hazır olarak bekletilmelidir.
- 17) Yapılacak olan tadilat tek kişi ile yapılmamalıdır. Eğer ısı kaynaklı bir tadilat yapıldıysa 2 saat boyunca patlayıcı maddeler depo içerisine konulmamalıdır.
- 18) Patlayıcı maddelerin dışarıya çıkarılması gerekti esnada hava sıcaklığı yüksek ise patlayıcı maddelerin uzun süre dışarıda kalmaları engellenmelidir.

3.5. PATLAYICI MADDE YANGINLARI

İçerisinde patlayıcı madde bulunduran bina ve tesislerde oluşacak yangınların şiddetleri ve etkileri patlayıcı maddelerin cinslerine göre değişim gösterir. Bazı patlayıcı maddeler patlama gerçekleştirmeden yanarken bazıları ise şiddetli şekilde patlayarak yanabilir.

Yangınla mücadele eden personelin, patlayıcı türlerine göre hangi yangınlara hangi yöntem ve ekipmanlarla müdahale edeceklerini, müdahale sırasında hangi koruyucu teçhizatı kullanmaları gerektiğini iyi bir şekilde öğrenmeleri gerekmektedir. Magnezyum, alüminyum tozu içeren maddeler ile kimyasal madde yangınları, havai fişek yangınları veya elektrik yangınları su ile söndürülmemelidir.

Patlayıcı madde depolama alanında, yangın söndürme istasyonları aralarında en az 200 m mesafe olacak şekilde tesis edilir. Yangın söndürme istasyonlarında, olası bir durumda müdahale etmek için gerekli olan yangın söndürme malzemesi/teçhizatı her an kullanım için hazır halde bulundurulur. Bunların dışında tüm depolama sahasını kapsayacak bir düzende planlanan belirli bölgelere yangın vanaları yerleştirilir. Yangın söndürme

istasyonlarının kurulumu yapılırken aynı zamanda yangın vanalarına uyacak tipte adaptör, anahtar, hortum ve marpuç bulundurulur.

Tüm depolama alanında ve tesisinde çıkabilecek her türlü nitelikteki yangın ihtimaline karşın, bulundurulacak yangın söndürme cihazları ve bu cihazların sayısı detaylı olarak tespit edilmelidir. Kullanılacak YSC'lerin üzerlerine veya yakınlarına bu cihazların nasıl kullanılması gerektiğini gösteren bir kullanma talimatı koyulur.

İçerisinde patlayıcı madde bulunan bine, tesis ve depolarda yangın olması durumunda veya yangın çıkarma ihtimali olan herhangi bir durumda hemen yangın alarmı verilmelidir. Böylece içeride veya yakında bulunan tüm personelin hem müdahale etmek, hem de güvenli bölgeye çekilmek için zaman kazanması sağlanmış olur.

Yangın eğer yeni başlamışsa ve müdahale edilebilecek durumda ise hemen patlayıcının cinsine göre söndürmeye çalışılır. Ancak yangına müdahale edilemeyeceğine kanaat getirilirse veya müdahale etmenin yüksek riskli olduğu değerlendirilirse personel oluşabilecek patlamalara ve parça tesirlerine karşı güvenli bölgeye çekilmelidir. Müdahale edilemeyen yangınlarda en azından yakında başka tesisler varsa onlara sıçramasını engellemek için alınması gereken tedbir varsa o tedbirler ivedilikle alınır.

Patlayıcı madde deposunda çıkan yangınlarda yangına müdahale için içeride bulunan patlayıcı madde miktarının bilinmesi önemlidir. Eğer patlayıcı madde miktarı 22 tondan az ise söndürme ekibi yangına 300 m'den, en az 45 ton ise 610 m daha fazla yaklaşmamalıdır.

Patlayıcı madde depolarının olası yangın durumu için en az 300 m uzaklıkta depo kapasitesine yetecek kadar su deposu bulundurulmalıdır. Bu depolar düzenli olarak kontrol edilir ve devamlı dolu bulundurulmaları sağlanır. Depoya olan mesafe ve su deposu ile patlayıcı madde deposu arasındaki eğimden dolayı su basıncı yetersiz kalıyorsa uygun yerlere pompalama tesisleri kurulur.

Patlayıcı yangınlarında müdahale edilirken, söndürmek için kullanılacak suyu uzaktan püskürtmenin yerine bir anda fazla miktarda suyun yangın üzerine dökülmesi daha etkili olacaktır.

Patlayıcı madde bulunan tesislerde topraklama; tesis, personel ve teçhizatın korunması maksadıyla yapılır. Tesisteki ekipman, personel, boru sistemleri, metal objelerin ve elektrik üreterek kıvılcım çıkarabilecek diğer tüm materyallerin, patlayıcı maddeleri tutuşturarak yangın çıkarmasını engellemek için düşük empedanslı topraklama yapılır.

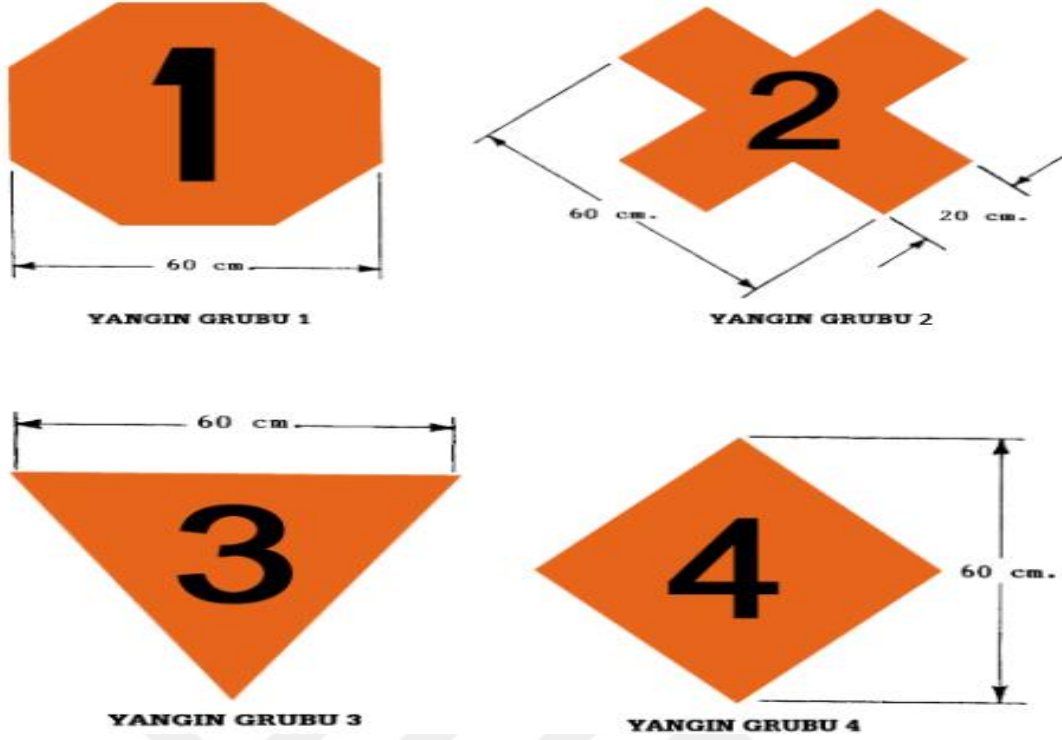
Görevli personelin de statik elektriğe karşı topraklama yaparak riski en aza indirmesi sağlanmalıdır.

3.5.1. Patlayıcı Madde Yangınları Tehlike İşaret ve Sembolleri

Patlayıcı madde yangınları, yangın çıkması halinde oluşturabilecekleri tehlikeyi ve yangına müdahale edecek personellerin yangına müdahale türünü belirlemelerine yardımcı olması açısından gruplara ayrılmıştır. Bu yangın grupları; 1, 2, 3, 4 olarak isimlendirilmiştir. Bu grupların her birinin levhası kolay ayırt edilebilmesi açısından bir birinden farklı şekillerdedir. Yangın gruplarının yazıldığı levhalar patlayıcı bulunan bina, tesis, depo, vagon veya araca asılır.

Tablo 3.1. Yangın Sembolleri ve Anlamları (Deniz,2018)

YANGIN SEMBOLLERİ VE ANLAMLARI			
YANGIN GRUBU	YANGIN SEMBOLÜ		TEHLİKE ANLAMI
	SEMBOL RAKAM	SEMBOL ŞEKİL	
1	1	SEKİZGEN	Parça tesirli şiddetli patlama
2	2	ÇARPI (X)	Parça tesirli kısmi patlama
3	3	TERS ÜÇGEN	Şiddetli yanma
4	4	EŞKENAR DÖRTGEN	Normal yanma



Şekil 3.4. Yangın Grup İşaretleri (Deniz,2018)

Yangın grup işaretleri ve sembollerinde zemin portakal rengi, üzerinde yazan ve yangının grubunu gösteren rakamlar ise siyah renklidir. Yangın sembollerinin gündüz görülmeleri kadar gece görülmeleri de önemlidir. Gece de görülebilmeleri için levhalar fosforlu (parlak) boya kullanılarak yapılır.

Bahsedilen yangın sembolleri ölçüleri tesislerin dış cephelerine asılacak levhalar içindir. Depoların içlerine, araç veya vagona asılması gerekenler daha ufak olması gerektiği için bu ölçülerin yarısı alınarak yapılır. Ayrıca tüm levhalar her cepheden görülecek şekilde asılır.

Depolama tesisinde kullanılacak yangın sembolünün belirlenmesinde, depo içerisindeki en tehlikeli patlayıcı madde esas alınmalıdır.

