



**T.C**  
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GABİON DUVARIN KORUMA YAPISI OLARAK**  
**KULLANIMINDA MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**İREM ERSALMAN**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Dr. Öğretim Üyesi Baran TOPRAK**

**KIRIKKALE-2023**





**T.C**  
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GABİON DUVARIN KORUMA YAPISI OLARAK**  
**KULLANIMINDA MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**İREM ERSALMAN**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Dr. Öğretim Üyesi Baran TOPRAK**

**KIRIKKALE-2023**

İrem ERSALMAN tarafından hazırlanan “GABİON DUVARIN KORUMA YAPISI OLARAK KULLANIMINDA MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Baran TOPRAK

İnşaat Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç. Dr. Özer SEVİM

İnşaat Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Pınar Sezin ÖZTÜRK KARDOĞAN

İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 27 /07 /2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

Bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İREM ERSALMAN

27/07/2023

# ÖZET

## GABİON DUVARIN KORUMA YAPISI OLARAK KULLANIMINDA MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Baran TOPRAK

Temmuz, 2023, 67 sayfa

Gabion duvarlar genellikle hafif dayanma yapısı alternatifini olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ve dünyada koruma duvarları olarak gabion duvarlar yerine betonarme yapılar kullanılmaktadır. Çalışmanın amacı; ekonomikliği, atık malzeme kullanımı ile çevre dostu özelliği, kolay temin edilebiliyor olması, esnek yapısı ve kolay ayarlanabilen boyutları sebebiyle gabion duvarların koruma duvarları olarak kullanımının artırılmasıdır. Ülkemizde patlama kuvvetlerine karşı genellikle kullanılan betonarme koruma duvarlarına karşı gabion duvarların kullanılması birçok yönden avantajlı hale gelmiştir. Bu çalışmada çeşitli patlayıcı türlerinin patlama kuvvetleri TNT (Trinitrotoluen) eşdeğerliği yöntemi ile hesaplanmış Geo5 programı dahilinde boyutlandırılan gabion duvarlara patlama kuvvetleri etki ettirilmiştir. Patlama kuvvetinin gabion duvara etkisi mesafe, duvar özellikleri gibi parametreler yönünden ayrı ayrı incelenmiş ve stabilite yönünden Geo5 programı bünyesinde analiz edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde gabion duvarların betonarme koruma duvarlarına karşı avantajları ve dezavantajları sunulmuş olup yapılan tüm tahkikler olumlu sonuçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Gabion duvar, patlama kuvveti, koruma duvarı, patlayıcı, Geo5, TNT eşdeğerliği.

# ABSTRACT

## DETERMINATION OF ENGINEERING CHARACTERISTICS IN USING THE GABION WALL AS A PROTECTION STRUCTURE

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Baran TOPRAK

July, 2023, 67 pages

Gabion walls are commonly used as an alternative lightweight retaining structure. In our country and around the world, concrete structures are used instead of gabion walls as protective walls. The aim of this study is to increase the use of gabion walls as protective walls due to their economic benefits, environmentally friendly nature through the use of waste materials, easy availability, flexible structure, and easily adjustable dimensions. The use of gabion walls against concrete protective walls, which are commonly used in our country against explosion forces, has become advantageous in many ways. In this study, the explosion forces were applied to gabion walls sized using the Geo5 program, where the explosion forces of various explosive types were calculated using the TNT (Trinitrotoluen) equivalence method. The effect of explosion force on the gabion wall was analyzed separately in terms of distance and wall properties, and stability was analyzed within the Geo5 program. As a result of the analysis, the advantages and disadvantages of gabion walls over reinforced concrete protection walls were presented and all the investigations were positive.

**Key Words:** Gabion walls, explosion force, protective wall, explosive, TNT equivalence.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hayata geçmesinde iki yıldır benden hiçbir zaman emeğini esirgemeyen, bilgi birikimini her zaman benimle paylaşan, ne zaman danışsam her zaman ilgiyle bana yardımcı olan, söylediği her kelimesi ile hayatıma kattığı anlamı hiçbir zaman unutamayacağım, teşekkürlerimin hep yetersiz kalacağı saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi BARAN TOPRAK'a büyük bir teşekkürü borç bilir, sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çalışmam boyunca yardımları ile bana her zaman yol gösteren canım ablam Yeşim ÜNAL'a, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen abim İsmet ÜNAL'a, kıymetli tecrübeleri ile bana her zaman yardımcı olan canım annem Turunç ERSALMAN'a ve babam Orhan ERSALMAN'a, değerli katkıları için meslektaşım, değerli nişanlım Hüseyin TANDOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın ana parçalarından biri olan GEO5 programını çalışmam için bana temin eden Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Kapsamı ve Amacı .....	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	3
3. MATERYAL VE METOT .....	6
3.1. Gabion Duvarlar .....	6
3.1.1. Gabion Duvarların Çeşitleri .....	6
3.1.1.1. Gabion Sepet .....	7
3.1.1.2. Gabion Şilte.....	10
3.1.1.3. Gabion Torba.....	11
3.1.2. Gabion Duvar Yapım Şartları.....	12
3.1.2.1. Gabion Duvarlarda Kullanılan Çelik Tellerin Özellikleri.....	12
3.1.2.1.1. Gözenek (Örgü) Telleri .....	13
3.1.2.1.2. Kenar (Çerçeve) Telleri.....	14
3.1.2.1.3. Bağcık Telleri .....	14
3.1.2.1.4. Bağcık Halkası .....	15
3.1.2.2. Gabion Duvarların Dolumunda Kullanılacak Kayaçların Özellikleri .....	16
3.1.3. Gabion Duvarların Avantajları.....	16
3.1.4. Gabion Duvarların Dezavantajları.....	16
3.1.5. Gabion Duvarların Çalışmada Kullanılacak Parametreleri .....	17

3.2. Patlama Olgusu.....	17
3.2.1. Patlayıcı Madde Tanımı ve Sınıflandırılması.....	20
3.2.1.1. Kullanım Yerlerine Göre Patlayıcı Maddeler .....	20
3.2.1.2. İnfalak Hızlarına Göre Patlayıcı Maddeler .....	21
3.2.2. Patlayıcı Madde Çeşitleri .....	23
3.2.2.1. TNT (Trinitrotoluen) .....	23
3.2.2.2. RDX (Siklotrimetilen Trinitramin) .....	24
3.2.2.3. HMX (Siklotetrametilen Tetranitramin) .....	26
3.2.2.4. C-4 .....	27
3.2.2.5. FOX7 (Diamino Dinitro Eten) ve FOX12 (Guanylurea Dinitramide).....	28
3.2.3. TNT Eşdeğerlik Yöntemi .....	29
3.2.4. Patlama Olgusunun Uzaklığa Bağlı Gabion Duvar Üzerindeki Etkileri.....	30
3.2.5. Patlama Kuvvetlerinin Hesaplanması.....	34
3.3. GEO5 Programı Dahilinde Modelleme .....	35
3.3.1. GEO5 Programı Dahilinde Yapılan Tahkikler .....	41
4. ANALİZ SONUÇLARI.....	44
5. SONUÇLAR .....	62
KAYNAKLAR .....	64
ÖZGEÇMİŞ .....	64

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Gözenek Boyutuna Göre Tel Kalınlıkları (KGM Teknik Şartnamesi, 2013).....	13
3.2. Gabion Duvar Dolgu ve Dolgu Zemin Parametreleri.....	17
3.3. Gabion Duvar Çelik Tel Parametreleri.....	17
3.4. FOX7 ve FOX12'nin Patlayıcı Performanslarının RDX ile Karşılaştırılması (Karabayır, 2020).....	29
3.5. TNT Eşdeğerlik Değerleri (Önalın, 2019).....	30
3.6. Mesafe Bazlı Patlama Durumları (Kölemenöđlu, 2021).....	34
3.7. Patlama Kuvvetleri (Kölemenöđlu, 2021).....	34
3.8. TNT Eşdeğerlik Yöntemine Göre Hesaplanmış Patlama Kuvveti Değerleri.....	35
4.1. Patlayıcı Türlerine Göre Tahkik Çizelgesi.....	57
4.2. Gabion Duvar Boyutlandırma Analiz Sonuçları.....	59
4.3. Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Örnek Gabion Sepet Uygulaması (Atık tel) .....	7
3.2. Altıgen Çift Burgulu Tel Örgü Şekli (Uray, 2014) .....	7
3.3. Altıgen Tel Örgülü Örnek Gabion Duvar (Shengxin).....	7
3.4. Gabion Sepet Örnek Diyafram Gösterimi (Uray,2014) .....	8
3.5. Gabion Duvar Geçirgenlik Özelliği (Uray, 2014).....	9
3.6. Gabion Duvarların Yeşillendirilmesi (Kanter, 2014).....	9
3.7. Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi (TANAP) Kapsamında Yer Alan Nehir Islahı İşinde Gabion Sepet Uygulaması (Maccaferri).....	10
3.8. Balıkesir Bandırma Eti Bor Tesisleri Gabion Sepet Uygulaması (Geoart).....	10
3.9. Örnek Şilte Gabion Uygulaması (Kıcımın) .....	11
3.10. Şilte Gabion Geometrisi (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018).....	11
3.11. Örnek Gabion Torba Uygulaması (Divan tel örgü) .....	12
3.12. Örnek Gabion Torba Uygulaması (Devlet Su İşleri Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018).....	12
3.13. Gözenek Teli (Atık tel) .....	13
3.14. Gabion Şiltelerde Kullanılmış Kenar Teli (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018) .....	14
3.15. Bağcık Telleri (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018).....	14
3.16. Bağcık Halkası Açık Durum (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018).....	15
3.17. Bağcık Halkası Kapalı Durum (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018).....	15
3.18. Bağcık Tellerinin Bağlanma Aralığı (DSİ, Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018) .....	16
3.19. İdlib Terör Saldırısı (AA,2016).....	18

3.20. 1993-2012 Yılları Arasında Eylem Türlerine Göre PKK Eylem Sayıları (Kara Harp Okulu Bilim Dergisi, 2016).....	19
3.21. 1993-2012 Yılları Arasında PKK Eylem Sayıları ve Eylem Türüne Göre Toplam Zayiat (Kara Harp Okulu Bilim Dergisi, 2016).....	19
3.22. Jelatin Dinamit (Gümüşçü,2016) .....	21
3.23. Elektriksiz Kapsül (Gümüşçü,2016) .....	21
3.24. Preslenmiş Kara Barut (Köksal,2022).....	22
3.25. Cıva Fulminat Kimyasal Yapısı (Wikipedia).....	22
3.26. Cıva Fulminat Fiziksel Görünüm (Wikipedia).....	22
3.27. ANFO Patlayıcısı (SFC Nitro) .....	23
3.28. TNT Patlayıcısı (A Haber, 2022) .....	24
3.29. EGM İstiklal Caddesi Terör Saldırısı Basın Açıklaması (Yurt Gazetesi, 2022).....	24
3.30. Fünne (Wikipedia, 2023).....	25
3.31. 2022 Hakkâri Terör Saldırısı Girişimi Araçtan Çıkan RDX Patlayıcısı (Rüdaw, 2022).....	26
3.32. HMX Patlayıcısının Kristal Yapısı (MBA Savunma).....	26
3.33. C-4 Tipi Patlayıcı Fiziksel Yapısı (Savunma SanayiST, 2020).....	27
3.34. C-4 Tipi Patlayıcı Yapımı (Wikipedia) .....	28
3.35. 2022 Yılı Afrin’de Ele Geçirilen 12 kg C-4 Tipi Patlayıcı (AA, 2022).....	28
3.36. Patlama dalgalarının yapıya doğru değişimi (Doğan, 2019).....	30
3.37. Bir patlamanın küresel şekli (Vaighan, 2012).....	31
3.38. Yüzeysel Patlama Şematik Gösterim (Vaighan, 2012) .....	31
3.39. Patlama Basıncının Zamanla Değişimi (Vaighan, 2012) .....	32
3.40. Patlama Basıncının Mesafeye Bağlı Olarak Değişimi (Vaighan, 2012) .....	33
3.41. Çalışmada Kullanılacak Gabion Duvar Geometrisi ve Patlama Kuvveti Yük Dağılımı.....	33
3.42. Gabion Duvar Dolgu Malzemesi ve Ağ Parametrelerinin GEO5 Programı Modülü .....	36
3.43. GEO5 Programında Çizilmiş Gabion Duvar.....	36
3.44. GEO5 Programı Zemin Parametreleri.....	37
3.45. Zemin Özelliklerinin Ana Ekranda Görünümü .....	37
3.46. GEO5 Programı Zemin Ataması .....	37
3.47. GEO5 Programı Dahilinde Seçilen Arazi Tipi.....	38

3.48. TNT Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu .....	39
3.49. RDX Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu.....	39
3.50. C-4 Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu .....	40
3.51. HMX Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu.....	40
3.52. FOX-7 Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu.....	41
3.53. FOX-12 Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu....	41
3.54. Örnek Duvar Tahkik Sonuçları .....	42
3.55. Örnek Boyutlandırma Analizi .....	42
4.1. TNT Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı.....	44
4.2. RDX Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı .....	45
4.3. C-4 Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı .....	45
4.4. HMX Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı .....	46
4.5. FOX-7 Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı .....	46
4.6. FOX-12 Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı .....	47
4.7. TNT Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi .....	47
4.8. RDX Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi .....	48
4.9. C-4 Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi .....	48
4.10. HMX Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi .....	49
4.11. FOX-7 Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi .....	49
4.12. FOX-12 Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi .....	50
4.13. TNT Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları .....	51
4.14. RDX Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları .....	52
4.15. C-4 Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları .....	53
4.16. HMX Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları .....	54

4.17. FOX-7 Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları .....	55
4.18. FOX-12 Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları .....	56
4.19. TNT Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi...	57
4.20. RDX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi..	58
4.21. C-4 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi ....	58
4.22. HMX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi.	58
4.23. FOX-7 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi	59
4.25. TNT Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	60
4.26. RDX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	60
4.27. C-4 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	60
4.28. HMX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	60
4.29. FOX-7 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	61
4.30. FOX-12 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları.....	61

# SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

## SİMGELER DİZİNİ

$\alpha$	Açı
$\gamma$	Birim hacim ağırlık
$^{\circ}$	Derece
$\beta$	Eğim
$\varphi$	İçsel Sürtünme Açısı
$\delta$	İçsel Sürtünme açısı- zemin
$\nu$	Poisson oranı

## KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
C	Kil
Cm	Santimetre
FOX7	Diamino Dinitro Eten
FOX12	Guanlyluera Dinitramide
FS	Güvenlik Katsayısı
g	Gram
GPa	Gigapascal
Hg	Cıva
HMX	Siklotetrametilen Tetranitramin
J	Joule
Kbar	Kilobar
Kg	Kilogram
KN	Kilonewton
KPa	Kilopascal
L	Uzunluk



M	Moment
M	Metre
$M_{dvr}$	Devrilme Momenti
Mm	Milimetre
$M_{res}$	Karşı Koyucu Moment
Mpa	Megapascal
N	Azot
O	Oksijen
$P_0$	Atmosferik Basınç
$P_s$	Maksimum Basınç
R	Yarıçap
RDX	Siklotrimetilen Trinitramin
Sr	Zemin Doygunluk Derecesi
TNT	Trinitrotoluen
Z	Uygulanma Noktası
Q	Patlama Basıncı
X	Merkez

# 1. GİRİŞ

Zeminleri iki farklı seviyede tutabilen ve bu esnada doğal ve yapay şevlerin stabilitesini sağlayan, kıyıları oluşabilecek erozyon veya taşkın riskinden koruyan, temel çukurlarının stabilitesini sağlayan yapılara dayanma yapısı denilmektedir. Dayanma yapıları yüksek seviyede yanal zemin basınçlarına maruz kalmaktadır. Dayanma ve koruma yapıları kazı sırasında ve kazı sonrasında veya kazı alanının yeterli olmaması durumunda inşa edilirler. Dayanma yapıları geçici ve kalıcı olarak inşa edilen yapılar olarak ikiye ayrılırlar. Batardolar, iksalar ve palplanşlar geçici dayanma yapılarına örnek gösterilirken; istinat duvarları kalıcı dayanma yapılarına örnek gösterilmektedir. Ülkemizde ve dünyada koruma ve dayanma yapıları olarak sıklıkla karşımıza istinat duvarları çıkmaktadır. Günümüz koşullarında artan maliyetler göz önüne alındığı takdirde istinat duvarları ve özellikle diğer betonarme dayanma yapıları ekonomikliğini yitirmiş ve mühendisler yeni arayışlara girmişlerdir. Ülkemizde ve dünyada genellikle taşıma kapasitesi yerine estetik özellikleri nedeniyle kullanılan gabion duvarlar betonarme dayanma yapılarına alternatif olarak kullanılabilir en ekonomik yapılardır (Uray, 2015). Gabion duvarlar genellikle eğimli arazilerde hafif dayanma yapısı alternatifi olarak kullanılmaktadır. Gabion duvarların kolay temin ediliyor olması yapımı aylar süren betonarme koruma duvarlarına karşı daha fazla talep görmesinin en önemli nedenlerinden birisidir. Yapımında demir kullanılmaması, kırmataş ve tel kullanılması ekonomikliği açısından büyük artılar oluşturmaktadır. Gabion duvarlarda kullanılan bu kırmataşlar çoğu taş ocaklarının atık malzemelerinden de oluşturulabilmektedir. Atık malzeme kullanımı ile de gabion duvarların çevre dostu olma özelliği gözler önüne serilmektedir. Gabion duvarların boşluklu bir yapıda olması ve esnek olması da betonarme koruma duvarlarına karşı gabion duvarların üstünlüğünü göstermektedir.

Geoteknik Mühendisliğinde en sık karşılaşılan problemlerden birisi de zemin oturmalarıdır. Oturmalar zemin seviyesine uygulanan yük ile orantılı olarak zeminin sıkışması sonucu seviye farkı olarak tanımlanmaktadır. Zemin tipine bağlı olarak oturmaların süresi ve şekli değişse de uygulanan yük dolayısıyla betonarme dayanma

ve koruma yapılarının oturduğu zeminde oluşacak farklı oturmalara karşı toleransı gabion duvarın oturduğu zeminin toleransına göre oldukça düşüktür.

Gabion duvarların drenaja açık olması sebebiyle kolayca yeşillendirilebilmekte ve oldukça estetik görüntüler elde edilmektedir.

Gabion duvarların modüler olarak birbirine bağlanması nedeniyle yüksek mukavemet değerleri vermektedir. Ayrıca gabion duvarların tel örgüler barındırması çekme direnci yüksek bir yapı oluşmasını sağlamaktadır.

Gabion duvarları tüm bu avantajları ve özellikle yüksek dayanım özellikleri gabion duvarların savunma sanayide kullanılmasını oldukça olası kılmaktadır. Ülkemizde artan terör olayları karşısında gerek mühimmatların saklanması ve korunması gerek ise planlı veya plansız bir patlamanın etkilerini minimuma düşürmek için gabion duvarlar kullanılabilir en uygun yapılardır. Gabion duvarların boyutlarının gelen yanal zemin basınçlarına göre kolay ayarlanabilmesi, istenilen boyutlarda ve daha ekonomik yapılar oluşturmakla kalmayıp savunma sanayide kullanıldığı takdirde oldukça olumlu sonuçlar verecektir.

Belirtilen özellikler neticesinde gabion duvarların çeşitli patlama kuvvetleri altında analizleri Geo5 programı dahilinde incelenmiş ve sunulmuştur.

## **1.1. Tezin Kapsamı ve Amacı**

Tezin kapsamı gereği 6 farklı patlayıcı türünün Gabion duvara etki ettirilmiş ve GEO5 Programı yardımıyla tahkikleri yapılmıştır. Ülkemizde ve dünyada artan terör olaylarına karşı dayanıklı bir koruma yapısı inşa etme amacıyla çalışma gerçekleştirilmiştir. Her yönden diğer koruma yapılarına göre avantajlı olan Gabion duvarlar tüm patlayıcı kuvvetlerini güvenli bir şekilde taşımıştır. Askeri amaçlı kullanımı takdirinde savunma sanayisi açısından ekonomik ve dayanıklı bir duvar tasarlanmak istenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Gabion duvarlar ve patlama kuvvetlerinin konu alındığı yüksek lisans, doktora tezleri ve makaleler incelenmiştir. Çalışmada yararlanılmış, yol göstermiş çalışmalar listelenmiştir.

Dursun (2008), tersip bendi ve ıslah şekillerine göre gabion sandık uygulamasının avantajlarını belirlemek amacıyla maliyet karşılaştırması yapmıştır. Maliyet karşılaştırması yaparken aynı zamanda gabion sandıkların stabilite yönünden uygunluğu da araştırılmıştır. Temeli beton, gövde kısmı gabion sandık malzeme olarak inşa edilen sekilerin, tamamı beton olarak inşa edilen sekilere göre %25 düşük maliyetli olduğu görülmüştür. Ancak çalışma sonucunda temelde gabion sepet uygulamasının stabilite yönünden uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Vaighan (2012), yaptığı çalışmada çeşitli nedenlerle insanların yoğun olarak yaşadığı bölgelerdeki patlamaların yapılar üzerindeki etkisini azaltmayı hedefleyici çelik paneller kullanımını araştırmış ve analiz etmiştir. Patlama basıncının mesafeye göre davranışını grafiğe dökmüştür. Farklı patlama enerjilerine göre farklı mesnetler kullanarak çelik panelleri çeşitli sayısal yöntemler ile modellemiştir.

Kanter (2014), çalışmasında Gabion duvarlar ile bina cephelerinde dikey bahçeler oluşturmuştur. Gabion duvarların hem çevre dostu olmaları hem de drenaja açık olması sebebiyle kolay yeşillendirilmesi estetik açıdan yorumlanmıştır.

Uray (2014), yaptığı çalışmada gabion duvarları geniş bir şekilde incelemiştir. Gabion duvarların tasarım kriterlerini Terzaghi yöntemi ile araştırmış ve gabion duvarların tasarım parametrelerine ulaşmıştır. Çeşitli programlar kullanarak gabion duvarların yapısal kontrollerini yapmıştır. Tüm bu kontroller neticesinde gabion duvarlar için Taguchi yönteminin daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

Uray, Çarbaş, Erkan ve Tan (2016), gabion tipi dayanma yapılarının tasarımını harmoni arama algoritması kullanarak yapmışlardır. Çalışmada minimum duvar ağırlığına karşı bu ağırlığı veren duvar boyutlarına ulaşmak hedeflenmiştir. Farklı zemin özelliklerinde stabilite koşullarını sağlayan parametrik analizler yapılmış ve

minimum duvar ağırlığını veren duvar tasarım değişkenleri bulunmuştur. Çalışma sonunda bu algoritma güvenli sonuçlar vermiştir.

Hacımustafaoğlu (2017), yaptığı çalışmada taş işletmelerinin ortaya çıkardığı fazla atıkların geri dönüşüm yollarından bahsetmiştir. İzmir Torbalı ilçesinde yer alan 18 tane doğal taş işleme tesisi incelenmiş ve artık maddeleri boyutlarına göre sınıflandırılmıştır. Kısmen iri parçalar gabion duvarlarda kullanım amaçlı ayrıştırılmış olup bu çalışmada da atık kullanımı sebebi ile gabion duvarların ekonomiklik, tekrarlı kullanım ve çevre dostu olma özellikleri gözler önüne serilmiştir.

Ülker (2018), oluşturduğu çalışma ile ülkemizde gerçekleşen terör olaylarının etkilerini azaltmayı hedeflemiştir. Teröristlerin en çok kullandığı yöntemlerden biri olan menfezlerin içine yerleştirilen patlayıcı maddeleri ele almıştır. Yol dolgusuna geotekstil keçeler sererek veya büz üstüne büz koyulması gibi yöntemler kullanarak patlayıcı etkisinin %80 oranında azaltılabildiği sonucuna varmıştır.

Önalın (2019), çalışmasında patlama yüküne maruz kalan betonarme binaların dinamik davranışlarını incelemiştir. Çalışmasında patlama kuvvetlerinin TNT (Trinitrotoluen) eşdeğerliklerine göre değerlerini hesaplamış, yapılar üzerindeki etkisini mesafelere göre incelemiş ve analiz etmiştir. Farklı beton sınıflarına göre analizler yapmıştır. Patlamalarının etkisinin en önemli ölçütünün yüzey alanı olduğunu tespit etmiştir.

Karabayır (2020), yaptığı çalışmada farklı patlayıcı türlerinin patlama gücü index değerlerini hesaplamıştır. TNT eşdeğerlik yöntemini de tezinde kullanan Karabayır, TNT eşdeğerliği bakımından 1 değerinin altında kalan patlayıcılara da tezinde yer vermiş ve teorik hesaplamalar ile patlayıcıların parametrelerine ulaşmıştır.

Toplu (2020), yaptığı çalışmada sismik yalıtımlı yapılarda patlama etkisini incelemiştir. Yapılara etkiyen patlama etkisini mesafelere göre incelemiş ve oluşabilecek tahmini hasarları yine mesafelere göre belirtmiştir. 3 farklı betonarme yapıyı SAP2000 programı üzerinden modellemiştir. TNT eşdeğerlik yöntemi kullanarak farklı kütlelerde TNT patlayıcısı kullanmış ve farklı mesafeler için patlama etkilerini incelemiştir. Sismik yalıtımlı yapı göçmenin önlenmesi performans düzeyini sağlarken, sismik yalıtımsız yapı sağlamamıştır.

Yılmaz (2020), tarihi Hasankeyf yerleşiminde yer alan ve Yamaç Külliyesi olarak isimlendirilen yapıda Ilısu Barajı'nın tamamlanmasından sonra oluşmaya başlayan

büyük tahribatları önlemeye çalışmıştır. Yamaç Külliyesinde birden fazla koruma ve restorasyon işlemleri uygulanmıştır. Uygulanan koruma işlemlerinden birisi de gabion duvar uygulaması olmuştur. Yamaç Külliyesinin üst kot terası baraj maksimum su kotuna yakın bulunmaktadır. Bu sebeple üst kot bölgesine gabion sepetlerle duvar oluşturmuştur. Yapılan bu uygulama neticesinde gabion duvar ile hem su tahribatı önlenmiş hem de olası bir kayma olayına karşı set duvarı işlevi oluşturulmuştur.

Xu, Chen, Fang, Zheng, Li ve Cao (2021), çalışmada 1 ton ve 10 ton TNT patlayıcısının gabion duvarlar üzerindeki etkileri çeşitli etkenlere karşı incelenmiş ve analiz etmişlerdir. Patlama grubundan sadece TNT kullanılmıştır. Patlamalar sonucunda gabion duvarların çevresindeki aşırı basınç ölçümleri yapılmıştır. Gabion duvarların patlamaları azaltıcı bir görev üstlendiği sonucuna varmış ve bina tasarımlarında gabion kullanımını tavsiye etmişlerdir.

Çetin (2023), çalışmasında tünellerde meydana gelebilecek bir terör saldırısının kapalı alandaki etkilerini Sonlu Analizler Yöntemi 'ne göre incelemiştir. Patlama etkisinin zemin ortamında ve zemin yüzeyinde nasıl sonuçlar ortaya çıkardığını araştırmıştır. Çeşitli derinliklerde farklı zemin parametrelerine sahip ortamlarda zeminlerin soğurma ve yansıtma etkileri üzerinde durmuştur. Zeminlerin modellemesini Plaxis programı ile yapmıştır. Gevşek zeminlerin oluşturduğu ivmelerin sıkı zeminlerde oluşan ivmelere göre daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır.

Rüzgar (2023), insanlık için büyük bir tehdit haline gelmiş terör saldırılarının etkilerini yeterli oranda azaltmayı hedeflemiştir. Bu hedef doğrultusunda TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu) 1001 Projesi kapsamında kompozit beton plaklar imal etmiştir. Yapılan analizler sonucunda patlama etkisini optimum düzeyde sönmüleyebilen beton plaklar, dayanımı yüksek ve patlama etkisini düşüren yapı elemanları arasında yerini almıştır.

### **3. MATERYAL VE METOT**

Bu bölümde gabion duvarlar, patlama kuvvetleri, çeşitli patlayıcılar ve Geo5 programı dahilinde çeşitli patlama kuvvetleri etki ettirilmiş gabion duvarların davranışları incelenecektir.

#### **3.1. Gabion Duvarlar**

Gabion duvarlar çelikten imal edilen taşıyıcı tel örgülerin çeşitli şekilde bağlanarak içinin irili ufaklı kaya parçaları veya inşaat malzemeleri ile doldurulmasıyla elde edilen kafeslerdir. Gabion duvarlar genellikle hafif dayanma yapısı alternatifini olarak kullanılsa da erozyonun önlenmesi, şev stabilitesinin sağlanması ve kıyı aşınmalarının korunması gibi daha birçok mühendislik alanında da kullanılmaktadır. Gabion duvarlar kullanıldığı takdirde birçok avantajı da beraberinde getirmektedir. Günümüzde ekonomik şartlar gereği betonarme yapıların inşaat sektöründe kullanımı artan maliyetleri beraberinde getirmektedir. Oysaki Gabion duvarlar çelik teller ve kaya parçalarından oluşması sebebiyle kullanıldığı takdirde maliyetleri düşürecektir. Gabion duvarların yapısında bulunan taşların, kaya parçalarının bazı taş ocaklarının atık depolarından tedarik edilebiliyor olması gabion duvarların hem ekonomikliğini hem de çevre dostu özelliğine dikkat çekmektedir. Gabion duvarların fabrikalarda hazır olarak üretilmesi ve paketlenmesi de nakliye maliyetini azaltmaktadır. Betonarme elemanlara nazaran kolay ve hızlı tedarik edilmesi, montajının kolay olması da ekstra eleman ücretleri gerektirmemektedir. Bu duvarların boşluklu yapısı drenaja izin vermektedir. Drenaja açık bir yapı olması sebebiyle kolayca yeşillendirilmekte ve peyzaj alanında da bu sebeple tercih edilmektedir.