3.6. TESİS YER SEÇİMİ

Günümüzde neredeyse tüm kararlarda maliyet ve etkinlik parametrelerinin ilişkisi önem kazandığı için tesis yer seçiminin de önemi artmaktadır. Bu kapsamda özellikle yüksek maliyetli ve yüksek risk grubu içerisinde olan maddelerin depolama, nakliye ve kullanımı için tüm parametreler değerlendirilerek optimum bir seçim yapmak tüm proje kapsamında büyük fayda sağlayacaktır.

Patlayıcı madde sevkiyatının gerekli prosedürler kapsamında ve belirli yerlerde depolanabilmeleri açısından, proje alanına daha yakın bir yerde emniyetli olarak depolanabilmesini sağlamak için uygun kriterlerde depoların inşa edilmesi kadar bu depoların doğru yerlerde inşa edilmesinin de önemini görmekteyiz. Bu amaçla tesis yer seçimi problemine de optimum çözüm ile yaklaşmanın doğru olacağı öngörülmektedir.

Owen ve Daskin (1998), tesis yer seçimini “önemli ve stratejik karar” olarak görürler.

Literatür araştırmasında tesis yer seçimi probleminin birden fazla tanımının olduğu görülmektedir;

- Farahani ve Hekmatfar (2009), “bir veya daha fazla hizmet noktası yerinin, talep merkezi ihtiyaçları için belirli kısıt değerleriyle ölçülebilir/ölçülemeyen ölçütler dikkate alınarak en az maliyetle ve/veya en kısa süre içinde karşılayabilecek şekilde belirlenmesi” ve Çınar (2010) ise “müteakip dönemlerde aynı avantajları elde edebilecek yatırım için optimum yerin seçilmesi” olarak tanımlarken ,
- Bastı (2012), “bir grup hizmet veren tesisler için bazı kısıtlar ışığında, müşteri taleplerini karşılama, maliyetleri minimize edecek şekilde uygun yerlere yerleştirilmesi ve her müşterinin bir tesise atanmasını içeren problemler” olarak tanımlamaktadır. (Altuntaş,2017)

Tüm bu tanımlara göre daha geniş bir anlatımla; “tesis yer seçim problemleri; x adet tesisin y adet konuma ($x < y$) taşıma maliyetlerini minimuma indirgeyerek yerleştirilmesi” hususuyla ilgilenmektedir.

Tesis Yer Seçimi, “tesislerden müşteriye taşıma maliyetlerini asgari seviyede tutacak veya yerleştirme neticesinde elde edilen faydanın maksimize edilecek” şekilde kurulacak yeni tesislerin en uygun konumlarını bulmak için yapılmaktadır.

Tesis yer seçimi problemleri; kamu, özel sektör, lojistik ve askeri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanıldıkları alanlar; hastane, sağlık ocakları, depolama yerleri, dağıtım firmalarının yerleri, itfaiye, kütüphane, karakol vb. gibi kamu ve/veya kurum hizmet binaları öncelikli olarak sayılabilir. Günümüzde gelişen teknoloji ve çözüm yöntemleri ile tesis yer seçim problemleri farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

Tesis yer seçiminin stratejik boyutta önemi olması dolayısı ile askeri alanlarda da zaman zaman kullanılmaktadır. Bu kapsamda; “tesis yer seçim problemine ait yöntemlerin, askeri birliklerin vazifelerini en iyi yerine getirebilecek noktalarda

konuşlandırılması, lojistik birimlerinde bu birlikleri optimum destekleyecek yerlerde kurulması ve afetlerde afetzedelere hizmet etmek için dağıtım depolarının en uygun noktalara konumlandırılması” gibi silahlı kuvvetlerin vazifeleri doğrultusunda farklı uygulama alanları ortaya çıkmaktadır.

Bunların dışında tesis yer seçimi problemine yönelik verilen kararlarda birçok kriter (ulaşım yolları, yapım maliyeti, planlanan kullanım süresi vb.) söz konusudur. Özellikle patlayıcı madde gibi riskli maddelerin tesis yer seçimlerinde bazen güvenliği ön plana çıkarıp maliyeti artırmak yaşanacak olumsuz olaylardan en az etkilenmeyi sağlayacaktır. Bu tür yüksek riskli tesislerin yer seçimlerinde belki maliyet açısından uygun olmadığı değerlendirilebilir ancak yaşanacak olumsuz bir durumda telafi etmek için çok daha yüksek maliyetli sonuçlar doğurabileceği de değerlendirilmelidir. Anlık optimum çözüm yerine geniş zamanlı optimum çözüm daha sağlıklı sonuçlar vereceği unutulmamalıdır.

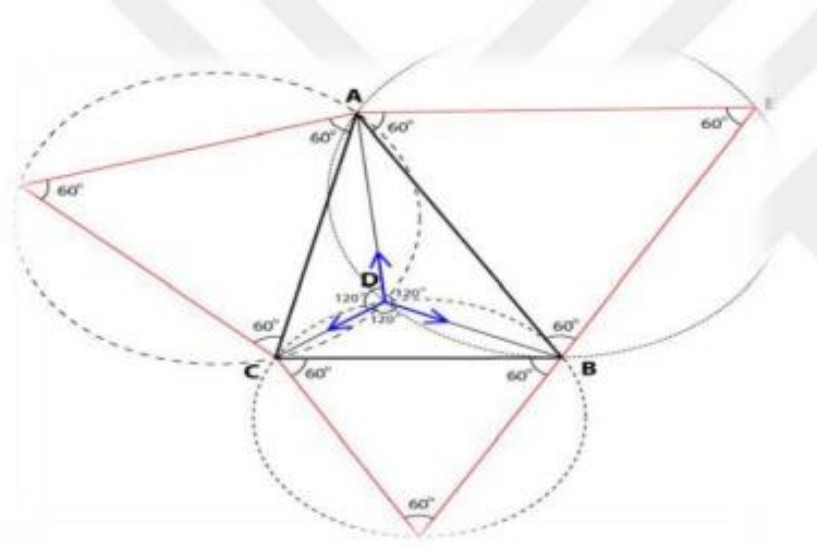
3.6.1. Tesis Yer Seçimi Problemlerinin Tarihçesi

Tesis yer seçimi problemi ile ilgili literatürde yapılan araştırmalarda bu bilimin öncüleri olarak Cavallieri (1598 - 1647), Torricelli (1608 - 1647) ve Fermat (1601 - 1655) gibi bilim insanlarının çalışmaları öne çıkmaktadır.

Bahsedilen bilim insanları birbirlerinde bağımsız olarak 17’nci yüzyılda ‘Temel Öklid Problemini’ ortaya çıkarmışlardır.

Fermat’ın çalışması “problemde amaç olarak; düzlemde verilen üç nokta dikkate alındığında bu noktaların mesafeleri toplamı en az olan dördüncü noktayı tespit etmektir”.

Fermat bu formülü ilk kez 1640 yılında kullanılmıştır. Torricelli ise bu problemi geometri kullanarak 1645 yılında çözmüştür. (Şekil 11.1).



Şekil 3.5. Fermat Üçgen Probleminin Toricelli Çözümü [Web 6]

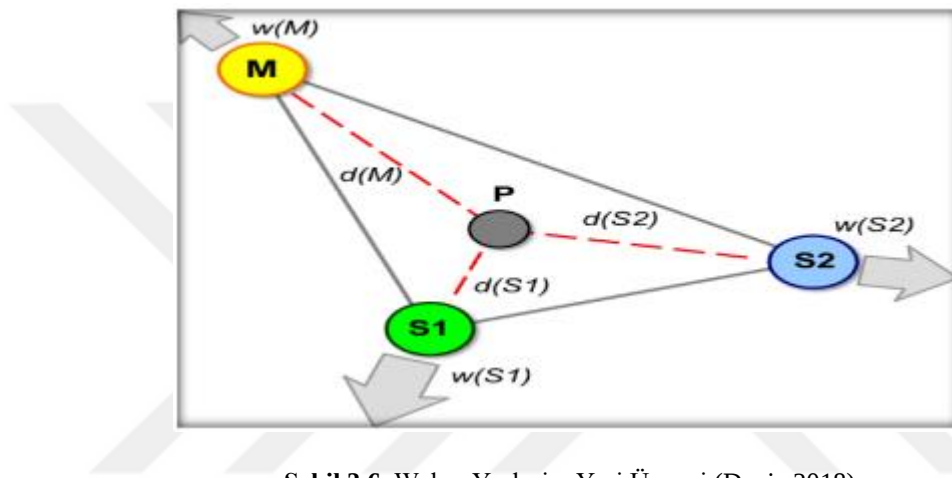
Terouhid vd. (2012) gibi planlamacılar; “yer/tesis seçim problemine ait teorinin başlangıcı olarak 1826 yılında Thünen tarafından ortaya konan ‘Thünen Modeli’ olarak da bilinen ve ekonomi ile tarımsal alan kullanımı gibi alanlarda kullanılan çalışmayı” kabul etmektedir. Bu konu harekât araştırmacıları cephesinden incelendiğinde yer/tesis seçimi teorisinin başlangıcı olarak, 1909 yılında Weber’in yayınladığı “Endüstrilerde Yer Seçimi Teorisi” kitabı kabul edilmektedir. Bu değerlendirmeler ışığında genel anlamda kabul edilen yaklaşım bu kitap olmuştur. Bu genel yaklaşım ile de bu konunun resmi başlangıç noktası “Endüstrilerde Yer Seçimi Teorisi” adlı kitap kabul edilmiştir. (Altuntaş,2017)

Tesis/yer seçim problemi teorisi ilk olarak, “tek deponun müşteri ile depo arasında bulunan mesafeyi minimize edecek şekilde yerleştirilmesi problemi ele alınarak Weber tarafından ortaya atılmıştır”. Bu problemin asıl çıkış amacı öncelikli olarak askeri bir sorunu çözüme kavuşturmak maksadıyla doğmuştur.