##### **3.1.1. Gabion Duvarların Çeşitleri**

Gabion duvarlar sepet, şilte ve torba gabionlar olmak üzere temelde 3 çeşide ayrılmaktadır.

### 3.1.1.1. Gabion Sepet

Gabion duvarların ülkemizde en çok tercih edilen ve kullanılan gabion duvar çeşidi gabion sepetlerdir. Şekil 3.1’de örnek gabion sepet uygulaması verilmiştir.



Şekil 3.1. Örnek Gabion Sepet Uygulaması (Atık tel)

Çift burgulu altıgen çelikten oluşan tel örgü kafeslere gabion sepet adı verilmektedir. Örnek tel örgü şekli Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen D uzunluğu göz açıklığını ifade etmektedir. Altıgen tel örgülü gabion duvar örneği Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Altıgen Çift Burgulu Tel Örgü Şekli (Uray, 2014)

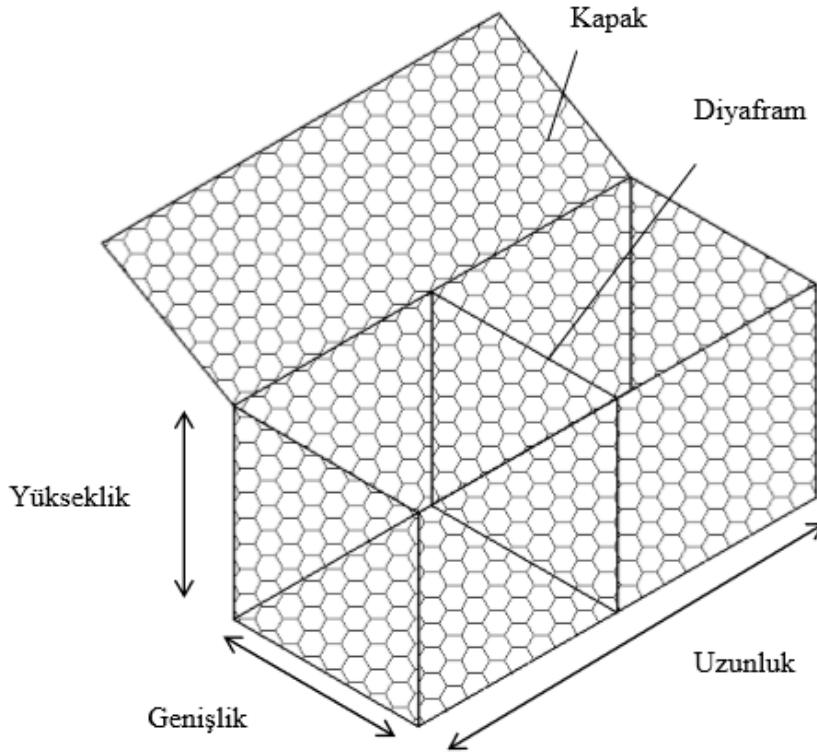


Şekil 3.3. Altıgen Tel Örgülü Örnek Gabion Duvar (Shengxin)

Gabion sepetler genellikle erozyonun önlenmesi, rezervuarlar, nehir taşkın kontrolü ve payanda duvar amacıyla olmak üzere daha birçok amaçla kullanılmaktadırlar. Kaynaklı altıgen tel örgülerden oluşan gabion sepetlerin kurulumu oldukça kolaydır. Doğal taşlara kolaylıkla erişilebilen bölgelerde kullanılması ekonomiklik açısından da

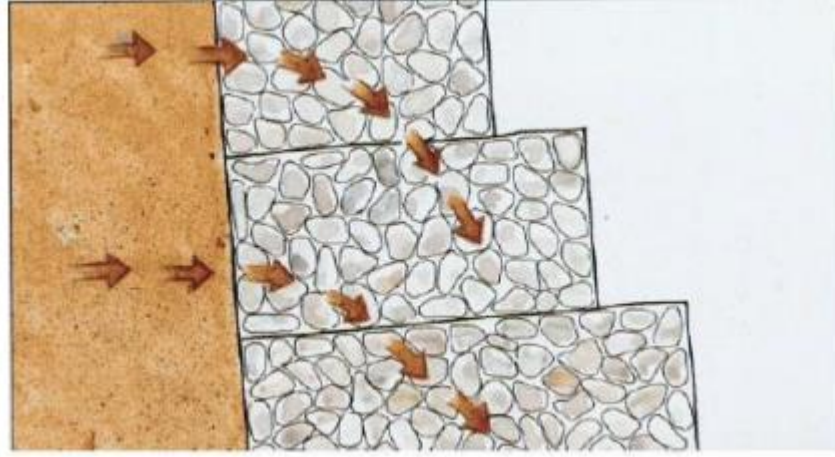


olumlu sonuçlar vermektedir. Gabion sepetlerin ayarlanabilir ölçülerde üretilmesi sebebiyle peyzaj alanında da çokça tercih edilmekte ve oldukça estetik sonuçlar vermektedir. Gabion sepetlerin diyaframlı veya diyaframsız olmak üzere iki çeşidi vardır. 2 metreden uzun olan gabion sepetler diyafram ismi verilen paneller yardımıyla 1 metrelik hücrelere bölünmektedir. Diyaframlar yardımıyla hem istenilen boyutlarda gabion sepetler elde edilmiş hem de dayanımdan taviz verilmemiş olmaktadır. Diyaframlar ile ayrılmış örnek gabion sepet uygulaması Şekil 3.4’te verilmiştir.



**Şekil 3.4.** Gabion Sepet Örnek Diyafram Gösterimi (Uray,2014)

Gabion sepetlerin boşluklu yapısı sayesinde ise suyun akışına izin verilmekte ve ekstra drenaj önlemleri alınmasına gerek kalmamaktadır. Şekil 3.5’te Gabion duvarın geçirgenlik özelliği şematik olarak verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Gabion Duvar Geçirgenlik Özelliği (Uray, 2014)

Drenaja açık yapısı sebebiyle gabion duvarlar kolaylıkla ve kısa sürede yeşillendirilip peyzaj mimarisinde yerini almaktadır. Gabion duvarların doğal bitki örtüsü ile uyumu Şekil 3.6’da verilmiştir.



**Şekil 3.6.** Gabion Duvarların Yeşillendirilmesi (Kanter, 2014)

Gabion sepet uygulamasının ülkemizdeki kullanımına örnekler Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de verilmiştir.



**Şekil 3.7.** Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi (TANAP) Kapsamında Yer Alan Nehir Islahı İşinde Gabion Sepet Uygulaması (Maccaferri)



**Şekil 3.8.** Balıkesir Bandırma Eti Bor Tesisleri Gabion Sepet Uygulaması (Geoart)

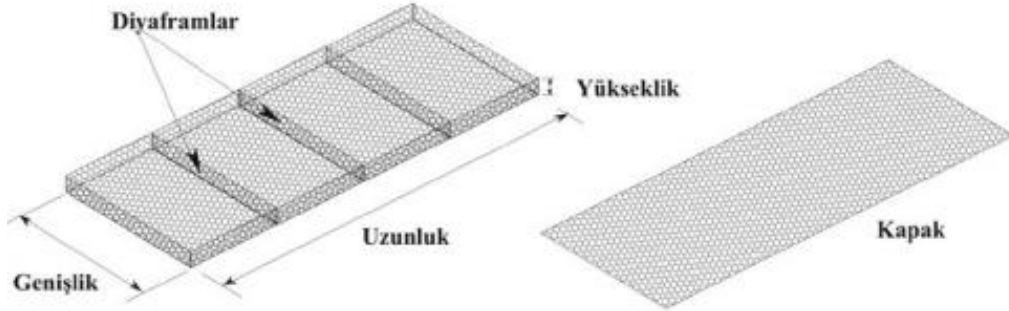
### 3.1.1.2. Gabion Şilte

Şilte Gabionlar genellikle hidrolik uygulamalarda kullanılırlar. Nehir setleri korumaları, erozyon kontrol işleri, kanal kaplamaları, karayolu ve demiryolu projelerinde sıkça kullanılmaktadır. Şilte gabionlar da aynı gabion sepetler gibi çift bükümlü altıgen örme tellerden oluşurlar. Şilte gabionlar kapalı şekilde teslim edilip proje alanında monte edilirler. Monte edildikten sonra içleri doldurulurlar. Şekil 3.9'da örnek şilte gabion uygulaması verilmiştir.



**Şekil 3.9.** Örnek Şilte Gabion Uygulaması (Kıcımın)

Şilte gabionlar gabion sepetlerden farklı olarak yükseklikleri 0,50 metreden daha kısadır ve bünyesinde yanlamasına 1 metre olarak konumlandırılmış diyaframlardan oluşurlar. Şekil 3.10’da şilte gabion geometrisi verilmiştir.



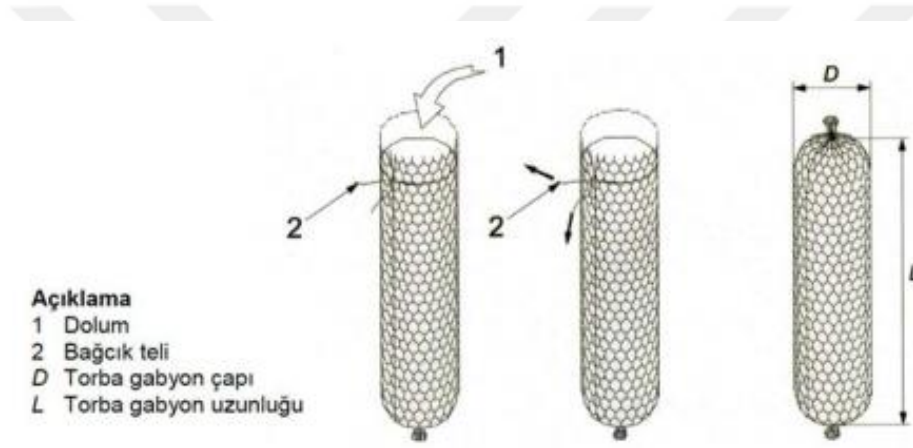
**Şekil 3.10.** Şilte Gabion Geometrisi (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

### 3.1.1.3. Gabion Torba

Gabion torbalar altıgen çift burgulu çelikten imal edilmiş torba şeklindeki özel Gabionlardır. Sel veya taşkın gibi oluşabilecek acil durumlarda kullanımı oldukça yaygındır. Örnek gabion torba Şekil 3.11’de, gabion torba uygulanma parametreleri ise Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Örnek Gabion Torba Uygulaması (Divan tel örgü)



Şekil 3.12. Örnek Gabion Torba Uygulaması (Devlet Su İşleri Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

### 3.1.2. Gabion Duvar Yapım Şartları

Bu kısımda gabion duvarların yapım şartları, parametreleri Karayolları Teknik Şartnamesi 'ne (2013) ve Devlet Su İşleri Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi 'ne (2018) göre analiz edilmiş ve sunulmuştur.

#### 3.1.2.1. Gabion Duvarlarda Kullanılan Çelik Tellerin Özellikleri

Gabion duvarların imalatında farklı çaplarda ve özelliklerde 4 farklı çelik tel elemanlar kullanılmaktadır. Bu teller;

- Gözenek telleri
- Kenar telleri
- Bağcık telleri
- Gergi telleridir.

### 3.1.2.1.1. Gözenek (Örgü) Telleri

Gabionların esas yapısını oluşturan çift bükümlü çelik teller altıgen şeklinde, gözenekli ve yumuşak çelik tellerden imal edilmektedir. Şekil 3.13'te Gabion duvarlarda kullanılan gözenek teli gösterilmiştir.



**Şekil 3.13.** Gözenek Teli (Atık tel)

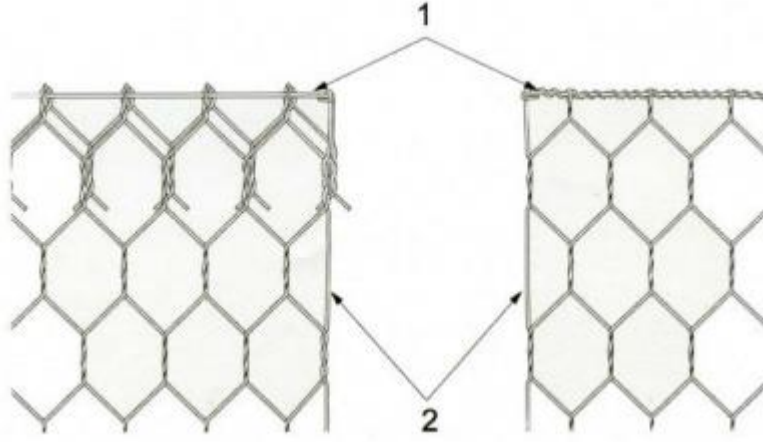
Gözenek boyutlarına göre kullanılacak tel kalınlıkları değişiklik göstermektedir. Çizelge 3.1'de gabion duvarlarda kullanılacak tel kalınlıkları tolerans değerleri ile birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Gözenek Boyutuna Göre Tel Kalınlıkları (KGM Teknik Şartnamesi, 2013)

<b>Boyutlar (mm)</b>	<b>Kısa yönde gözenek açıklığı, D (mm)</b>	<b>Tolerans değerleri</b>	<b>Tel kalınlığı, Q (mm)</b>
60x80	60	16%	2,00 (Şilte Gabion)
100x20	100	-4%	2.70 (Kutu Gabion)

### 3.1.2.1.2. Kenar (Çerçeve) Telleri

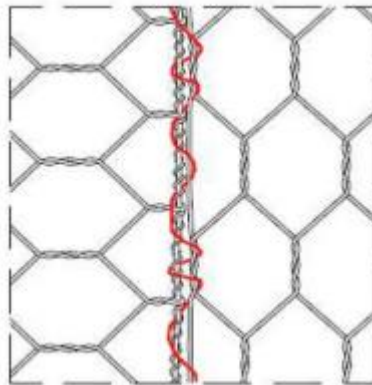
Gabionların kenarları boyunca, gözenek tellerinin kenarında kullanılırlar. Gabionların etrafını çevrelemek amacıyla yapılırlar ve ağır galvanizli tellerdir. Şekil 3.14'te kenar teli ve gergi teli gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Gabion Şiltelerde Kullanılmış Kenar Teli (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

### 3.1.2.1.3. Bağcık Telleri

Boş Gabionları birleştirmek, kapatmak için veya taş dolu kafeslerin duraylılığını sağlamak için halkaların yerine kullanılan çinko veya organik kaplı çelik tellerdir. Şartnameye göre bağcık teli çift burgulu tel örgü ürünü ile aynı çekme dayanımına sahip olmalı ve en az 2,2 mm çapta olmalıdır. Şekil 3.15'te örnek bağcık teli gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Bağcık Telleri (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

#### 3.1.2.1.4. Bağcık Halkası

Boş durumda olan Gabionları birbirine kenetlemek veya kapatmak için kullanılan C şeklindeki halkalardır. Şekil 3.16’da bağcık halkasının açık durumu, Şekil 3.17’de ise bağcık halkasının kapalı durumu gösterilmiştir.



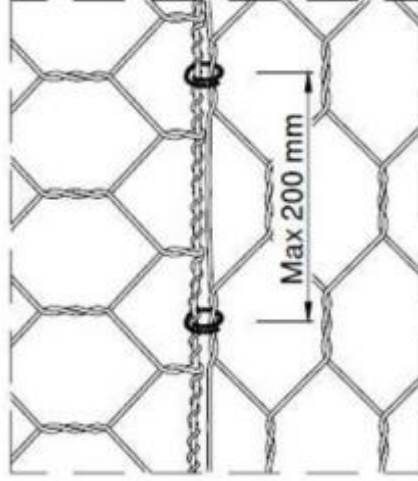
**Şekil 3.16.** Bağcık Halkası Açık Durum (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)



**Şekil 3.17.** Bağcık Halkası Kapalı Durum (DSİ Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

Bir başka kullanımı da taş dolu gabion ünitelerinin emniyetini sağlamak olan bağcık halkaları yüksek dayanıma sahip çinko ya da alüminyum kaplı çelik tellerden yapılırlar. DSİ teknik şartnamesine göre tel çapı 3 mm ve kaplama malzemesinin ağırlığı minimum 255 g/m<sup>2</sup> olmalıdır. Bağcık halkasının çekme dayanımı değeri ise kullanılacak malzeme çeşitlerine göre minimum 1720 MPa ile 1550 MPa arasında olmalıdır. Bağcık halkasının çekme mukavemeti ise minimum 2 kN olmalıdır. Bağcık tellerinin bağlanma aralığı Şekil 3.18’de verilmiştir.





**Şekil 3.18.** Bağcık Tellerinin Bağlanma Aralığı (DSİ, Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi, 2018)

### 3.1.2.2. Gabion Duvarların Dolumunda Kullanılacak Kayaçların Özellikleri

Gabion duvarların içerisinde kullanılacak kayaçların her türlü fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Gözenek yapısı açısından kısmen az gözenekli, temiz ve aşınmaya dayanıklı olmalıdır. Dolgu malzemesi; şilte gabionlar için 100-150 mm, sepet gabionlar için ise 125-250 mm arasında olmalı ve iyi bir tane dağılımına sahip olmalıdır.

### 3.1.3. Gabion Duvarların Avantajları

Ülkemizde ve dünyada kullanım oranı yüksek olan gabion duvarların bu denli fazla sayıda kullanılması gabion duvarların bünyesinde barındırdığı avantajlarından kaynaklanmaktadır. Bu avantajlar şöyle sıralanabilmektedir;

- Ekonomiklik
- Esneklik
- Sürdürülebilirlik
- Estetik görünüm
- Drenaj kolaylığı
- İmalat kolaylığı ve hızlılığı

### 3.1.4. Gabion Duvarların Dezavantajları

Gabion duvarların sayıca fazla birçok avantajı bulunsa da her yapıda olduğu gibi gabion duvarların da dezavantajları bulunmaktadır. Gabion duvarların yapısı gereği uygulanacağı zemine herhangi bir temel yapılmamaktadır, bu sebeple zemin

oturmaları kontrol edilmeli ve kontroller doğrultusunda doğru zemin üzerine gabion duvar uygulaması yapılmalıdır. Gabion duvarlar her yükseklik için uygun olmamakla birlikte işçiliği bazı bölgelerde çok yaygınlaşmadığı için zordur.

### 3.1.5. Gabion Duvarların Çalışmada Kullanılacak Parametreleri

Gabion duvarlar hakkında literatür araştırması incelenmiş, şartnameler karşılaştırılmış ve tezde tasarım için kullanılacak gabion duvar parametrelerine ulaşılmıştır. Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te sırasıyla çalışmada kullanılacak gabion duvar dolgu malzemesi ve çelik tellerin tasarım parametreleri verilmiştir.

**Çizelge 3.2. Gabion Duvar Dolgu ve Dolgu Zemin Parametreleri**

<b>Dolgu ve Dolgu Zemin Özellikleri</b>	
Kaya Malzemesi Birim Hacim Ağırlık	26 kN/m <sup>3</sup>
Kohezyon (c)	0,56 MPa
İçsel Sürtünme Açısı	44,8
Young Modülü	1,470 KPa
Poisson Oranı	0,27
Doğal Çakıl Maximum Kuru Yoğunluk	18,3 kN/m <sup>3</sup>
Doğal Çakıl Minimum Kuru Yoğunluk	14,9 kN/m <sup>3</sup>

**Çizelge 3.3. Gabion Duvar Çelik Tel Parametreleri**

<b>Tel Örgü Parametreleri</b>	
Gabion Teli Gerilme Direnci	386 MPa
Çap	3 mm
Young Modülü	210 GPa
Poisson Oranı	0,3
Standart Tel 6x8 cm	Çap 60 mm
8x10 cm Tel	Çap 80 mm
Standart Tel Ağ Çekme Mukavemeti	200 kN/m <sup>3</sup>
Bağlantı Mukavemeti	70 KN/m

## 3.2. Patlama Olgusu

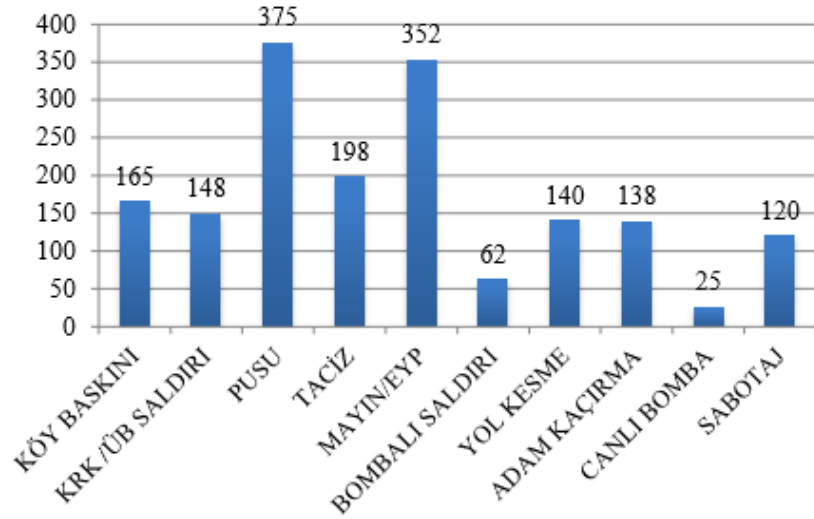
Patlamalar gerek planlı olarak gerek ise kaza sebebiyle oluşmaktadır. Özellikle plansız bir patlamanın çokça can ve mal kaybına sebep olması dünya genelinde büyük bir sorun haline gelmiştir. Plansız olan patlamaların çoğunluğunun dayandığı taban terörizmdir. Terörizm günümüzde devletlere ve dünya güvenliğine zarar veren büyük bir tehdit halini almaktadır. Dünyanın çeşitli yerlerinde çeşitli terör örgütleri kendi

amaçları yönünde faaliyetlerini sürdürmektedir. Şekil 3.19’da Suriye’nin İdlib şehrinde bomba ile yapılan terör saldırısının tahribatı gösterilmiştir.



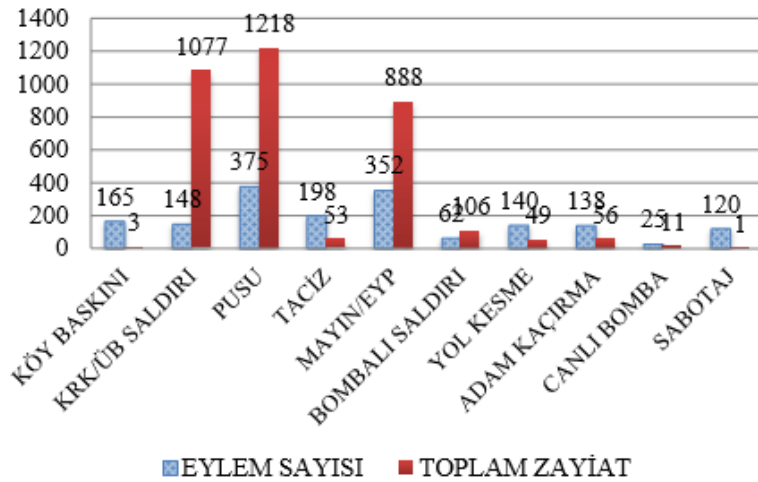
**Şekil 3.19.** İdlib Terör Saldırısı (AA,2016)

Ülkemiz nezdinde terör olayına bakıldığında ülkemizde en çok faaliyet gösteren terör örgütünün PKK terör örgütü olduğu görülmektedir. PKK terör örgütü eylemlerine başladığı 1984 yılından itibaren farklı şekillerle ve stratejilerle çeşitli eylemlerde bulunmuştur. Bu eylemler; bombalı saldırılar, intihar saldırıları, sabotaj, baskın, adam kaçırmaya, yol kesme, mayın ve el yapımı patlayıcı (EYP) kullanma, askeri birlik ve karakollara saldırı, sızma ve taciz olarak sıralanabilmektedir (İşeri, 2008). Şekil 3.20’de 1993-2012 yılları arasında PKK terör örgütünün eylem sayıları, yapılan eylem türlerine göre verilmiştir.



**Şekil 3.20.** 1993-2012 Yılları Arasında Eylem Türlerine Göre PKK Eylem Sayıları (Kara Harp Okulu Bilim Dergisi, 2016)

PKK terör örgütü tarafından gerçekleştirilen eylemlerin ülkemize vereceği zararı görebilmek için eylem türlerinin zayıatları da incelenmiştir. Şekil 3.21’de PKK terör örgütü eylem sayıları ve toplam zayıat verilmektedir.



**Şekil 3.21.** 1993-2012 Yılları Arasında PKK Eylem Sayıları ve Eylem Türüne Göre Toplam Zayıat (Kara Harp Okulu Bilim Dergisi, 2016)

Şekil 3.20 ve Şekil 3.21 incelendiği takdirde hem eylem sayıları olarak hem de zayıat olarak en yüksek değerlerin patlayıcı kullanılan eylemler olduğu görülmektedir. Patlayıcıların oluşabilecek zayıatlardaki rolü oldukça büyüktür. Patlayıcıların terör saldırılarında kullanılması büyük ve olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Günümüzde böylesine büyük ve sonuçları acı olan bir olgunun önüne geçilmesi bir gereklilik halini almaktadır. Bu gereklilik doğrultusunda inşaat sektörü olarak patlamalara dayanıklı

yapı inşa edilmesi bu sorunun önüne geçilmesi doğrultusunda olumlu sonuçlar verebilecek olması, bu çalışmanın yapılmasına öncü olmuştur. İnşaat sektöründe bir yapının yapım aşamasında izlenen analizlerde en büyük kalem her zaman ekonomiklik olmaktadır. Patlamalardan ayrıca birçok sorunun çözümü için inşaat sektöründe istinat duvarlarına başvurulmaktadır. Günümüzde artan maliyetler doğrultusunda istinat duvarlarının inşa edilmesi ekonomiklik kaleminin sağlanmaması anlamına gelmektedir. Yeni arayışlar içerisinde giren inşaat sektöründe, patlamalara dayanıklı ve düşük maliyetli Gabion duvarlar en mantıklı ve hızlı çözüm olarak yerini almalıdır. Patlama olayının Gabion duvarlar üzerindeki etkisinin en büyük bileşeni patlayıcının çeşididir.

### **3.2.1. Patlayıcı Madde Tanımı ve Sınıflandırılması**

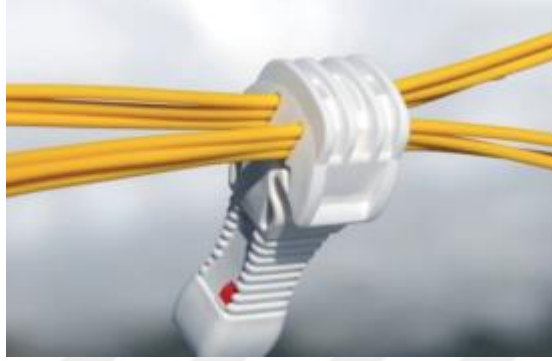
Atmosferik oksijen olmadan da ani gaz yayılımı ile ekzotermik reaksiyon verebilen, kısmen kapatıldığında ısınma ile kendiliğinden patlayan veya belirlenmiş test koşullarında patlayan, çabucak parlayan katı, sıvı, macunumsu, jelatinimsi haldeki maddelere patlayıcı madde adı verilmektedir (Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2013). Patlayıcı maddeler parçalandıkları zaman farklı gazlar ve ısı ortaya çıkarmaktadırlar. Patlayıcı maddeler parçalanma şekillerine göre 3'e ayrılmaktadırlar. Bunlar; moleküler parçalanma, ateş açığa çıkararak parçalanma ve patlama (detonasyon) dır. Patlayıcı maddeler parçalanma şekillerine göre sınıflandırıldığı gibi kullanım yerlerine göre, infilak hızlarına göre ve patlama kolaylıklarına göre de sınıflandırılmaktadır.

#### **3.2.1.1. Kullanım Yerlerine Göre Patlayıcı Maddeler**

Kullanım yerlerine göre patlayıcı maddeler iki farklı sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar askeri savunma amaçlı kullanılan patlayıcı maddeler ve sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddelerdir. Askeri savunma amaçlı kullanılan patlayıcı maddeler; TNT (Trinitrotoluen), RDX (Siklotrimetilen Trinitramin), HMX (Siklotetrametilen Tetranitramin) ve PETN (Pentaeritritol tetranitrat)'dir. Sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddeler ise dinamitler, emülsiyon anfoler ve patlatma kapsülleridir. Şekil 3.22'de sivil amaçla özellikle taş ocaklarında çapı küçük olan alanları patlatmak için kullanılan jelatin dinamit örneği yer almaktadır. Şekil 3.23'te ise patlama etkilerini minimize etmek için kullanılan elektriksiz kapsül örneği yer almaktadır.



Şekil 3.22. Jelatin Dinamit (Gümüşçü,2016)



Şekil 3.23. Elektriksiz Kapsül (Gümüşçü,2016)

### 3.2.1.2. İnfilak Hızlarına Göre Patlayıcı Maddeler

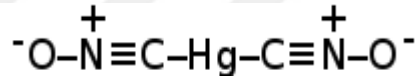
Patlama olayı içinde oluşan yanma reaksiyonundan çok daha fazla şiddetli ve hızlı bir yanma reaksiyonu oluşur, bu reaksiyonun en yüksek şiddet değerine infilak olarak tanımlanmaktadır. İnfilak hızlarına göre ise patlayıcı maddeler; zayıf patlayıcı maddeler ve yüksek patlayıcı maddeler olarak ikiye ayrılmaktadır. Zayıf patlayıcı maddeler genellikle yanabilen ve hızla ayrışabilen maddelerdir. Zayıf patlayıcı maddelere örnek olarak; kara barut, sevk barutları ve roket yakıtları verilebilmektedir. Bu maddelerin ısı ve gaz haline dönüşümleri yanma ile olmaktadır. Yüksek patlayıcı maddeler ise yeterli şekilde enerji verildiğinde hızla ve çok yüksek bir şiddetle ayrışan maddelerdir. Şekil 3.24'te preslenmiş kara barut örneği verilmektedir.