I. Dünya Savaşı esnasında askeri stratejistler, cepheye daha uzak, daha büyük, daha az sayıda depolar ile cepheye daha yakın, daha küçük, daha fazla sayıda depolar arasında en ideal seçimi yapmaya, hangi planlamanın sonuca yönelik daha faydalı olacağı konusunda en ideal çözüme yönelik çalışmalar yapmışlardır. I. Dünya Savaşından itibaren bugüne kadar yer seçimi problemlerinin amacı, üretim tesislerinin konumlandırılması, merkezi depo (hub), depo ve dağıtım merkezi için ideal konumları belirlemektir. Polis, hastane, acil servis, itfaiye, gibi acil ve kritik tesislerin müdahale için en ideal yerin tespit

edilmesine, araç rotalamadan atık uzaklaştırmaya kadar her türlü alanda çok kapsamlı bir uygulama alanı oluşturmuştur.

Weber diğer bilim insanları tarafından da “resmi ilk çalışma” olarak kabul edilen bu problemi, Şekil 11.2’de görüldüğü gibi “Weber Yerleşim Yeri Üçgeni” adıyla “matematiksel bir bulmacadan öteye getirerek ekonomik etkinlik sağlayan bir probleme çevirmiştir”. Şekilde görülen S1/S2 noktaları kaynağı, M noktası ise pazarı temsil etmektedir. P noktası ise kaynak ile pazar arasında bulunan mesafeye göre en uygun tesis yerini belirtmektedir. (Altuntaş,2017)



Şekil 3.6. Weber Yerleşim Yeri Üçgeni (Deniz,2018)

1960’lı yıllara kadar tek hizmet noktası üzerinde çalışıldığı için tesis/yer seçimi problemi üzerinde büyük gelişimler olmamıştır. 1963-64’lü yıllara gelindiğinde Cooper, “Weber’in tek tesis teorisini geliştirerek çoklu tesis yerleşim problemini öngörmüştür.” 1964 yılında Maranzana da bu problemi klasik bir heuristic (sezgisel) yer bulma problemine dönüştürmüştür”. Aynı yıl içerisinde yani 1964 yılında Hâkimi yer seçim problemi ile ilgili yaptığı çalışma ile bu konuyu tekrar ilgi odağı haline getirmiştir. Bu çalışma; ‘Telekomünikasyon şebekesi ağ bağlantı problemi’ dir. Hâkimi’nin telekomünikasyon şebekesi ağ bağlantı probleminde amaç toplam mesafeyi minimize etmek olmuştur. Bu çalışma doğrultusunda birçok tesis/yer şebekesi üzerinde tesisi/yerleştirilmesi konusunda yoğun çalışmalara başlanmıştır. (Altuntaş,2017)

3.6.2. Hâkimi Yer Seçim Problemi

Hâkimi tarafından; 1964 yılındaki çalışmasında otoyol üzerindeki polis noktalarının ve telekomünikasyon şebekesi üzerindeki ağ bağlantı noktalarının en optimum yerlerde olması konusunda bir model önerilmiştir.

Literatürde ilk defa Hâkimi tarafından tanıtılan ve p-medyan problemi olarak isimlendirilen bu problem, tesis yeri seçim problemi altında yer alan bir problemidir.

P-medyan problemi; p adet tesisin, n adet düğümden oluşan şebeke üzerindeki en az maliyeti oluşacak şekilde yerleştirilmesinin yanı sıra yerleştirilmiş olan bu tesislerden hizmet alacak olan talep noktalarının belirlenmesi problemidir. Bu problemde bahsettiğimiz minimum maliyet; toplam mesafe, zaman, para, personel veya bunlara benzer herhangi bir ölçüt olabilir. Amacın toplam maliyeti en aza indirmek olduğu bu problem ‘Weber problemi’ olarak bilinmektedir. (Bastı,2012)

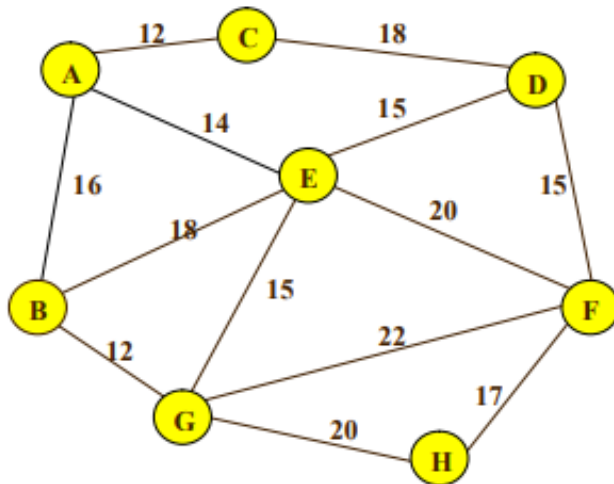
$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{p! (n-p)!} \quad [3.1]$$

p: Tesis adeti

n: Düğüm adeti

P-medyan probleminin matematiksel olarak formüle dönüştürülmesini ilk olarak Swain ve ReVelle gerçekleştirmiştir.

Aşağıdaki örnek problemde; Daskin’ın kullandığı miyopik sezgisel algoritma kullanılıp p-medyan probleminin çözümü incelenecektir.



Şekil 3.7. Örnek Problem ve Şebeke Yapısıyla Gösterimi (Bastı,2012)

İnceleyeceğimiz problemde kullanılacak tesislerin kapasite olarak kısıtı yoktur. Herhangi bir kapasite kısıtı bulunmadığından her bir müşterinin (talep noktası) talebinin yalnızca bir tesisten/depodan karşılanması optimum değeri verir. Bahsedilen örnekte anlaşılması kolay olması açısından sabit maliyetlerin (araç, personel vb.) eşit olduğu düşünülerek çözüm yapılmaktadır.

P-medyan probleminde olası çözüm sayısı

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{p! (n-p)!} \quad [3.2]$$

p: Tesis adeti

n: Düğüm adeti

formülü ile ifade edilmiştir.

Bu formül kapsamında p=2 alındığı zaman olası çözüm sayısı;

$$\frac{8!}{2! (8-2)!} = 28$$

olarak bulunur. Talep noktalarının her birinden birbirlerine en kısa mesafeler hesaplanır.

Böylece **Tablo 3.2**'de verilen maliyet matrisi oluşturulur.

Tablo 3.2: Örnek Probleme Ait Maliyet Matrisi (Bastı,2012)

Düğüm i	Tesis j							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	16	12	29	14	34	28	48
B	16	0	28	33	18	34	12	32
C	12	28	0	18	26	33	40	50
D	29	33	18	0	15	15	30	32
E	14	18	26	15	0	20	15	35
F	34	34	26	15	20	0	22	17
G	28	12	40	30	15	22	0	20
H	48	32	50	32	35	17	20	0

Aşağıda **Tablo 3.3**'teki veriler doğrultusunda p=1 olduğunda; yani tek bir tesisten talep edilmesi durumunda en düşük maliyete sahip olan E düğümü medyan tesis olarak belirlenir. Yani tüm talepler E noktasından karşılanırsa oluşacak olan toplam maliyet 143'tür.

Tablo 3.3. Maliyet Matrisi ve En Düşük Maliyetli Tesisin Seçilmesi (Bastı,2012)

Düğüm i	Tesis j							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	16	12	29	14	34	28	48
B	16	0	28	33	18	34	12	32
C	12	28	0	18	26	33	40	50
D	29	33	18	0	15	15	30	32
E	14	18	26	15	0	20	15	35
F	34	34	26	15	20	0	22	17
G	28	12	40	30	15	22	0	20
H	48	32	50	32	35	17	20	0
TOPLAM	181	173	200	172	143	175	167	234

İkinci medyan tesisi bulmak için en az maliyeti veren E tesisinin tüm değerleri 0 (sıfır) yapılır. Böylece E tesisinden sonraki en az maliyetli ikinci tesisi **Tablo 3.4**'te buluruz.

Tablo 3.4. Maliyet Matrisi ve En Düşük Maliyetli 2. Tesisin Seçilmesi (Bastı,2012)

Düğüm i	Tesis j							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	16	12	29	14	34	28	48
B	16	0	28	33	18	34	12	32
C	12	28	0	18	26	33	40	50
D	29	33	18	0	15	15	30	32
E	0	0	0	0	0	0	0	0
F	34	34	26	15	20	0	22	17
G	28	12	40	30	15	22	0	20
H	48	32	50	32	35	17	20	0
TOPLAM	167	155	174	157	143	155	152	199

Yapılan hesaplama sonrasında E düğümünden sonraki en düşük maliyetli tesis G düğümü olmuştur. Böylece ikinci medyan tesisimiz G düğümü olacaktır.

Tablo 3.5. Belirlenen Medyan Tesisler ve Maliyetleri (Bastı,2012)

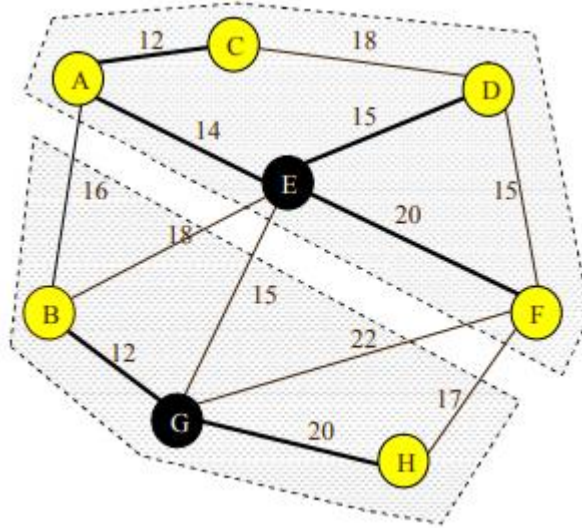
Tesis No	Tesis	Toplam Maliyet
1	E	143
2	G	152

Böylece bu problemdeki çözümün ilk aşamasını oluşturan medyan tesislerin belirlenmesi yapılmış oldu. Bu aşamadan sonra her talep noktası kendine en yakındaki medyan tesise atanacak.