Şekil 3.24. Preslenmiş Kara Barut (Köksal,2022)

### 3.2.1.3. Patlama Kolaylıklarına Göre Patlayıcı Maddeler

Patlama kolaylıklarına göre patlayıcı maddeler ikiye ayrılmaktadır. Bunlar birincil patlayıcı maddeler ve ikincil patlayıcı maddelerdir. Birincil patlayıcı maddeler ısıya ve şoka karşı son derece hassas ancak patlayıcı gücü bakımından en düşük durumda olan patlayıcı maddelerdir. İlk ateşlemeyi başlatmak için kullanılan birincil patlayıcı maddeler, hafif bir darbeye bile infilak etmektedirler. Birincil patlayıcı türü olan patlayıcılar, kurşun azid, kurşun stifenat ve cıva fulminat olarak sıralanabilmektedir. Şekil 3.25 ve 3.26'da sırasıyla cıva fulminat patlayıcısının kimyasal yapısı ve fiziksel görünümü verilmiştir.



Şekil 3.25. Cıva Fulminat Kimyasal Yapısı (Wikipedia)



Şekil 3.26. Cıva Fulminat Fiziksel Görünüm (Wikipedia)

İkincil patlayıcı maddeler yemleme patlayıcılar olarak da bilinmektedir. İnfilak dizisinde ana dolgu patlayıcı ile birincil patlayıcı maddeler arasında bulunmaktadır. Birincil patlayıcı maddeler ile infilak ettirilirlir. Dinamitler, ANFO (Prill Poroz Amonyum Nitrat), TNT, RDX gibi patlayıcılar ikincil patlayıcı maddelere örnek

gösterilmektedir. Şekil 3.27’de yemlemeye duyarlı patlayıcı örneği ANFO patlayıcısının görseli verilmektedir.



Şekil 3.27. ANFO Patlayıcısı (SFC Nitro)

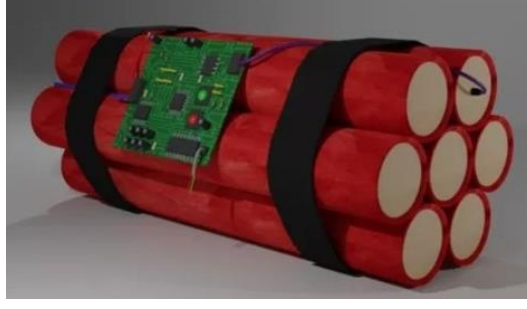
### 3.2.2. Patlayıcı Madde Çeşitleri

Günümüzde askeri amaçlı veya sivil amaçlı kullanılan birçok patlayıcı çeşidi kullanılmaktadır. Patlayıcılar, kimyasal yapısı gereği farklı patlayıcı türleriyle birleştirilip oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucu yeni patlayıcı türleri ortaya çıkarabilmektedirler. Çalışma gereği çoğunlukla askeri savunma amaçlı kullanılan patlayıcı türlerine ağırlık verilmiştir. Gabion duvarlara etki ettirilecek patlayıcılar; TNT, RDX, HMX, C-4 (Composition C-4), FOX7 (Diamino Dinitro Eten) ve FOX12 (Guanylurea Dinitramide) olarak seçilmiştir.

#### 3.2.2.1. TNT (Trinitrotoluen)

1830 yıllarında organik kimyanın gelişimi ile beraber kimyagerler nitrolama yöntemi ile beraber birçok yeni bileşik sentezlemiştir (Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2016). Bu yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda nitratlı bileşiklerden bazılarının patlayıcı özellikleri keşfedilmiştir. Patlayıcı özelliklerin keşfinden sonra askeri savunma amaçlı kullanım için yollar aranmıştır. 1800’lü yılların sonunda yapılan analizler sonucunda infilak edilmeye daha kararlı olan TNT sentezlenmiştir. 1863 yılında Alman kimyager Joseph Wilbrand tarafından sentezlenen TNT patlayıcısı ilk olarak boyar madde olarak kullanılmış, 1902 yılında patlayıcı özelliğinin bulunması ile Alman ordusunun ana patlayıcı malzemesi olma özelliğini kazanmıştır. Şekil 3.28’de TNT patlayıcısının fiziksel görünümü verilmiştir.





Şekil 3.28. TNT Patlayıcısı (A Haber, 2022)

TNT birinci dünya savaşında en yaygın olarak kullanılan patlayıcı madde olmuştur. TNT patlayıcısı ülkemizde yapılan terör olaylarında da çoğunlukla kullanılmaktadır. 2022 yılında İstanbul İstiklal Caddesi'nde gerçekleştirilen terör saldırısında da TNT patlayıcısı kullanılmıştır. Terör olaylarında bu denli yaygın kullanılan TNT patlayıcısına çalışmada bu sebeplerden dolayı çokça yer verilmiştir. Şekil 3.29'da Emniyet Genel Müdürlüğü'nün terör saldırısında kullanılan patlayıcı ile ilgili basın açıklaması verilmiştir.



Şekil 3.29. EGM İstiklal Caddesi Terör Saldırısı Basın Açıklaması (Yurt Gazetesi, 2022)

### 3.2.2.2. RDX (Siklotrimetilen Trinitramin)

Diğer bir ismi heksojen olan RDX patlayıcısı ilk olarak Henning tarafından 1899 yılında sağlık sektöründe kullanım için ortaya çıkarılmıştır (Karabayır, 2020). RDX patlayıcısının zaman ilerledikçe patlama özelliğinin keşfedilmesi ile askeri alanda kullanımına başlanmıştır. Bu patlayıcı türü için kullanılan RDX kısaltması diğer patlayıcılarda olduğu gibi kimyasal içeriklerinin baş harflerinden oluşmamaktadır. RDX patlayıcısı II. Dünya Savaşı'nda en çok kullanılan patlayıcı türü olmakla beraber

İngilizler tarafından savaş koşullarında Almanlar tarafından patlayıcının bileşenlerinin öğrenilmemesi amacıyla 'Royal Demolition Explosive' (Kraliyet Yıkım Patlayıcısı) kelimelerini temsil eden baş harflerden oluşmaktadır. Askeri savunma amaçlı kullanılan birçok patlayıcının bileşenlerini oluşturan RDX, diğer patlayıcılarla beraber kombinasyon şeklinde de kullanılabilir. Patlayıcıları aktive etmek için kullanılan füyelerin yapımında da RDX kullanılmaktadır. RDX'in fünye ile ateşlenmedikçe patlamaması sebebiyle roket yakıtı olarak da kullanımı mümkündür. Şekil 3.30'da fünye gösterilmektedir.



**Şekil 3.30.** Füyeye (Wikipedia, 2023)

Günümüzde de en yüksek tahribat gücüne sahip RDX mayın ve el bombalarının yapımında da karşımıza çıkmaktadır. Yüksek tahribat gücü nedeniyle terör olaylarında da çoğunlukla kullanılan bir patlayıcı olan RDX'e bu yönü sebebiyle çalışmada çokça yer verilmektedir. 2022 yılında Hakkari'de bir polis memurunun aracında 52,5 kg RDX patlayıcı bulunmuş olup olası bir facianın önüne geçilmiştir. Şekil 3.31'de araçtan çıkan patlayıcının görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 3.31.** 2022 Hakkâri Terör Saldırısı Girişimi Araçtan Çıkan RDX Patlayıcısı (Rüdaw, 2022)

### **3.2.2.3. HMX (Siklotetrametilen Tetranitramin)**

HMX, Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük miktarlarda üretilen yüksek enerjiye sahip bir patlayıcıdır. İkincil patlayıcı olarak kullanılan HMX, suda az çözünmekte ve 280 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yüksek patlama özelliğine sahip olup beyaz kristal bir yapıdadır. Şekil 3.32'de HMX'in fiziksel görünümü verilmiştir.



**Şekil 3.32.** HMX Patlayıcısının Kristal Yapısı (MBA Savunma)

HMX patlayıcısı RDX üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkmıştır. RDX patlayıcısı kadar yüksek bir enerjiye sahip olsa da askeri savunma sanayisinde genellikle başka patlayıcılar ile birlikte kullanılmaktadır. Askeri alanda çoğunlukla kullanılan Oktol adı verilen patlayıcının yapısında %70 oranında HMX bulunmaktadır.

#### 3.2.2.4. C-4

C-4 tipi patlayıcı, 1960'lı yıllarda II. Dünya Savaşı'ndan sonra geliştirilmiş olup; C, C-2, C-3 plastik patlayıcı ailesinin çoğunlukla askeri amaçla kullanılan bir üyesidir. C-4 tipi patlayıcılar kimyasal yapısında RDX barındırmakta olup yapısında yağ ve parafin de bulundurmaktadır. Yapısal olarak macuna benzemektedir olup plastik yapılı, genellikle beyaz renkli bir patlayıcıdır. Şekil 3.343'te C-4 tipi patlayıcının fiziksel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.33. C-4 Tipi Patlayıcı Fiziksel Yapısı (Savunma SanayiST, 2020)

C-4 tipi patlayıcılar kararlı yapıda olup patlama için fünyeye gerek duymaktadırlar. Macunsu yapısı nedeniyle köprülerin, binaların içerisinde bulunan çatlaklara veya boşluklara kolaylıkla bastırılıp yerleştirilebilmektedir. Yine aynı şekilde askeri alanda boş şarj kutularına sığdırılabilmesi de savunma amaçlı kullanımda askerlere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Şekil 3.34'te bir asker tarafından C-4 tipi patlayıcı yapımı gösterilmiştir.



Şekil 3.34. C-4 Tipi Patlayıcı Yapımı (Wikipedia)

Askeri alanda çokça kullanılması ve preslenme kolaylığı sebebiyle tercih edilen C-4 tipi patlayıcılar terör örgütlerinin saldırılarında da çokça kullanılmaktadır. 2022 yılında Afrin’de Türk askerleri tarafından PKK terör örgütünün yapmayı planladığı saldırıda kullanacağı 12 kg C-4 tipi patlayıcı ele geçirilmiştir (AA, 2022). Şekil 3.35’de şeklin üst tarafında görülen bidonların içerisinde C-4 tipi patlayıcı bulunmaktadır.



Şekil 3.35. 2022 Yılı Afrin’de Ele Geçirilen 12 kg C-4 Tipi Patlayıcı (AA, 2022)

### 3.2.2.5. FOX7 (Diamino Dinitro Eten) ve FOX12 (Guanylurea Dinitramide)

İsveç Savunma Ajansında kimyager Latypov tarafından iki yeni enerjik materyal geliştirilmiş ve sentezlenmiştir. Bu iki bileşik FOX7 ve FOX12 olarak

adlandırılmaktadır. FOX7 ve FOX12 patlayıcıları günümüzde çok fazla kullanıma sahip olmasa da geliştirilmeye açık iki patlayıcı çeşitleridir. FOX7 patlayıcısı RDX ve HMX ile aynı karbon, hidrojen, azot ve oksijen oranına sahiptir ancak hem FOX7 hem de FOX12 patlama hızı ve patlama basıncı bakımından RDX ile uyumamaktadır. Aksine RDX patlayıcısından çok hassas olup duyarlı olmayan mühimmat özelliklerini taşımaktadırlar. Çizelge 3.4'te FOX7, FOX12 ve RDX patlayıcılarının karşılaştırılması yapılmıştır.

**Çizelge 3.4.** FOX7 ve FOX12'nin Patlayıcı Performanslarının RDX ile Karşılaştırılması (Karabayır, 2020)

<b>Parametreler</b>	<b>FOX7</b>	<b>FOX12</b>	<b>RDX</b>
Patlama Basıncı (Kbar)	340	260	347
Patlama Hızı (m/sn)	8870	7900	3750
Etki Duyarlılığı (J)	25	>90	7,5

Bu çalışmada FOX7 ve FOX12'ye yer verilmesinin nedeni FOX12'nin TNT eşdeğerlik yönteminde nisbi faktör olarak 1 değerinin altında kalmasıdır. Çeşitli patlayıcı türleri ile tahkikler yapılarak davranışı incelenen Gabion duvarların nisbi faktör olarak 1 değerinin altında kalan bir patlayıcı türü ile de analizi görülmek istenmiştir.

### 3.2.3. TNT Eşdeğerlik Yöntemi

Farklı fiziksel ve kimyasal özellik taşıyan patlayıcı maddeler hesaplar ve analizlerde kullanılırken, hasar tespiti yapılırken kolaylık sağlaması için patlayıcıların birbirleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için referans bir patlayıcı madde seçilmiş ve bu patlayıcı madde TNT olarak belirlenmiştir. Referans seçilen TNT patlayıcısı doğrultusunda çeşitli faktörler yardımıyla TNT eşdeğerlik adı verilen değerlere ulaşılmıştır. Çalışmalarda diğer patlayıcılar kullanılırken hesap aşamasında kolaylık için patlama kuvveti, basıncı gibi değerler TNT eşdeğerlik değerleri kullanılarak diğer patlayıcıların da patlama kuvveti hesaplanabilmektedir. RDX, HMX ve C-4 patlayıcılarının TNT eşdeğerlik değerleri kabul görmüş çalışmalardan alınmış olup FOX7 ve FOX12 patlayıcılarının çok fazla kullanılan patlayıcılar olmaması sebebiyle Çizelge 3.4'te verilen RDX ile karşılaştırma çizelgesinden yararlanılarak interpolasyon yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve

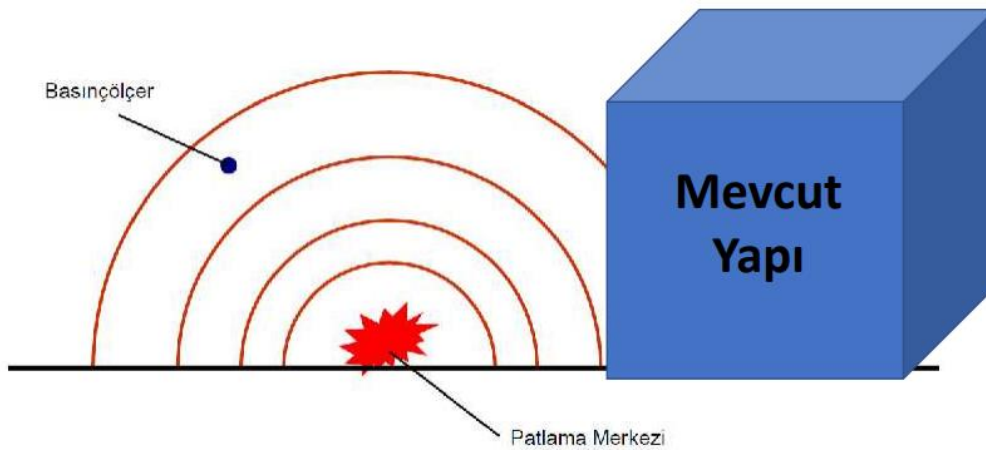
Çizelge 3.5'e eklenmiştir. Çizelge 3.5'te çalışmada kullanılacak patlayıcıların TNT eşdeğerlik değerleri veya diğer adıyla nispi etkinlik faktörleri verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** TNT Eşdeğerlik Değerleri (Önalın, 2019)

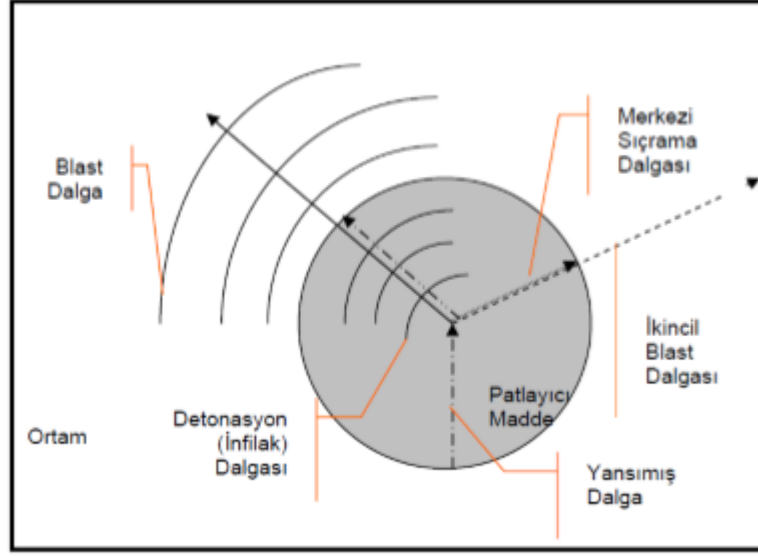
Patlayıcı Türü	TNT Eşdeğerliği
TNT	1
RDX	1,185
HMX	1,256
C-4	1,27
FOX7	1,161
FOX12	0,887

### 3.2.4. Patlama Olgusunun Uzaklığa Bağlı Gabion Duvar Üzerindeki Etkileri

Patlama olayının çevresinde bulunan herhangi bir yapının göreceği zararın belirlenmesi ve bu zararı minimum düzeye indirebilmek için öncelikle patlamanın gerçekleştiği ortamın incelenmesi gerekmektedir. Patlama olayı gerçekleştiği ortam açısından serbest hava koşullarında veya kapalı ortamlarda farklı patlama dalgası çeşidi oluşturmakta ve yapılarda farklı etkiler bırakmaktadır. Yapılarda etkisinin incelenmesi için patlama olayının dalga şekli incelenmeli ve ona göre analizler yapılmalıdır. Bir patlama olayı meydana geldiği takdirde oluşan ani şok dalgaları küresel olarak patlama kaynağından dışarıya yayılmaktadır. Şekil 3.36'da gerçekleşen bir patlama olayının yapıya doğru oluşan ani şok dalgaları verilmiştir. Şekil 3.37'de ise patlama olayının küresel şekli verilmiştir.

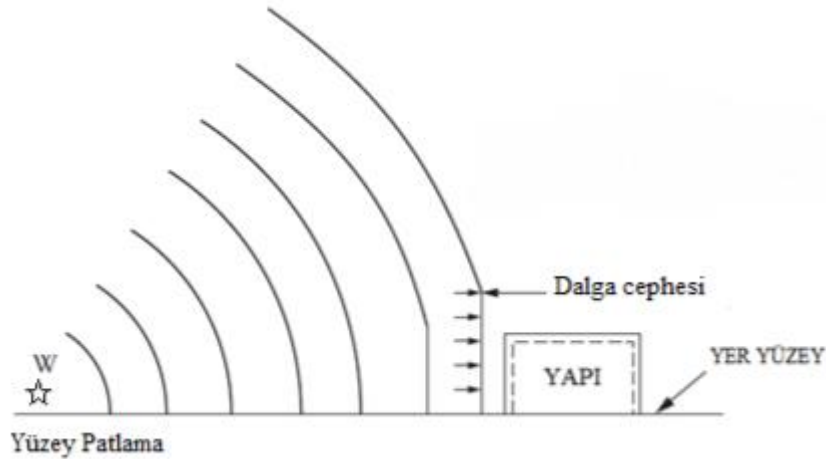


**Şekil 3.36.** Patlama dalgalarının yapıya doğru değişimi (Doğan, 2019)



**Şekil 3.37.** Bir patlamanın küresel şekli (Vaighan, 2012)

Patlama türleri, patlayıcı kaynağının ve etrafındaki yapının konumuna bağlı olarak serbest hava patlamaları, hava patlamaları ve yüzey patlamaları olmak üzere 3 şekilde incelenmektedir. İncelenme türüne göre herhangi bir patlama olayına karşı oluşacak dalga şekilleri incelenmiş olup koruma yapısı olarak kullanılacak olan Gabion duvara etki edecek dalga şeklinin yüzey patlaması olarak belirlenmiştir. Yüzey patlamasında patlayıcının yer yüzeyinde patladığı, patlama dalgalarının hemen zemin ile etkileştiği ve patlama dalgalarının yarım küre olarak dışarı doğru yayıldığı kabul edilmektedir. Şekil 3.38’de yüzey patlamasının şematik gösterimi verilmiştir.

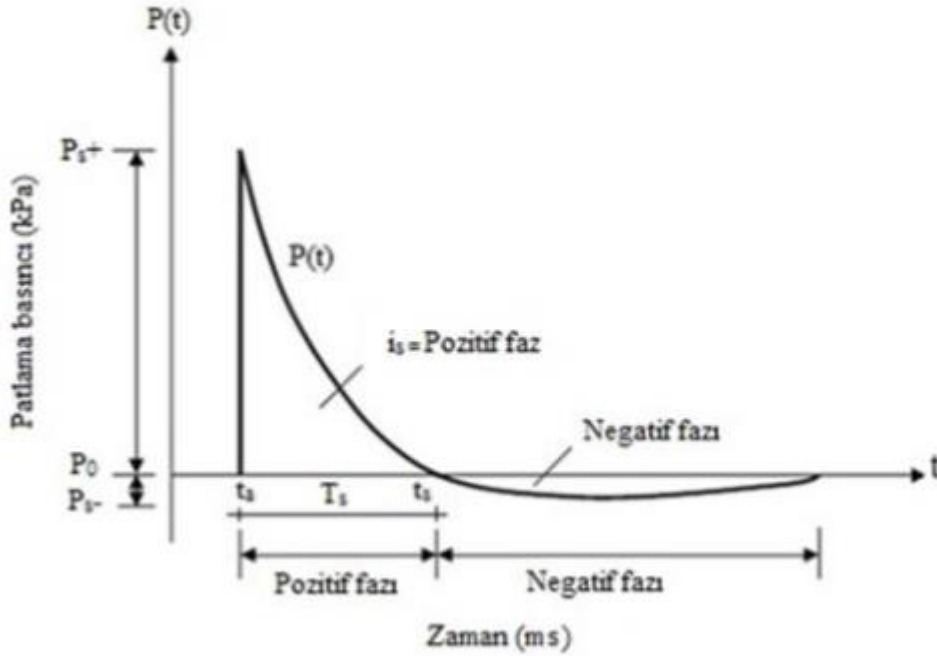


**Şekil 3.38.** Yüzeysel Patlama Şematik Gösterim (Vaighan, 2012)

Patlama olayı meydana geldiği anda ortaya çıkan pozitif basınç kısa süre içerisinde atmosferik basınçtan ( $P_0$ ) maksimum basınca ( $P_s$ ) ulaşmaktadır. Patlama olaylarının hepsinde tek bir tepe noktası değeri vardır. Tepe değeri olan  $P_s$  maksimum basınca

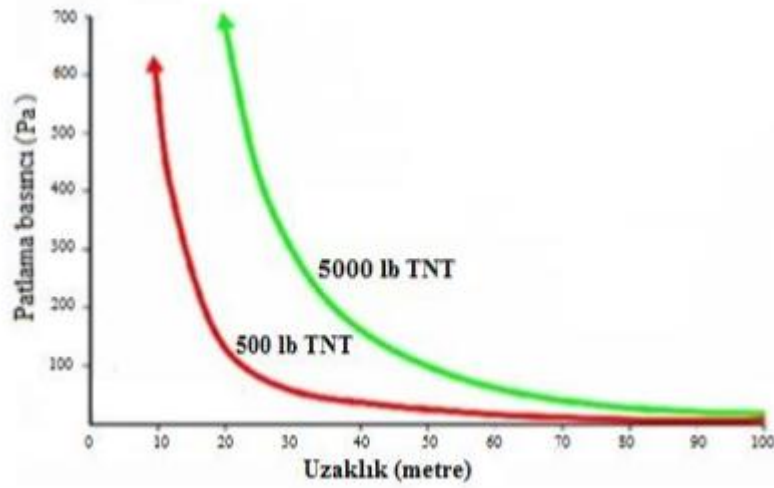


ulaşıldığı andan itibaren saniyenin 1/100'ü gibi kısa bir zaman içerisinde tekrar atmosferik basınca dönülmektedir. Atmosferik basınç değerine geri döndükten sonra yine kısa süre içerisinde negatif faz oluşmaktadır. Şekil 3.39'da patlama basıncının zamanla değişimi verilmiştir.



**Şekil 3.39.** Patlama Basıncının Zamanla Değişimi (Vaighan, 2012)

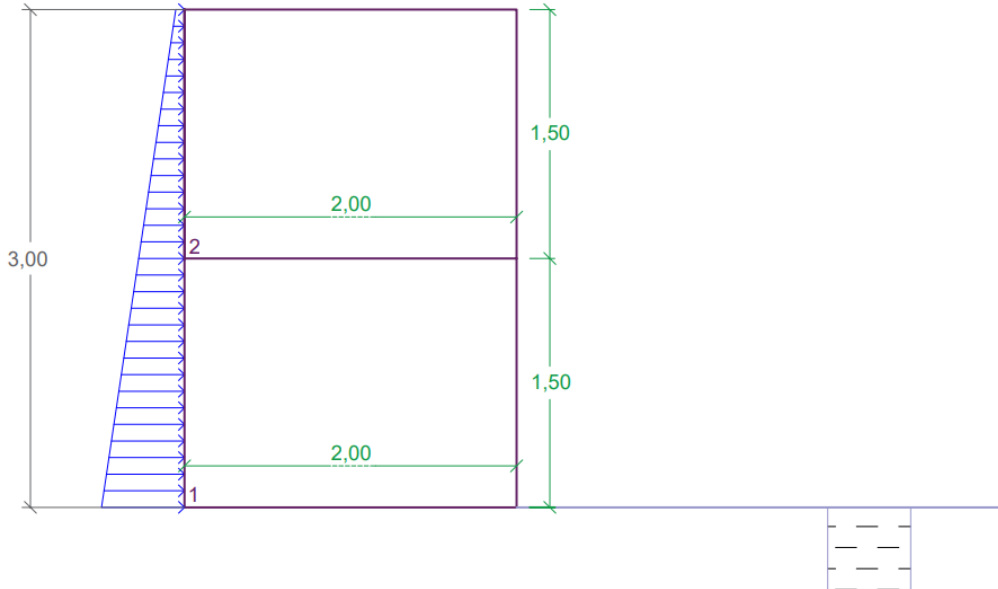
Patlama basıncının yüzeysel patlama seçilmesi, yarım küre şeklinde dalgaların yapıya doğru ilerlemesi ve zamana bağlı değişim grafiği yardımıyla Gabion duvara etkiyecek herhangi bir patlama olayının şematik olarak tasarlanması için tüm parametrelere ulaşılmıştır. Tüm bu etkiler göz önüne alındığı takdirde Gabion duvara etkiyen patlama kuvveti değerlerinin trapez yük dağılımı şeklinde şematize edilmesi ön görülmüştür. Bir patlama olayında patlamanın zemin yüzeyinde meydana geldiği için Gabion duvara etki edene kadar aradaki mesafe nedeniyle Gabion duvarın en alt köşesine daha fazla patlama kuvveti etki etmektedir, zamanla azalan patlama kuvveti ve sıçramalar nedeniyle Gabion duvarın üst köşesine gelen patlama kuvvetinin zamanla azalarak geleceği bulunmuştur. Patlama kuvveti mesafeyle doğru orantılı şekilde üstel olarak azalmaktadır. Şekil 3.40'ta iki farklı kütlede uygulanan patlayıcının uzaklığa bağlı olarak patlama kuvvetinin azaldığı gösterilmektedir. Zamanla patlama basıncı sıfıra yaklaşmaktadır, ancak gabion duvar yüzeyine etki ettiği süre zarfında sıfırlanma henüz gerçekleşemeyeceği için yük dağılımı üçgen değil, trapez olarak seçilmiştir.



**Şekil 3.40.** Patlama Basıncının Mesafeye Bağlı Olarak Değişimi (Vaighan, 2012)

Analiz edilen ve Şekil 3.41’de verilen grafik doğrultusunda Gabion duvar trapez yük dağılımı için mesafe bazlı olarak patlama basıncının  $\frac{1}{4}$  oranında değiştiği görülmüş ve kabul edilmiştir.

İncelenen tüm etkiler doğrultusunda patlama kuvvetinin Gabion duvara etkisi AutoCAD programı yardımıyla çizilmiştir. Çalışmada kullanılacak Gabion duvar ölçüleri de çizimde birebir verilmiştir. Şekil 3.41’de Gabion duvar ölçüleri ve patlama kuvveti yük dağılımı gösterilmektedir.



**Şekil 3.41.** Çalışmada Kullanılacak Gabion Duvar Geometrisi ve Patlama Kuvveti Yük Dağılımı

### 3.2.5. Patlama Kuvvetlerinin Hesaplanması

Gabion duvara etki eden patlama kuvvetleri TNT eşdeğerlik yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Öncelikle TNT patlayıcısının trapez yük dağılımındaki patlama kuvveti değerleri belirlenmiştir. Patlama olayının gerçekleştiği yer ile Gabion duvar arasındaki mesafe 6,5 metre ile 7 metre arasında belirlenmiş olup Gabion duvarın sol alt köşesine etkiyen patlama kuvveti 200 KN/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Mesafe ilişkisi baz alınarak ¼ oranı ile Gabion duvar sol üst köşesine etkiyen patlama kuvveti ise 50 KN/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Şekil 41’de mesafe ilişkisi göz önüne alınarak 200 KN/m<sup>2</sup> seçilen patlama kuvvetinin belirlenme çizelgesi verilmiştir. 3 ile 4 nolu patlamalar arasındaki değer interpolasyon kullanılarak belirlenmiştir. Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’de interpolasyon alınan 3 ve 4 nolu patlamaların yapı ile arasındaki mesafe değeri ve patlama kuvvetleri verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Mesafe Bazlı Patlama Durumları (Kölemenoglu, 2021)

Patlama	TNT eşdeğer ağırlık	Yapı ile arasındaki mesafe (m)
1	10 kg	5,5
2	10 kg	6
3	10 kg	6,5
4	10 kg	7
5	10 kg	7,25

**Çizelge 3.7.** Patlama Kuvvetleri (Kölemenoglu, 2021)

Patlama	Patlama kuvveti (kPa)
1	350
2	300
3	210
4	190
5	155

Tüm bu analizler sonucunda çalışmada kullanılacak 6 patlayıcının da patlama kuvveti değerleri TNT eşdeğerlik değerleri ile çarpılarak verilmiştir. Çalışmada kullanılacak patlama kuvveti değerleri; Gabion duvar trapez basınç dağılımı sol üst köşeye etki eden patlama kuvveti q1, Gabion duvar sol alt köşeye etki eden patlama kuvveti ise q2 olarak gösterilmiştir. Çizelge 3.8’de çalışmada kullanılacak q1 ve q2 değerleri verilmiştir.