Yani kısaca A,B,C,D,F,H gibi talep noktaları; yukarıda belirlenen ve kendisine en yakın mesafede olan E ve G medyan tesislerinden daha yakın olana atanır. Bu atama işlemi esnasında medyan tesis olan E ve G kendilerine atanır. Son olarak bir talep noktası iki medyan tesise de aynı mesafede ise talep noktası isteğe göre istenilen medyan tesise atanabilir. **Tablo 3.2'**deki maliyet matrisinden yola çıkılarak ve bahsettiğimiz kurallara göre talep noktalarını tesislere atadığımızda **Tablo 3.6'**deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.6. Medyan Tesisler ve Bu Tesislere Atanan Talep Noktaları (Bastı,2012)

Tesis No	Tesis	Tesise Atanan Talep Noktaları
1	E	A, C, D, E, F
2	G	B, G, H



Şekil 3.8. Seçilen E ve G Medyan Tesisleri ve Tesislere Atanan Talep Noktaları (Bastı,2012)

Yaptığımız atamalar sonucunda E ve G Tesislerine ait toplam maliyet tablosu **Tablo 3.7'**deki gibi olacaktır.

Tablo 3.7. Seçilen E ve G Tesislerine Ait Maliyetler (Bastı,2012)

Talep Noktaları	Tesisler	
	E	G
A	14	0
B	0	12
C	26	0
D	15	0
E	0	0
F	20	0
G	0	0
H	0	20
Sütun Toplamı	75	32
Toplam Maliyet	107	

Tablo 3.7’de görülen E ve G medyan tesislerinin maliyetlerinin toplanması ile toplam maliyet olan 107 değerine ulaşılacaktır. Bu sonuçlar dikkate alındığında E tesisinin tek medyan tesis olmasının maliyeti 143 olurken, E ve G tesislerinin aynı anda medyan tesis olması halinde toplam maliyet 36 birim azalıp 107 olmuştur.

Bulunan bu sonuçların daha da iyileştirilmesi mümkündür. Komşuluk arama veya düğüm değiştirme yöntemleri ile daha iyi bir çözüme ulaşılabilir.

3.6.3. Tesis Yer Seçimi Problemlerinin Özellikleri

Yaşadığımız ortamda, inşa edilmesi planlanan bazı tesislerin yaşam alanımızdan olabildiğince uzak mesafede inşa edilmesi istenilebilir. Böyle durumlarda bazı tesislerin yaşadığımız ortamdan maksimum uzaklıktaki mesafede inşa edilmesi yönünde bir problem doğabilir. Bu tür problemler “dispersion (dağılma) problemleri” olarak adlandırılmaktadır. Bu tarz problemlerin çözümünde aranan özellik bu tesislerin birbirine maksimum uzaklığıdır. Yaşam alanına uzak olması istenen tesislere; yakıt tankları/depoları, mühimmat yerleri/depoları ve nükleer tesisler vb. gibi obnoxious olarak da isimlendirilen arzu edilmeyen/istenmeyen tesislerin seçim problemleri örnek gösterilebilir.

Farahani vd. bu tür sorunların birbirinden ayrımı için bu problemleri “İstenen/Yarı İstenen/İstenmeyen Tesis Yerleşim Problemleri” adları altında sınıflandırmıştır.

- **İstenen Tesisler:** Talep ve talebin cevabını sağlayan parametrelerin zaman veya mesafe bakımından olabildiğince yakın olması istenen tesislere istenen tesisler denir. Örneğin; yangın söndürme istasyonları, marketler, hastaneler vb.
- **Yarı İstenen Tesisler:** Talep ve talebin cevabını sağlayan parametrelerin hem istenmeyen hem de istenen özelliklere sahiptir. Bu tarzdaki tesislere gün geçtikçe duyulan ihtiyaç artmasına rağmen bu tür problemlerin çözümüne karşı oldukça az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu tarz problemlerin iki amacı vardır. Birincisi; istenmeyen etkilerin azaltılmasıdır. Yani tesis ile talep noktaları arası minimum mesafenin maksimum yapılmasıdır. İkincisi ise istenen etkileri modelleyebilmek için talep noktalarının toplam mesafesini minimize etmektir. Örneğin; tren istasyonu, hava alanı ve çöp depolama sahası gibi tesislerdir.
- **İstenmeyen Tesisler:** Bulundukları çevrede hayat üzerinde olumsuz ve rahatsız edici etkiler yaratan tesislerdir. Bu tarzdaki tesislerde amaç tesisin maliyetini minimuma indirmek amacıyla düşük nüfus yoğunluklu yerlere inşa edilmesidir. Örneğin; hapishaneler, nükleer santraller, çevreyi kirleten fabrikalar gibi tesislerdir.

3.6.4. Türkiye'ye Yönelik Mühimmat Depo/Yer Seçimi Çalışmaları

Günümüzde olduğu gibi de gelecekte savaşların hat şeklinde değil hibrit (karma ve birden fazla bölgede) olacağı düşünülmektedir. Tüm bu değerlendirmeler düşünüldüğünde de mühimmat yönetiminin de mobil, esnek ve modüler bir yapıda olacak şekilde planlanmalıdır. Tüm bu değerlendirmeler ışığında geleceğin silahlı birliklerinde;

- Mühimmatın muayenesinde, depolanmasında, ikmalinde, bakımında ve taşınmasında esneklik ve sürat imkanı sağlayan otomasyonlu ve teknolojik olarak akıllı sistemleri kullanan,
- Standart, modern ve aynı zamanda da merkezi olarak yerleştirilmiş depolardan hareket bölgesinin her yerine hızlı ve doğru bir ikmal akışını sağlayacak modüler ve mobil yapıya sahip bir mühimmat sistemine sahip olması gerekmektedir.

Akyol'un (2003) yaptığı çalışmada, Askeri depoların yer seçiminde bazı özellikler arandığı, seçilecek yerin esas harekâtı desteklemesi, desteklenen birliğlere merkezi ve uygun mesafede bulunması ve mümkün mertebe ilerde ve ana yol mihveri üzerinde tesis

edilmesi ile ağır tonaj tutan ikmal depoları demir yolu güzergâhlarında tesis edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca depo yeri seçimi için; ikmal maddeleri ve faaliyetleri için sert zemin, kapalı yer ve iyi bir dâhili yol şebekesi olması gerektiği, taarruzdan, yangından ve sabotajdan koruyucu bir arazi yapısı ile savunma amaçları için arazi özelliklerinden faydalanılacak şekilde seçilmesinin önemli olduğu vurgulanmaktadır. (Altuntaş,2017)

- 2011 yılındaki bir çalışmada; olası bir askeri harekatta düşman ile direkt temasta bulunan askeri birliklerin ihtiyaç duyacağı mühimmatın hem doğru yer ve zamanda, hem de istenilen miktarlarda karşılanması ile ilgili bir problemin çözümü için çalışılmıştır. Yapılan bu çalışma esasında “ilk önce rotalama, daha sonra yerleşim” ve “ilk önce yerleşim, daha sonra rotalama” olmak üzere iki sezgisel metod geliştirildiği belirtilmiştir.

3.6.5. Diğer Ülke Uygulamaları

ABD silahlı kuvvetlerine ait yayınlarda depo yeri seçimi ve depo planlamasının belirlenmesinde dikkate alınacak hususları şu şekilde ifade edilmiştir.

- Asıl kullanıcı olan birliklere kolay ulaşılma imkanı vermelidir,
- Bu depolar ana ikmal yollarının hemen yanında olmalıdır,
- Mühimmatın sevk edileceği bölgede her türlü hava muhalefesinde araç hareketinin mümkün olacağı ve kolayca bakım yapılabilecek yol şebekesi barındırmalıdır.
- Mühimmat ağırlığını kaldırabilecek sağlamlıkta bir zemine sahip olurken arazi iyi bir drenaj özelliğine de sahip olmalıdır,
- Mühimmat depolamaları kategori ve birimlere göre yapılacağından dolayı her kategorideki mühimmatı ayırabilmek için doğal engeller bulundurmalıdır,
- Mühimmat depoları; hem topçu ateşleriyle havadan tacize karşı koruma imkanı sağlayabilecek şekilde dağıtılabilmeli hem de ilerleyen süreçte genişleme ihtiyacını karşılayabilecek yerlilikte geniş bir bölgeye kurulmalıdır.

Tüm bu değerlendirmeler kapsamında üs bölgesi oluşturma ve kışla yapılandırması konusunda dünyanın en iyi askeri uygulamasından birisi olan ABD’nin BRAC çalışması göz önüne alınmıştır. Haziran 2008’de başlatılan bir çalışma olan “Army Logistician”; lojistik tesislerinin ve mühimmat depolarının yerlerinin yeniden değerlendirilmesi

amaçlanmıştır. Böylece coğrafyaya değil göreve yönelik bir yerleşim planı öngörülmüştür.

3.7. MODÜLER DEPOLAR

Modüler patlayıcı madde deposu, patlayıcı malzemelerin güvenli ve düzenli bir şekilde depolanması için tasarlanmış bir tesistir.

Modüler depolar, bir işletmenin depolama ihtiyaçlarını karşılamak için ölçeklenebilir bir yapıda tasarlanmış depolama sistemleridir. Bu depolama çözümleri, farklı boyutlarda modüllerin birleştirilmesiyle oluşturulur ve işletmenin değişen depolama gereksinimlerine kolayca adapte olabilir.

Modüler depoların yapımında malzeme seçimi büyük bir önem taşır. Dayanıklı çelik konstrüksiyonlar, yüksek mukavemetli polimer paneller ve özel bağlantı elemanları kullanılarak sağlam ve güvenli bir depo yapısı oluşturulur.

Modüler depolar, geleneksel beton yapıların inşasına göre daha ekonomik bir seçenektir.

Modüler depo yapımı, değişen iş ortamlarına cevap verme ihtiyacını karşılamak için ideal bir çözümdür. Verimliliği artırırken düşük maliyetli ve esnek bir yapı sunar. Uygun tasarım, doğru malzemeler ve düzenli bakım ile modüler depolar, işletmelere birçok avantaj sağlar.



Şekil 3.9. Modüler Depo Önden Görüntüsü [Web 9]



Şekil 3.10. Kurulumu Tamamlanan Modüler Depolar [Web 10]



Şekil 3.11. Toprak Örtü İle Kapatılmış Modüler Depolar [Web 11]

Modüler depoların yapısı diğer depolara göre bazı avantajlar sağlar. Bunlar;

Modüler Tasarım: Depo düzenlemesi, modüler bileşenlerin kullanılması ile esneklik sağlar.

Güvenlik Özellikleri: Depo, yangına dayanıklı malzemelerden yapılmış ve yangın söndürme sistemleri ile donatılmıştır.

Kapasite ve Alan Optimizasyonu: Depo içindeki raf sistemleri, depolama alanını maksimum verimlilikle kullanmayı sağlar.

3.7.1. Modüler Depoların Avantajları

Hızlı Kurulum: Modüler depolar, geleneksel depolama sistemlerine göre daha hızlı kurulabilir. Fabrikada ön montaj yapıldığı için, kurulum süresi önemli ölçüde azalır.

Esneklik: Modüler depolar, ihtiyaç duyduğunuz depolama alanını kolayca genişletebilmenizi sağlar. Modüllerin birleştirilmesi veya çıkarılmasıyla depo boyutunu istediğiniz gibi ayarlayabilirsiniz.

Yüksek Verimlilik: Modüler depolar, optimize edilmiş düzenleme ve malzeme akışı sağlayarak depo verimliliğinizi artırır. Eşyaları düzenli ve erişilebilir bir şekilde depolayarak zamandan tasarruf edersiniz.

Modüler Depoların Kullanım Alanları;

Lojistik Sektörü: Modüler depolar, lojistik sektöründe depolama ihtiyaçlarını karşılamak için ideal bir çözümdür. Ürünlerin kolayca depolanmasını ve dağıtılmasını sağlar.

Üretim Tesisleri: Üretim tesislerinde, hammadde ve mamul stoklarının düzenli ve etkili bir şekilde depolanması önemlidir. Modüler depolar, bu ihtiyacı karşılamak için uygundur.

E-ticaret Şirketleri: E-ticaret şirketleri, stok tutma ve yönetme konusunda esnek bir depolama çözümüne ihtiyaç duyar. Modüler depolar, hızlı büyüme ve değişen taleplerle başa çıkmak için idealdir.

Modüler depoların düzenli bakımı ve zamanında onarımı, performanslarını ve dayanıklılıklarını artırır. Depo kullanımını optimize etmek için periyodik bakım ve düzenli kontrol yapılmalıdır.

3.7.2. Modüler Depoların Geleceği

Otonom Depolama Sistemleri: Gelişen teknoloji ile birlikte otonom depolama sistemlerinin popülerliği artıyor. Modüler depolar da bu trende uyum sağlamak için otomatikleştirme teknolojilerini benimsemektedir.

Enerji Verimliliği: Çevre dostu depolama çözümleri giderek daha önem kazanmaktadır. Modüler depolar, enerji verimliliğini artırmak için yenilikçi teknolojileri kullanmaktadır.

Esnek Geniştirme: İşletmelerin ve projelerin büyümesiyle birlikte depolama alanlarını genişletme ihtiyacı ortaya çıkar. Modüler depolar, bu ihtiyaca hızlı ve esnek bir şekilde yanıt vermektedir.

3.7.3. Modüler Depoların Tesis Yer Seçimi

Gelişen teknoloji ile beraber patlayıcı maddelerin kullanımı büyük bir yaygınlık göstermeye başladı. Günümüzde birçok farklı alanda kullanılan patlayıcı maddelerin daha az maliyetli aynı zamanda da güvenli olarak depolanabilmesi için modüler depoların da kullanılmasına önem verilmeye başlandığı görülmektedir.

Tüm bu gelişmeler ile özellikle büyük şehirlerde veya aynı anda birden fazla projenin yapıldığı alanlarda ana patlayıcı madde deposundan her gün patlayıcı madde nakliyesi yapılmasının; projeyi hayata geçiren şirketlere maliyet, bu nakliyat sırasında güvenlik güçlerine ekstra görev ve nakliye güzergahında yaşanacak aksaklıkta trafik ve insanlar için güvenlik konularında olumsuz etkileri olacağı bilinmektedir. Modüler depoların hayata geçirilmesiyle; nakliye sayısının en aza indirilerek şirketlere maliyet, nakliye sıklığını azaltmak, güvenlik güçlerine daha az görev yükü ve yaşanacak aksaklık sonucunda ortaya çıkaracağı felaket riskini minimuma indireceği öngörülmektedir.

Tüm bu planlamalar kapsamında birden fazla projenin hayata geçirildiği bölgelerde modüler depoların tesis yer seçim problemi analizi kapsamında değerlendirilerek stratejik noktalara yerleştirilmeleri gerekmektedir. Sivil veya askeri kullanımda; nakliye maliyeti, güvenlik ve zamandan tasarruf başta olmak üzere uzun vadede büyük kazançlar sağlayacaktır.

Mühendislik disiplini içerisinde kullanılan patlayıcı maddelerin sağladığı avantajlar düşünüldüğünde yine aynı disiplin içerisinde modüler depoların tesis yer seçiminin de büyük avantaj sağlayacağı öngörülmektedir.

Modüler depoların tesis yer seçim problemi bakış açısı ile değerlendirilerek en ideal bölgeye kurulmaları gerekmektedir. Bu seçimlerde emniyet, maliyet ve zaman gibi materyallerden bazıları planlanan depo bölgesi için önem kazanabilir. Örneğin; yerleşim yerine yakın bir yerde emniyet, kırsal alanlarda ulaşım maliyeti, süre kısıtlaması ve mevsimsel kısıtlamaların olduğu projelerde zaman kriteri önem kazanabilir. Mühendislik disiplini ile tesis yer seçim probleminin çözülmesi ve en ideal çözüm yöntemine ulaşılması önemlidir. Modüler depoların tesis yer seçimi, bulunduğu alana ve hizmet

edeceği amaca göre değerlendirilerek tek bir çalışmanın tüm alanlarda uygulanmaması gerekmektedir.

Tablo 3.8. Geleneksel Depo, Nakliye ve Modüler Depo Maliyet Karşılaştırması

Maliyet Kalemleri	Geleneksel Depo	Nakliye	Modüler Depo
Yatırım Maliyeti	Yüksek	Orta	Orta
İşletme Maliyeti	Yüksek	Yüksek	Düşük
Uzun Vadeli Maliyet	Yüksek	Yüksek	Düşük

3.8. BULGULAR

Bu bölümde; tarihten günümüze yaşanmış bazı patlayıcı madde taşımacılığı esnasında yaşanmış kazalar bulunmaktadır. Detaylı araştırmalar sonucunda çok daha fazla bu tür olayın gerçekleştiğini değerlendirmekteyim. Bu tarz hayati ve yüksek maliyetli kazaların önüne geçebilmek için bu tarz tehlikeli/patlayıcı maddelerin nakliyesinin en aza indirilmesi hayati önem arz etmektedir.

İSPANYA-2004 (2 L): Barracas'ta bir trafik kazasına karışan 25 ton amonyum nitrat gübre taşıyan kamyon yarım saat sonra patladı. İki kişi yaşamını yitirdi, beş kişi de yaralandı.

ROMANYA-2004 (18 L): 24 Mayıs'ta 20 ton amonyum nitrat taşıyan kamyon alev aldı. Meydana gelen patlamada, aralarında yangın söndürme çalışmalarını takip eden iki gazetecinin de olduğu çoğu itfaiyeci 18 kişi yaşamını yitirdi, 13 kişi yaralandı.

MEKSİKA-2007 (40 L): 10 Eylül'de Coahuila'da kontrolünü kaybeden kamyonet, 22 ton akaryakıtlı amonyum nitrat yüklü bir rmorka çarptı. Kaza anında 3 kişi yaşamını yitirdi. Rmorkta başlayan yangından 40 dakika sonra gerçekleşen patlamada 37 kişi öldü, 150'den fazla kişi yaralandı.

AVUSTRALYA-2014 : Queensland'de 6 Eylül'de 56 ton yük taşıyan kamyon devrildi. şoförün kurtarılmasından kısa süre sonra yaşanan patlama 30 kilometre uzaktan duyuldu ve havaya uçan parçalar 2 kilometre alana saçıldı. Olayda 6 itfaiyeci ve şoför yaralı kurtuldu.

TÜRKİYE-KONYA-2021 (6 ÖLÜ): Konya'da amonyum nitrat yüklü tır ile kamyonetin Konya-Aksaray kara yolunun 60. kilometresinde çarpışması sonucu 6 kişi öldü, 2 kişi yaralandı.