**Çizelge 3.8. TNT Eşdeğerlik Yöntemine Göre Hesaplanmış Patlama Kuvveti Değerleri**

Patlayıcı türü	TNT eşdeğeri	q1	q2
TNT	1	50	200
RDX	1,185	59,25	237
C-4	1,27	63,5	254
HMX	1,256	62,8	251,2
FOX7	1,161	58,05	232,2
FOX12	0,887	44,35	177,4

### 3.3. GEO5 Programı Dahilinde Modelleme

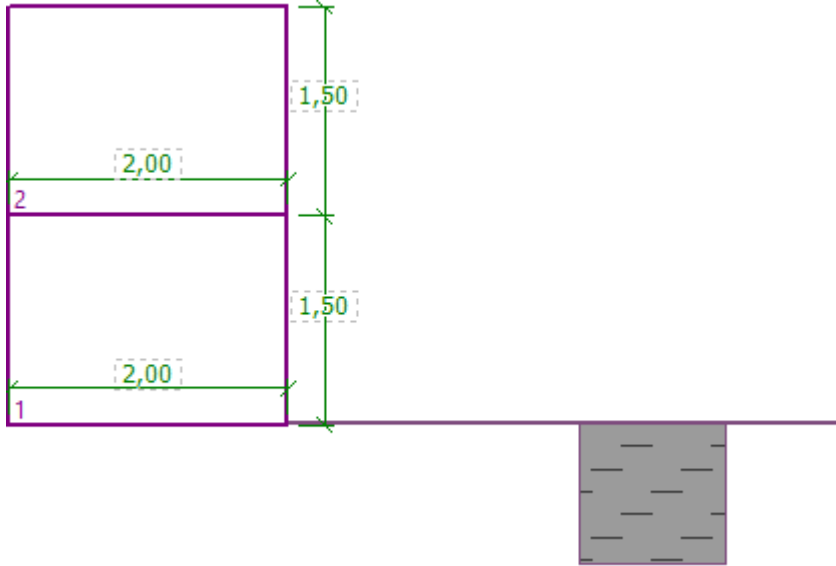
İnşaat ve geoteknik mühendisliğinde kolay çözümler sunan bir program olan GEO5 programı Çek Cumhuriyeti menşelidir. Yaygın olarak karşımıza çıkan geoteknik problemlerin çözümünde, şev stabilitesi analizlerinde, Gabion duvar tasarım ve analizlerinde, temel ve istinad duvarı hesaplamalarında ve daha birçok geoteknik alanında zengin içeriği sayesinde kolaylıklar sağlamaktadır. GEO5 programı zengin içeriği ve kolaylıkla parametrelerin girilebileceği yan ekranı sayesinde mühendisler tarafından kullanımı dünya genelinde daha da arttırılmalıdır. GEO5 programı içerisinde birden fazla modül içermektedir. Çözülecek problem doğrultusunda modül seçilerek tasarım yapılabilir. Yapılan bu çalışmada GEO5 programının Gabion duvar modülü kullanılmıştır. GEO5 programı Gabion duvar modülü ile Gabion duvar geometrisi belirlenebilir, dönme, kayma ve devrilme tahkikleri yapılabilir, boyutlandırma analizi ve etkin efektif analiz yöntemleri ile stabilite analizi yapılabilir. Piyasada bulunan birçok geoteknik programı gerek Gabion duvarlara etkiyen yük dağılımı gerekse girilecek parametre değerlerini sağlıklı bir şekilde analiz edememektedir. GEO5 programı dahilinde Gabion duvarların ilgili tüm kalemleri işlenip, analizi yapılabilir. Bu sebeple BAP projesi kapsamında tez çalışmasında kullanılmak üzere GEO5 programı seçilmiş ve çalışmada kullanılmıştır.

GEO5 programı dahilinde Gabion duvarda kullanılacak parametreler malzeme modundan girilebilmektedir. Aynı ayrı Gabion duvarda kullanılan ağ ve dolgu malzemesinin parametreleri girilmektedir. Şekil 3.42’de daha önce de Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de verilmiş çalışmada kullanılan parametrelerin GEO5 programına işlenmiş hali gösterilmektedir.

Sayı	Ad	— Dolgu malzemesi —		
1	Malzeme No. 1	Birim hacim ağırlık :	$\gamma =$	26,00 [kN/m <sup>3</sup> ]
		İçsel sürtünme açısı :	$\varphi =$	44,80 [°]
		Kohezyon :	$c =$	0,00 [kPa]
		— Ağ —		
		Ağ çekme mukavemeti :	$R_t =$	200,00 [kN/m]
		Düşey bölmelerin aralıkları :	$v =$	1,00 [m]
		Bağlantı mukavemeti :	$R_s =$	70,00 [kN/m]

**Şekil 3.42.** Gabion Duvar Dolgu Malzemesi ve Ağ Parametrelerinin GEO5 Programı Modülü

Programda malzeme parametreleri girildikten sonra Gabion duvar geometrisi girilmektedir. Şekil 3.43'te çalışma için seçilen 2 metre genişlik ve 3 metre yüksekliğe sahip Gabion duvar geometrisi verilmiştir.



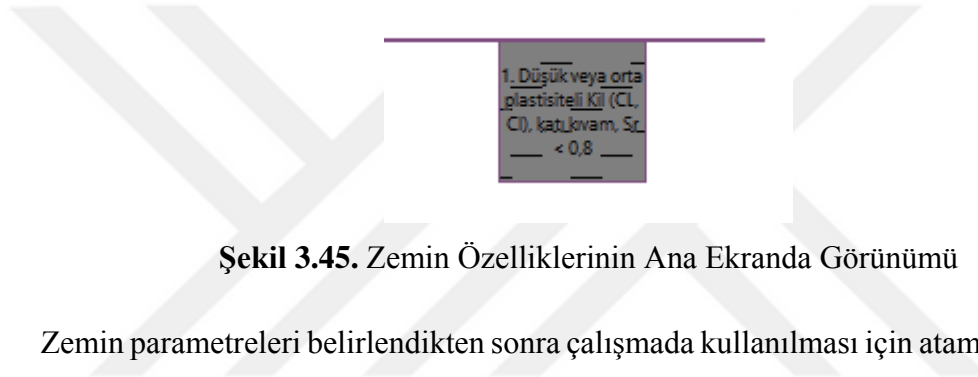
**Şekil 3.43.** GEO5 Programında Çizilmiş Gabion Duvar

Gabion duvar geometrisi de belirlendikten sonra çalışmada kullanılacak zemin parametrelerinin girilmesi gerekmektedir. Atanacak zemin programdaki seçeneklerden seçilebilmekte veya istenilen zemin parametreleri manuel olarak girilebilmektedir. Çalışmada düşük veya orta plastisiteli kil kullanılmış olup parametreleri programdan yüklenmiştir. Zemin gösterimi renk ve çizgiler olarak birden fazla zemin kullanıldığı takdirde ayırt etmek amacıyla farklı şekillerde de

gösterilebilmektedir. Şekil 3.44'te seçilen zemin ve parametreleri verilmiş olup Şekil 3.45'de seçilen zeminin gösterimi verilmiştir

Sayı	Zemin adı	
1	Düşük veya orta plastisiteli Kil (CL, CI), katı kıvam, Sr < 0,8	<p><b>Düşük veya orta plastisiteli Kil (CL, CI), katı kıvam, Sr &lt; 0,8</b></p> <p>Birim ağırlık : <math>\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3</math>            Gerilme-durum : efektif            İçsel sürtünme açısı : <math>\phi_{ef} = 17,00^\circ</math>            Zemin kohezyonu : <math>c_{ef} = 30,00 \text{ kPa}</math>            İçsel sürtünme açısı-zemin : <math>\delta = 15,00^\circ</math>            Zemin : kohezyonlu            Poisson oranı : <math>\nu = 0,40</math>            Doymun birim ağırlık : <math>\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3</math></p>

Şekil 3.44. GEO5 Programı Zemin Parametreleri



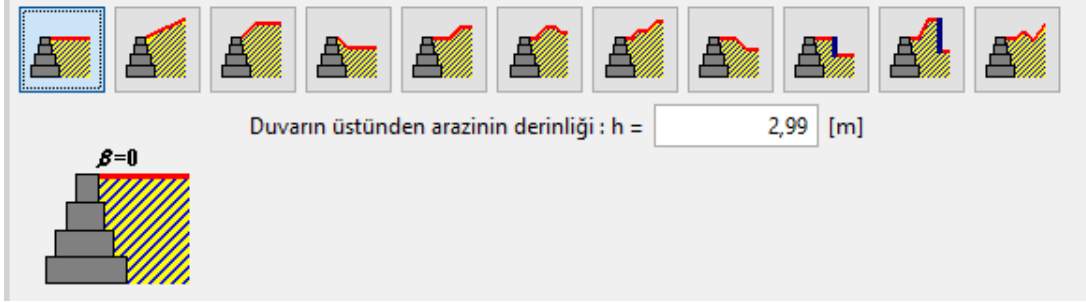
Şekil 3.45. Zemin Özelliklerinin Ana Ekranda Görünümü

Zemin parametreleri belirlendikten sonra çalışmada kullanılması için atama modundan zemin çalışmaya atanmalıdır. Şekil 3.46'da ataması yapılmış zemin gösterilmektedir.

Sayı	Kalınlık [m]	Atanmış zemin
1		Düşük veya orta plastisiteli Kil (CL, CI), katı kıvam, Sr < 0,8

Şekil 3.46. GEO5 Programı Zemin Ataması

Zemin ataması gerçekleştirildikten sonra temel şekli seçilip gerekli parametrelerin girilmesi gerekmektedir. Gabion duvarlarda temel yapılmadığı için bu mod jeolojik profilden elde edilmiş temel olarak seçilmiştir. Geri dolgu modu da çalışmadaki Gabion duvarda yapılmadığı için seçilmemiştir. Geri dolgu modundan sonra arazi tipi seçimine geçilmektedir. Şekil 3.47’de çalışma dahilinde seçilen arazi tipi verilmiştir.



**Şekil 3.47.** GEO5 Programı Dahilinde Seçilen Arazi Tipi

Arazi tipi seçiminden sonra arazide su bulunması durumunda yer altı suyu parametrelerinin girilmesi gerekmektedir. Çalışmada yer altı suyu bulunmadığı için bir ekleme yapılmamıştır. Uygulanan kuvvet moduna geçildiği zaman hesaplanan patlama kuvvetleri programa girilmiştir. Uygulanan kuvvetin patlama kuvveti olması sebebiyle kuvvet türü trapez ve eylem türü kaza olarak seçilmiştir. Kuvvetin uygulanma noktası Gabion duvar boyunca alınacağı için -2,99 metre belirlenmiştir. 6 farklı patlayıcı ile çalışıldığı için proje içerisinde sekmeler açılmış ve 6 farklı patlayıcının patlama kuvvetleri Gabion duvara etki ettirilmiştir. Şekil 3.48’de TNT patlayıcısının uygulanma kuvveti, Şekil 3.49’da RDX patlayıcısının uygulanma kuvveti, Şekil 3.50’de C-4 patlayıcısının uygulanma kuvveti, Şekil 3.51’de HMX patlayıcısının uygulanma kuvveti, Şekil 3.52’de FOX7 patlayıcısının uygulanma kuvveti ve Şekil 3.53’te ise FOX-12 patlayıcısının uygulanma kuvveti GEO5 programı modunda verilmiştir.

**Kuvveti düzenle** [X]

Ad: PATLAMA KUVVETİ TNT

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası: z = -2,99 [m]

Uzunluk: l = 3,00 [m]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  = 50,00 [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  = 200,00 [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓ **Tamam** **İptal**

Şekil 3.48. TNT Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu

**Kuvveti düzenle** [X]

Ad: PATLAMA KUVVETİ RDX

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası: z = -2,99 [m]

Uzunluk: l = 3,00 [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  = 59,25 [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  = 237,00 [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓ **Tamam** **İptal**

Şekil 3.49. RDX Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu



**Kuvveti düzenle** ✕

Ad: PATLAMA KUVVETİ C-4

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası: z = -2,99 [m]

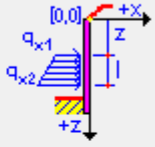
Uzunluk: l = 3,00 [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  = 63,50 [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  = 254,00 [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓ **Tamam** **İptal**



Şekil 3.50. C-4 Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu

**Kuvveti düzenle** ✕

Ad: PATLAMA KUVVETİ HMX

Tür: trapez

Eylem türü: kaza

Uygulama noktası: z = -2,99 [m]

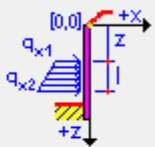
Uzunluk: l = 3,00 [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  = 62,80 [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  = 251,20 [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓ **Tamam** **İptal**



Şekil 3.51. HMX Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu

**Kuvveti düzenle** ✕

Ad:

Tür:

Eylem türü:

Uygulama noktası: z =  [m]

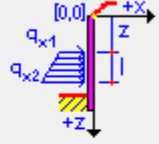
Uzunluk: l =  [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  =  [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  =  [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓



Şekil 3.52. FOX-7 Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu

**Kuvveti düzenle** ✕

Ad:

Tür:

Eylem türü:

Uygulama noktası: z =  [m]

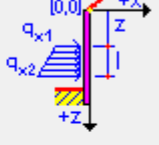
Uzunluk: l =  [m]

Değer değişikliği

Yükün büyüklüğü:  $q_{x1}$  =  [kN/m<sup>2</sup>]

Yükün büyüklüğü:  $q_{x2}$  =  [kN/m<sup>2</sup>]

OK + ↑ OK + ↓



Şekil 3.53. FOX-12 Patlayıcısının Uygulanma Kuvvetinin GEO5 Programında Modu

### 3.3.1. GEO5 Programı Dahilinde Yapılan Tahkikler

Gabion duvara patlama kuvvetleri etki ettirildikten sonra tahkikler, boyutlandırmanın yeterliliği ve stabilite analizleri yapılmaktadır. Tahkik olarak dayanma yapılarına uygulanan devrilme, dönme ve kayma tahkikleri yapılmaktadır. Stabilite analizi olarak; etkin efektif analiz yöntemleri uygulanmaktadır. Şekil 3.54'te tüm duvar kontrolünün örnek proje modülü verilmektedir.