Şekil 3.12. Konya’da Tır ve Kamyonet Kazası [Web 12]

BÖLÜM SON. TARTIŞMA VE SONUÇ

Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu 2011 yılında Uluslararası Mühimmat Teknik Rehberi'nde (IATG) bulunan teknik rehberliği benimsemeleri hususunda devletleri teşvik etmiştir. Buradaki kurallar, mühimmat ve toplu olarak patlayıcıları depolamada faaliyet gösteren tüm kuruluşlar için geçerlidir. (MMFO,2019)

Bu teknik rehber kapsamında depolanması planlanan patlayıcı maddeler 500 kg'dan az olmak üzere ve patlayıcı maddelerin parçalanma tehlikesi (infilak etmesi sonucunda etrafa parça fırlatan özellikli mühimmatlar, mayınlar vs.) az veya yok ise aşağıdaki **Tablo 4.1** kapsamında depolanmalarına imkan tanınır.

Tablo 4.1. Patlayıcı Maddelerin Depolanmasındaki Mesafeler (MMFO,2019)

Net Patlayıcı Miktarı (kg)		Mesafe(m)					
		Meskun Bina Mesafesi (IBD)		Halka Açık Trafik Rotaları (PTR) (Trafik Hacmi)			
				3000 araç/gün'den daha az		3000 araç/gün'den daha fazla	
Üzerinde	Bundan Daha Az	Barikathı	Barikatsız	Barikathı	Barikatsız	Barikathı	Barikatsız
0	3	21,3	46,6	9,1	19,3	15,5	33,6
3	5	29,4	56,1	11,7	23,3	21,2	42,4
5	10	34	68,9	13,9	27,7	25,1	50,1
10	15	39	79	15,6	31,1	29	57,9
15	20	43,6	87,8	17,2	34,5	32	64,1
20	25	48,2	93,9	19,5	39,1	35,6	71,3
25	35	53,1	105	21,6	43,3	39,5	78,9
35	50	58,2	118	23	46	42,7	85,3
50	65	62,8	129	25	50	46,8	93,7

65	80	70	138	28,1	56,3	52	104
80	100	74,8	148	30,6	61,1	55,6	111
100	120	79,6	158	32,6	65,3	59,1	118
120	150	84,5	169	34,4	68,8	63	126
150	200	92,3	186	37,5	75	69	138
200	250	100	201	40,2	80,5	74,4	149
250	300	106	213	42,7	85,4	79,1	158
300	350	112	225	45,1	90,3	83,3	167
350	400	118	236	46,8	93,6	87,1	174
400	450	121	243	48,5	97	90,8	182
450	500	129	252	50,2	100	96,5	193

Bu IATG yönergesi ile patlayıcı madde ve mühimmatın geçici olarak etkili, güvenli ve verimli olarak depolanması için gerekli koşulların ortaya koyulması ve açıklaması hakkında kısıtlamaları belirlemektedir. Bu yönergenin amacı; depolama alt yapısı olmadığı veya olan alt yapının depolamaya ve sivil topluma etkili bir korumanın sağlamadığı değerlendirildiği durumlarda depolama ihtiyacının karşılanmasıdır. (IATG,2021)

Tablo 4.2. Geçici Depolama Alanları için Dış Miktar Mesafeleri (Temporary Quantity Distance) (IATG,2021)

Saha	Potansiyel Patlayıcı Sahası (Yapılar)				
	Sertleştirilmiş	Yarı Sertleştirilmiş		Hafif	
		Barikatlı	Barikatsız	Barikatlı	Barikatsız
Sertleştirilmiş	TD4	TD4	TD4	TD4	TD4
Yarı Sertleştirilmiş Barikatlı	TD4	TD4	TD4	TD4	TD4
Yarı Sertleştirilmiş Barikatsız	TD5	TD5	TD6	TD5	TD6
Açık Hafif Barikatlı	TD8 TD7 ¹	TD8 TD7 ¹	TD8 TD7 ¹	TD8 TD7 ¹	TD8 TD7 ¹
Açık Hafif Barikatsız	TD8 TD7 ¹	TD8 TD7 ¹	TD9	TD8 TD7 ¹	TD9
Görevli Personel	TD8 TD7 ²	TD8 TD7 ²	TD9	TD8 TD7 ²	TD9
Korunmasız Sivil Nüfus	TD8	TD9 TD8 ³	TD9	TD9 TD8 ³	TD9

Tablo 4.2.'de TD7 ¹ şeklinde belirtilen alanlarda bir baş üstü koruması düşen parçalara karşı koruma sağlıyorsa TD7 uygulanabileceği anlamına gelmektedir. TD7 ² şeklinde belirtilen alanlarda ulusal otoritenin depolama yapılarını onaylaması halinde daha düşük mesafeler uygulanabileceği, TD8 ³ ise TD8'in uygulanabileceği dikey konumda depolanan ağır kalibreli top mermileri haricinde TD9 uygulanması gerektiği anlamına gelmektedir. (IATG,2021)

Tablo 4.3. Geçici Depolama Alanları için Dış Miktar Mesafeleri (m) (Temporary Quantity Distance) (IATG,2021)

NEQ (Net Patlayıcı Miktarı)	OQD - Dış Miktar Mesafesi (TD)(metre)					
	TD4	TD5	TD6	TD7	TD8	TD9
25	12	18	23	23	100	130
50	15	22	30	33	100	212
75	17	25	34	40	100	260
100	19	28	37	46	100	294
150	21	32	43	56	100	342
250	25	38	51	73	100	400
500	32	48	64	103	155	400
750	37	55	73	118	203	400
1000	40	60	80	130	235	400
1500	46	69	92	149	283	400
2000	51	76	101	164	320	400
2500	54	82	109	177	352	400
3000	58	87	116	188	381	400
4000	64	95	127	207	400	400

KKTT 9-1300-1-20 (A) MÜHİMMATIN DEPOLANMASI VE EMNİYET STANDARTLARI TALİMNAMESİ'nde Harekatta Depolanacak Mühimmatın Miktar-Mesafe Kuralları başlığı altında her türdeki/sağlamlıktaki depolarda oluşacak bir patlamanın, hangi alanlarda/yerlerde en az ne kadar mesafede olunması gerektiği açıklanmıştır. Bu çizelgede etkilenecek alan olan sivil yerleşim yeri ve sivillerin patlama alanına olması gereken minimum mesafeler verilmiştir. (KKTT 9-1300-1-20,2020)

Tablo 4.4. Miktar Mesafe Tablosu (KKT 9-1300-1-20, 2020)

Miktar Mesafe Tablosu	Muhtemel Patlama Alanı			
	Modüler, gömme, toprak örtülü cephanelikler		Konteyner, açık ve çadır	
	Ön Tarafı Barikatlı	Ön Tarafı Barikatsız	Barikatlı	Barikatsız
Sivil Yerleşim Yeri ve Siviller	HMM8	HMM9	HMM8	HMM9

Tablo 4.5. Harekatta Miktar Mesafe Tablosu (KKT 9-1300-1-20, 2020)

NET PATLAYICI AĞIRLIĞI (kg)	HAREKATTA MİKTAR MESAFE TABLOSU (m)		
	HMM 8	HMM 9	HMM 10
25	100	130	13
50	100	212	21
75	100	260	27
100	100	294	32
150	100	342	42
250	100	400	400
500	155	400	400
750	203	400	400
1000	235	400	400
1500	283	400	400
2000	320	400	400
2500	352	400	400
3000	381	400	400
4000	400	400	400

		Sıra	Bina ve Depolar	Toplam Patlayıcı Madde Miktarları(Kg)														
				50	100	200	400	600	800	1000	2000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	
Çevreye	1	Patlayıcı veya parlayıcı ve yanıcı maddeler üretilen işlenen ve depolanan her türlü tesislere ait depo ve işyeri binaları ile bağımsız patlayıcı veya parlayıcı ve yanıcı madde depoları. Demiryolu, karayolu, deniz, göl, ırmak, iskele ve limanları.			40	50	60	75	85	100	250	325	425	550	675	775	850	925
	2	Köy ve orman yolları, madenlere ait özel kara, deniz veya su yolları.			8	10	12	15	17	20	50	65	85	110	135	155	170	185
	3	Okul, hastane, mabet, kışla, cezaevi, tiyatro, sinema, pazaryeri, resmi ve özel işyerleri, sanayi ve tarım tesisleri, havaalanları, konut, fırın, çarşı gibi insan topluluklarının bulunduğu bina ve yerler.			80	100	120	150	170	200	500	650	850	1100	1350	1550	1700	1850
Birbirlerine	4	Patlayıcı madde üretilen, işlenen veya depolanan aynı işyeri sınırları içindeki bütün işyerleri binaları ile patlayıcı madde depoları.			8	10	12	15	17	20	50	65	85	110	135	155	170	185

Şekil 4.1. Patlayıcı Madde İşyerlerinin ve Depolarının Çevreye Olan Güvenlik Uzaklıkları Çizelgesi

[Web 16]

Tez çalışmamın ilk bölümünde patlayıcı maddelerle ilgili genel bilgiler, patlayıcı maddelerin sınıflandırılması, patlayıcıların askeri ve ticari olarak sınıflandırılması, ateşleme sistemleri, patlayıcı maddelerin depolanması ve patlayıcı maddelerin nakliyesi gibi konularda bilgiler verilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları kapsamında patlayıcı madde güvenliği ile ilgi edinilen bilgilere yer verilmiştir.

Yüksek derecede risk barındıran patlayıcı maddelerin kullanım alanları sürekli artmakta ve neredeyse her sektörde kullanılmaktadır. Bu kapsamda patlayıcı madde kullanımında yaşanacak olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla iş güvenliği uzmanının patlayıcı maddeler hakkında detaylı bilgilere sahip olarak, risk analizi konusunda da detaylı ve kapsamlı çalışmalar yaparak yaşanması muhtemel olumsuzlukların önüne geçilebileceği öngörülmüştür.

Yapılan araştırmalar sonucunda patlayıcı maddelerin kullanıldığı alanlarda nakliyesi, güvenliği ve depolanması gibi parametrelerin yüksek maliyetlere sebep olduğu tespit edilip, bu başlıklar incelendiğinde olumsuz bir olay yaşamamak için alınabilecek en etkili yöntemin eğitimli personel olmasının yanı sıra bazı teknolojik gelişmelere de ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmiştir.

TEKEL DIŞI BIRAKILAN PATLAYICI MADDELERLE AV MALZEMESİ VE BENZERLERİNİN ÜRETİMİ, İTHALİ, TAŞINMASI, SAKLANMASI, DEPOLANMASI, SATIŞI, KULLANILMASI, YOK EDİLMESİ, DENETLENMESİ USUL VE ESASLARINA İLİŞKİN TÜZÜK'ün içerisindeki Madde: 100 ve Madde: 102'deki belirtilen kurallar ve aynı tüzüğün Ek- 1' indeki patlayıcı maddelerin çevreye olması gereken güvenlik mesafeleri çizelgesi kapsamında tez konusuna ilişkin bilgiler incelenmiştir.

Bahsi geçen maddeler ve çizelge incelendiğinde beton / betonarme veya prefabrik malzemeden kurulması planlanan bir geçici deponun; proje sahiplerine takip edilmesi ve uyulması gereken;

- Yapılacak geçici deponun 3+1 yıl olacak şekilde en fazla 4 yıl kullanılmasına müsaade edilmesi,
- En fazla 6 ton patlayıcı madde depolamaya imkan sağlaması,
- Paratoner veya çubukların zemin ile arasında tam bir iletkenliğin bulunması,

- İletken tüm maddelerin/malzemelerin depo duvarları ve çatıdan izole edilmesi ve oluşan arızaların giderilmesi için yılın yağmur ve dolu mevsimlerinden önce kontrol ettirilmesi,

- Statik elektriğe karşı depo girişlerine topraklanmış bakır, alüminyum ve prinç levha koyulması,

- Aydınlatma tesisatının yalıtılmış armatürlerle oluşturulması,

- 2 tonluk patlayıcı madde deposundan daha düşük kapasiteli depo yapılamaması gibi birçok kısıtlama koyulduğu gözlenmiştir. Bu kısıtlamaların proje süresince hem zaman hem de maddi kayıplara sebep olabilecek birçok parametreden oluştuğu tespit edilmiştir.

Modüler Patlayıcı Madde Depoları, fabrikasyon üretimi ve ihtiyaca göre üretildikleri için yönetmelikte belirtilen birçok kısıtlamanın zaten üretim esnasında sağlandığı; statik elektrik, iletken malzemenin izole edilmesi vs., en az 2 ton ile en fazla 6 ton gibi bir kapasite sınırının olmadığı, kullanım süresinin kısıtlı olmayıp projenin ilerlemesi ve ihtiyaç alanının değişmesine uyum sağlayacak şekilde sökülüp nakliye edilerek yeniden kullanılmasına ve en önemli özelliğinin ise daha az maliyet gerektirdiği için büyük avantaj sağlayacaktır.

Yukarıdaki tablolar ve şekil dikkate alındığında sivil ve askeri hareket ortamında patlayıcı madde depolarının gerekli şartlar sağlandığında proje veya hareket bölgesine ne kadar yakın olabileceğini görmekteyiz. Bu şartlar üretim, kurulum ve işletim maliyetleri daha yüksek olan standart beton/betonarme veya prefabrik depolar için de sağlanabilir. Ancak maddi kazanç ve zaman olarak bizlere olumsuz birçok dönüşleri olacağı için nakliye, kurulum, esnek hareket kabiliyeti, güvenlik, işletme maliyetinin az olması vs. gibi birçok alanda bizlere büyük fayda sağlayacak Modüler Patlayıcı Madde Depolarının kullanılmasının bu problemlere optimum çözüm olacağı değerlendirilmektedir.

Patlayıcı maddelerin hem verimli olarak, hem de güvenli olarak kullanılması kapsamında modüler depolar ve modüler depo tesis yer seçim kriterlerinin birlikte değerlendirilmesi büyük maddi ve manevi katkılar sağlayacaktır.

Patlayıcı maddelerin nakliyesi, güvenliği ve depolanması konusunda modüler depolama yönteminin etkili bir çözüm olabileceği değerlendirilmiştir. Özellikle uzun süreli devam edecek projeler ve birbirine yakın olarak devam eden farklı projelerin ihtiyaç duyacakları patlayıcı maddeleri, her proje için neredeyse her gün ayrı ayrı taşınmasının oluşturacağı maddi yük ve güvenlik sorununun modüler depolama yöntemi

ile en aza indirilmesi matematiksel olarak tespit edilmiştir. “Tesis Yer Seçimi” başlığı altında da bahsettiğim gibi sadece modüler depoların kullanılması değil, mühendislik disiplini içerisinde bu modüler depoların kurulacağı alanların da stratejik olarak belirlenmesinin büyük katkıları sağlayacağı öngörülmektedir.

Hali hazırda yürütülen projelerde kullanılamayan patlayıcı maddeler; tekrar sabit depolara geri getirilemediği için bulundukları alanlarda imha edilmektedir. Tüm proje kapsamında kilogramlarca belki de yüzlerce kilogram patlayıcı madde israf edilebilmektedir. Bu tür israfların engellenebilmesi ve proje başlangıcında; hesap edilen patlayıcı madde miktarının daha tutarlı olarak hesaplanabilmesi konusunda modüler depoların büyük katkı sağlayacağı ve böylece Patlayıcı Madde Mühendisliği’nin yüksek maliyetli projelerde büyük katkıları sağlayacağı tespit edilmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında; Tesis Yer Seçimi problemlerine yönelik yapılan çalışmaların belirli bir düzeye geldiği ve hatta ayrı bir disiplin oluşturduğu görülmüştür. Tüm bu araştırmalar sonucunda problemlerin çeşidi, niteliği ve kendi alanına bağlı olarak birden fazla model, yöntem ve örnek bulunduğu tespit edilmiştir. Özellikle polis merkezi, itfaiye, sağlık ocağı vb. gibi sivil hayatta önem arz eden kritik tesislerin yer seçiminde bu disiplin kullanılmaktadır.

Patlayıcı Madde Mühendisliği disiplininin; gerçek hayatta daha verimli olarak uygulanabilmesi adına modüler depoların, projelerin tamamında sağlayacağı faydaların hesap edilmesi ve bu depoların kurulacağı stratejik noktalara Tesis Yer Seçim Problemi kapsamında karar verilmesinin Patlayıcı Madde Mühendisliği’nin uygulama/proje sahalarına olan olumlu etkisinin yansıtılmasında büyük fayda sağlayacaktır.

Modüler depoların en büyük avantajlarından birisi de kullanılan diğer tüm depoların kullanım amacı ile kullanılabilmesidir. Yani Kalıcı, Gezici ve Geçici Depo gibi tüm depo çeşitleri olarak kullanılabilirler. Kullanım alanına göre istenilen ve amaca hizmet eden her türde kullanım imkanı sağlamaktadır.

Askeri tesislerin yer seçimi ve bu seçim kriterleri kapsamında yapılan bazı çalışmaların olduğu fakat askeri patlayıcılar ile mühimmat depolarının tesis yer seçimi ve bu seçim kriterleri ile ilgili yeterli olacak düzeyde çalışma olmadığı görülmüştür. Askeri patlayıcılar ile mühimmat depolarının tesis yer seçimi ve bu seçim kriterlerinin belirlenmesinde izlenebilecek yollar sunulmuş olup literatüre sivil ve askeri olarak önemli bulgular sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Tüm bu değerlendirmeler incelendiğinde modüler patlayıcı madde depolarının; sivil projeler için patlayıcı maddenin proje alanına daha yakın olmalarına imkan sağlamaktadır. Patlatmalı kazı çalışması yapılan her proje için yeni bir tesis inşa etmek hem maliyetli hem de şehir merkezlerindeki yoğunluktan imkansız olabileceğinden dolayı daha pratik ve en az sabit depolar kadar emniyetli modüler depoların kullanılmasının daha verimli olacağı, birkaç yıl gibi uzun süreli devam edecek projeler için ideal yakınlıkta bir depo kurularak proje süresince (nakliye, araç, personel, zaman vb.) büyük tasarruflar sağlayacağı değerlendirilmektedir. Askeri olarak ise özellikle yeni kurulan üs bölgelerinin mühimmat ve patlayıcı madde ihtiyacı konusundaki taleplerine hızlı ve güvenli olarak çözüm sunacağı, böylece daha az personel ve teçhizat zayıyatının verilmesine olumlu katkısı olacaktır.

Sonuç olarak; Patlayıcı maddelerin proje alanına parça parça ve devamlı olarak taşınması yerine, modüler depolar kullanılarak bu nakliyelerin azaltılması ve oluşabilecek trafik kazası, yüksek maliyet ve güvenlik zafiyeti gibi olumsuzlukların en aza indirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bu faydaların yanı sıra modüler depoların kurulacağı alanların da tesis yer seçimi problemi doğrultusunda optimum çözümde belirlenmesinin hem sivil hem de askeri olarak ulaşım, nakliye ve güvenlik konusunda olumlu katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Engin D. (2018). Türkiye Ticari Patlayıcı Portföyü Ve Patlayıcı Madde Emniyet Tedbirleri. Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / İstanbul.
- [2] Burhan I. (2019). Sınıf 1 Tip Patlayıcı Maddelerin Taşınmasında Ve Depolanmasında Emniyet Uygulamaları ve Patlama Etki Alanlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü / İstanbul.
- [3] Yavuz C. (2022). Patlama Sonrası Olay Yeri İnceleme Bakımından Patlayıcı Madde Miktarı İle Patlama Krateri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adli Bilimler Anabilim Dalı / Çorum.
- [4] Mehmet G., Ayşe C., Abdullah E. , Sinan U. (2016). Sivil Amaçlı Kullanılan Patlayıcı Maddelerin Karakteristikleri, Çevresel Etkileri Ve Önlemler. Makale. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Dergi Anasayfa: <http://www.dufed.org> / Diyarbakır.
- [5] Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle Av Malzemesi Ve Benzerlerinin Üretimi, İthali, Taşınması, Saklanması, Depolanması, Satışı, Kullanılması, Yok Edilmesi, Denetlenmesi Usul Ve Esaslarına İlişkin Tüzük (2004).
- [6] Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddelerin Belgelendirilmesi, Piyasaya Arzı Ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik (2014).
- [7] Mehmet B. (2012). P-medyan tesis yeri seçim problemi ve çözüm yaklaşımları. Academic Journal of Information Technology, 3(7), 47-75.
- [8] E.Nilgün E. Patlayıcı Ve Yüksek Patlayıcı Maddelerin Özellikleri, Sınıflandırılması Ve Patlama Etkileri, Sunu.
- [9] Ergüneş E., Endüstride Kimyasal Madde Kullanımı Yangın Riskleri, <http://www.alians.com/>, 2009.
- [10] Alaattin A. (2017). Dağıtık Yerleşkeli Patlayıcı Madde Depo Yer Seçimi Ve Uygulaması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / Ankara.
- [11] Correia, I., Nickel, S. and Saldanha-Da-Gama, F. (2010a). Single-Assignment Hub Location Problems with Multiple Capacity Levels. Transportation Research Part B: Methodological, 44 (8), 1047-1066.
- [12] TÜBİTAK. (2006). Proje no:35. Lojistik Araştırma Raporu, Ankara.
- [13] Owen, S.H. and Daskin M.S. (1998). Strategic facility location: a review. European Journal of Operational Research, 111(3), 423-447.

- [14]Chen, L., Olhager, J. and Tang, O. (2013). Manufacturing facility location and sustainability: a literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 149, 154-163.
- [15]Hale, T.S. and Moberg, C.R. (2003). Location Science Research: A Review. *Annals of Operations Research*, 123(1-4), 21-35.
- [16]Farahani, R.Z. and Hekmatfar, M. (2009). Facility location: Concepts, models, algorithms and case studies. New York: Springer.
- [17]Çınar, N.T. (2010). Kuruluş yeri seçiminde bulanık TOPSIS yöntemi ve bankacılık sektöründe bir uygulama. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(18), 37-45.
- [18]Ağdaş, M. (2014). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Lojistik Tesis Yer Seçimi: Kamu Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [19]Tavakkoli, R. and Shayan, E. (1998). Facilities layout design by genetic algorithms. *Computers and Industrial Engineering*, 35(3-4), 527-530.
- [20]Terouhid, S.A., Ries, R. and Fard, M.M. (2012). Towards sustainable facility location-A literature review. *Journal of Sustainable Development*, 5(7), 18.
- [21]Heizer, J. and Render, B. (1988). Production and operations management, Massachusetts: Allyn and Bacon.
- [22]Ballı, H. (2014). Bulanık Doğrusal Programlama Modeli İle Bir Kamu Kurumu İçin Tesis Yeri Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [23]Drezner, Z. and Hamacher, H.W. (2004). Facility location: Applications and Theory (Paperback). Berlin: Springer, 3-6.
- [24]Smith, H.K., Laporte, G. and Harper, P.R. (2009). Locational analysis: Highlights of growth to maturity. *Journal of the Operational Research Society*, 60, 140-148.
- [25]Farahani, R.Z., Steadieseifi, M. and Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modeling*, 34(7), 1689-1709.
- [26]Eiselt, H.A. and Sandblom, C.L. (2004), Decision analysis location models and scheduling problems, Berlin: Springer, 1-18.
- [27]Drezner, Z., Klamroth, K., Schöbel, A. and Wesolowsky, G.,O. (2001). The Weber Problem, Facility Location: Applications and Theory. Heidelberg: Springer, 1-36.
- [28]Özesanli, Ö.N. (2011). Tedarik Zinciri Yönetiminde Optimal Depo Yeri Seçimi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29]Hamacher H.W., Labbé, M., Nickel, S. and Skriver, A.J. (2002). Multicriteria SemiObnoxious Network Location Problems (MSNLP) with Sum and Center Objectives, *Annals of Operations Research*, 110(1-4), 33-53.
- [30]Ünal, G. (2011). Acil Lojistik Yardım Operasyonu Deprem Lojistiği Karar Destek Sistemi: ALYO-DLKDS (Olası İstanbul Depremi Uygulaması). Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [31]Kuby, M.J. (1987). Programming Models for Facility Dispersion: The p-Dispersion and Maxisum Dispersion Problems. *Geographical Analysis*, 19, 315-329.
- [32]Erkut, E. and Neuman, S. (1990). Comparison of four models for dispersing facilities. *Industry Specific Business Applications*, 29(2), 68-86.
- [33]Eskişehir Sanayi Odası Organize Sanayi Bölgesi İtfaiye Amirliği, Yangın Savunma Ders Notu,2014.

- [34]Akyol, A. (2003). Nükleer, Biyolojik ve Kimyasal Korunma Donanımı Depolarının Yerlerinin Matematiksel Modelleme İle Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [35]Army Logistician. (2008). A Lean Six Sigma analysis. Army Logistician, 40(3), 43.
- [36]Toyoğlu, H., O.E. Karasan and B.Y. Kara (2010). Wiley periodicals. Naval Research Logistics, 58, 188–209.
- [37]International Ammunition Technical Guidelines, (2021) United Nations Office for Disarmament Affairs,USA.
- [38]Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları, (2020), Milli Savunma Bakanlığı, Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Ankara.
- [39]Patlayıcıların Depolanması, Taşınması ve Kullanılması,(2019),Türkiye Cumhuriyeti Milli Mayın Faaliyet Otoritesi, Ankara.
- [40]Toyoğlu, H., O.E. Karasan and B.Y. Kara (2011). Distribution network design on the battlefield. Naval Research Logistics, 58, 188-209.
- [41][Web 1], (2015), Yelda Altıncı, https://www.emo.org.tr/ekler/379e8b1544d3349_ek.pdf , 10/01/2024.
- [42][Web 2], (2024), Tahsin Aykan Kepekli, https://www.researchgate.net/profile/Tahsin-Kepekli/publication/348160283_YANGINLARDA_OLUSAN_TERMAL_RADYASYON_ETKILERININ_MODELLENMESI/links/5ff136a592851c13fee2ffd8/YANGINLARDA-OLUSAN-TERMAL-RADYASYON-ETKILERININ-MODELLENMESI.pdf , 11/01/2024.
- [43][Web 3], (2013), Yelda Altıncı, <https://docplayer.biz.tr/5672817-Makine-ve-kimya-endustrisi-kurumu-mke-barutsan-roket-ve-patlayici-fabrikasi.html> , 13/01/2024.
- [44][Web 4], (2024), <https://www.proscon.com.tr/toz-patlamalari/> , 14/01/2024.
- [45][Web 5], (2024), Arif Daştan, <https://alonot.com/kimyasal-maddeler-ve-tehlikeleri-3-unite-ders-notu/> , 14/01/2024.
- [46][Web6],(1994),https://en.wikipedia.org/wiki/Weber_problem#/media/File:Figaa.jpg , 20.01.2024
- [47][Web 7],(2021), Burhan Irgat, Rüştü Uçan, Müge Ensari Özay, https://books.google.com.tr/books?id= 0grEAAAQBAJ&pg=PA76&lpg=PA76&dq=ara%C3%A7+topraklama+lasti%C4%9Fi&source=bl&ots=8HdxXXCgpa&sig=ACfU3U1g_5R07SKOrpuNmSfOrdWAe0GpxQ&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwiD15aJnduHAXVhVvEDHaKLCEw4HhDoAXoECB8QAw#v=onepage&q=ara%C3%A7%20topraklama%20lasti%C4%9Fi&f=false , 09.02.2024
- [48][Web 8], (2024), <https://picclick.com.au/Antistatic-Car-Grounding-Current-Electrostatic-Belt-Warning-Reflective-355387106886.html> , 11.02.2024
- [49][Web 9], (2024), <https://www.koyuncusavunma.com.tr/tr/UrunAyrinti/20ft-mtod-2035> , 12.02.2024
- [50][Web 10], (2024), <https://www.koyuncusavunma.com.tr/en/ProductDetail/40ft-mtod-2036> , 12.02.2024
- [51][Web 11], (2024), <https://www.koyuncusavunma.com.tr/en/ProductDetail/40ft-mtod-2036> , 12.02.2024
- [52][Web 12], (2021), <https://www.haber7.com/guncel/haber/3134441-konyada-feci-kaza-patlayici-madde-yuklu-tir-ile-kamyonet-carpisti-cok-sayida-olu-var> , 13.02.2024

- [53][Web 13], (2024), https://tr.wikipedia.org/wiki/Kur%C5%9Fun_stifnat , 20.02.2024
- [54][Web 14], (2024), <https://tr.wikipedia.org/wiki/Dinamit> , 20.02.2024
- [55][Web 15], (2024), https://tr.wikipedia.org/wiki/Amonyum_nitrat , 21.02.2024
- [56][Web 16], (1987), [2.5.8712028.pdf \(mevzuat.gov.tr\)](https://www.mevzuat.gov.tr/Mevzuat/MadenlerKanunu.pdf), TEKEL DIŞI BIRAKILAN PATLAYICI MADDELERLE AV MALZEMESİ VE BENZERLERİNİN ÜRETİMİ, İTHALİ, TAŞINMASI, SAKLANMASI, DEPOLANMASI, SATIŞI, KULLANILMASI, YOK EDİLMESİ, DENETLENMESİ USUL VE ESASLARINA İLİŞKİN TÜZÜK, 22.02.2024