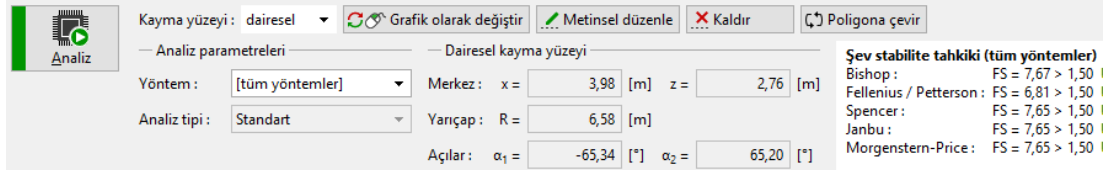
Şekil 3.54. Örnek Duvar Tahkik Sonuçları

Devrilme, kayma ve dönme tahkikleri yapıldıktan sonra duvarın boyutlandırma açısından güvenli olup olmadığının kontrolü yapılmaktadır. Şekil 3.55’de örnek boyutlandırma kontrol modu verilmiştir.

Boyutlandırma		
DÖNME :	<b>YETERLİ</b>	(0,2%)
KAYMA :	<b>YETERLİ</b>	(0,2%)
YATAY BASINÇ	<b>YETERLİ</b>	(17,6%)
BLOKLAR ARASI EK YERİ :	<b>YETERLİ</b>	(6,2%)

Şekil 3.55. Örnek Boyutlandırma Analizi

Boyutlandırma analizi de tamamlandıktan sonra stabilite analizine geçilmektedir. Stabilite analizinde proje dahilinde bir ankraj, zemin çivisi veya donatı var ise eklenebilmektedir. Analiz kısmına geçildiğinde dairesel kayma yüzeyi için duvarın sağ ve sol taraflarını kapsayan koordinatlar girilmektedir. Dairesel kayma yüzeyi oluşturulduktan sonra etkin efektif analiz yöntemleri yapılmaktadır. Bunlar; Bishop, Fellenius- Petterson, Spencer, Janbu ve Morgenstern Price analiz yöntemleridir. GEO5 programı dahilinde istenilen etkin efektif analiz yöntemi seçilebilmekte veya tüm yöntemler dahilinde de analiz gerçekleştirilebilmektedir. Analiz FS adı verilen güvenlik katsayısının 1,5 değerinden büyük olması durumunda duvar güvenli tarafta kalmış olup analiz olumlu sonuçlanmıştır. Şekil 3.56’da örnek stabilite analiz parametreleri ve yöntemleri verilmiştir.

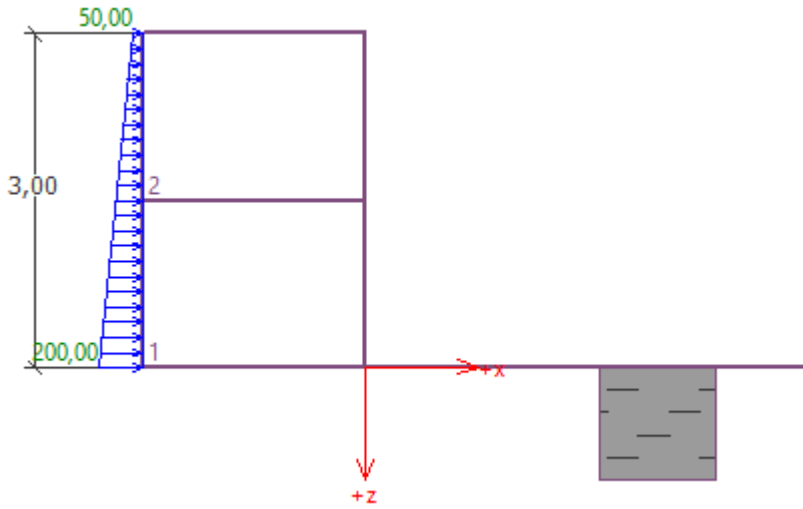


**Şekil 3.56.** Şev Stabilite Analiz Modu

Yapılan tüm analizler sonucunda GEO5 programının zengin içeriği sayesinde herhangi bir Gabion duvar analizi sağlıklı bir şekilde yapılmaktadır. Programdan istenilen formata çevrilebilen raporlar da alınabilmektedir. Karşımıza çıkan her türlü geoteknik mühendisliği sorunlarına etkin sonuçlar elde edebildiğimiz GEO5 programı her türlü mühendislik parametrelerine modüllerinde yer vermiş ve mühendisleri doğru şekilde yönlendirmektedir.

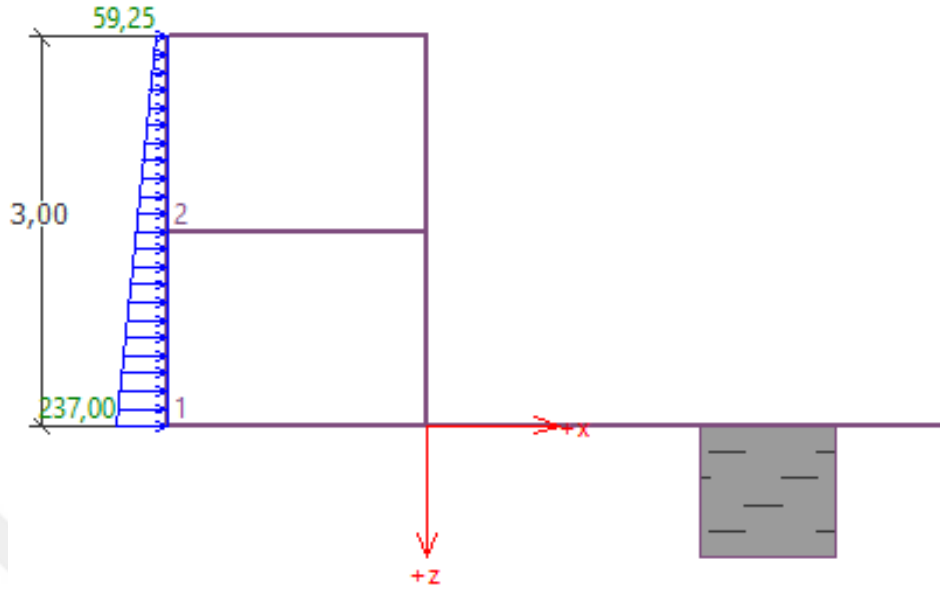
## 4. ANALİZ SONUÇLARI

GEO5 programı ile çalışmada bahsedilen ve parametreleri verilmiş Gabion duvarın tüm analizleri yapılmıştır. Gabion duvarların koruma duvarı olarak kullanımı için projede kuvvet olarak her bir patlayıcı türüne göre de kuvvetler atanıp analizler yapılmıştır. Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilen dolgu malzemesi ve tel parametreleri GEO5 programına işlenmiştir. Çizelge 7’de verilen TNT eşdeğerlik değerleri ve bu değerlere göre hesaplanan her bir patlayıcının patlama kuvveti de programa girilmiştir. Tüm parametrelerin belirtildiği şekilde analiz edilip programa işlendikten sonra her bir patlayıcı türü için tahkikler, boyutlandırma analizi ve stabilite analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları öncelikle GEO5 programı çıktısı şeklinde daha sonra da çizelgeleştirilmiş hali ile verilecektir. Şekil 4.1’de TNT patlama kuvvetinin Gabion duvar üzerindeki yük dağılımı verilmiştir.



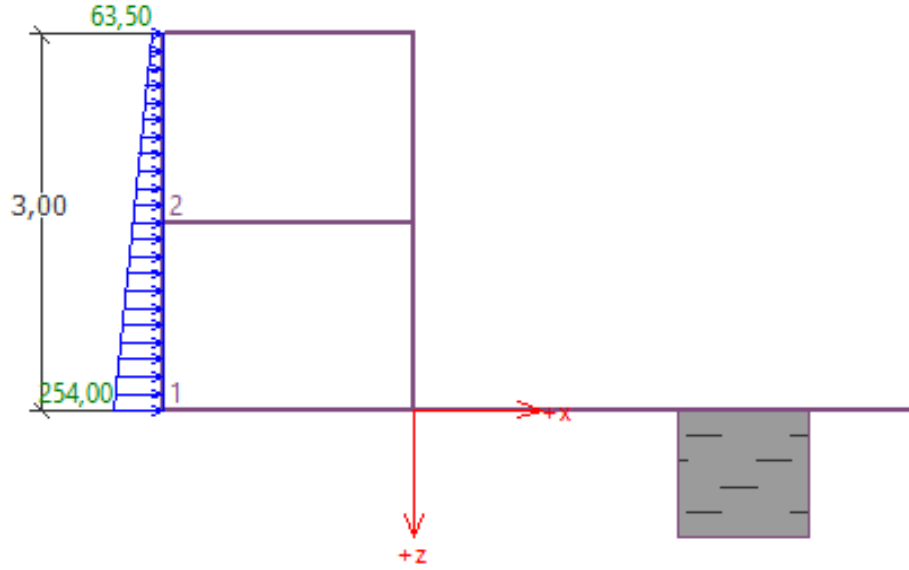
Şekil 4.1. TNT Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı

Şekil 4.2’de RDX patlama kuvvetinin Gabion duvar üzerindeki yük dağılımı verilmiştir.



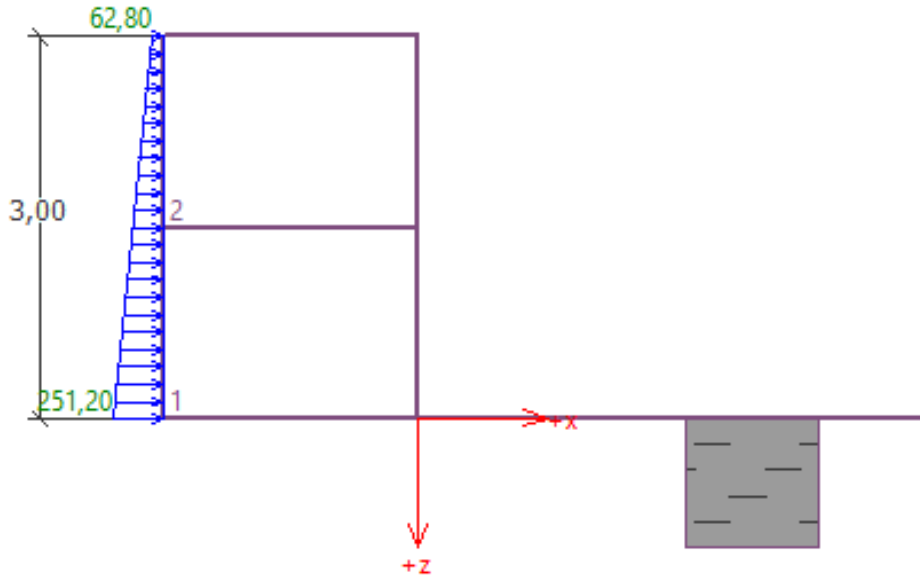
Şekil 4.2. RDX Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı

Şekil 4.3’te C-4 patlama kuvvetinin Gabion duvar üzerindeki yük dağılımı verilmiştir.



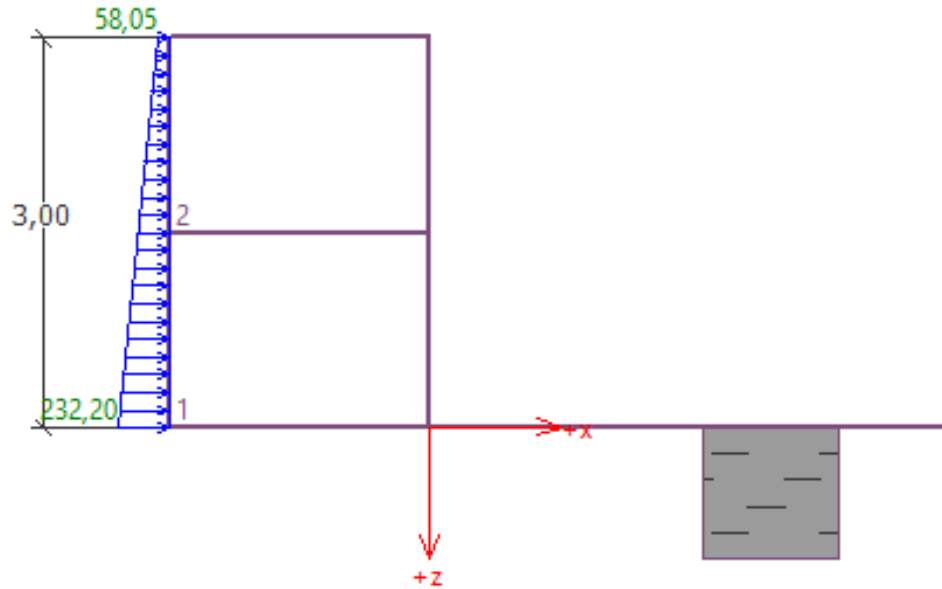
Şekil 4.3. C-4 Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı

Şekil 4.4'te HMX patlama kuvvetinin Gabion duvar üzerindeki yük dağılımı verilmiştir.



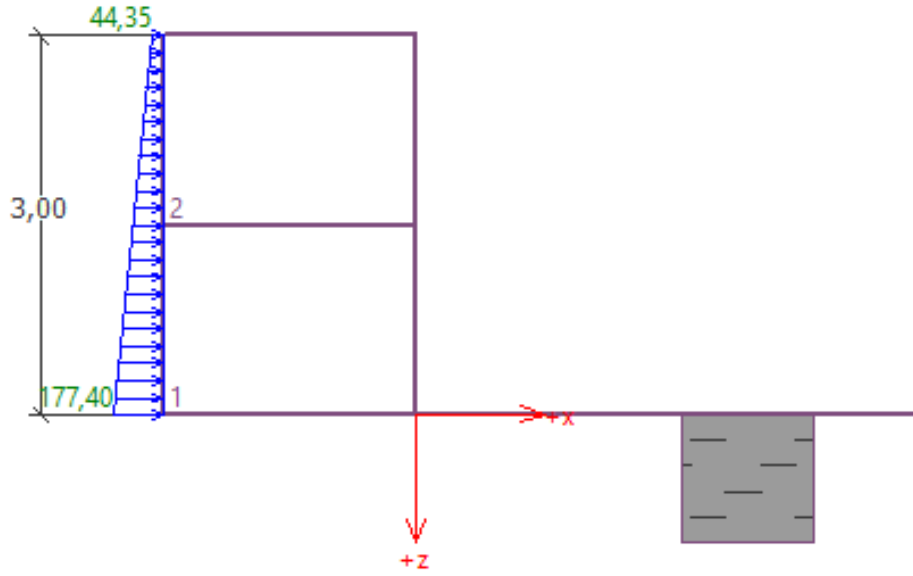
Şekil 4.4. HMX Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı

Şekil 4.5'te FOX-7 patlama kuvvetinin Gabion duvar üzerindeki yük dağılımı verilmiştir.



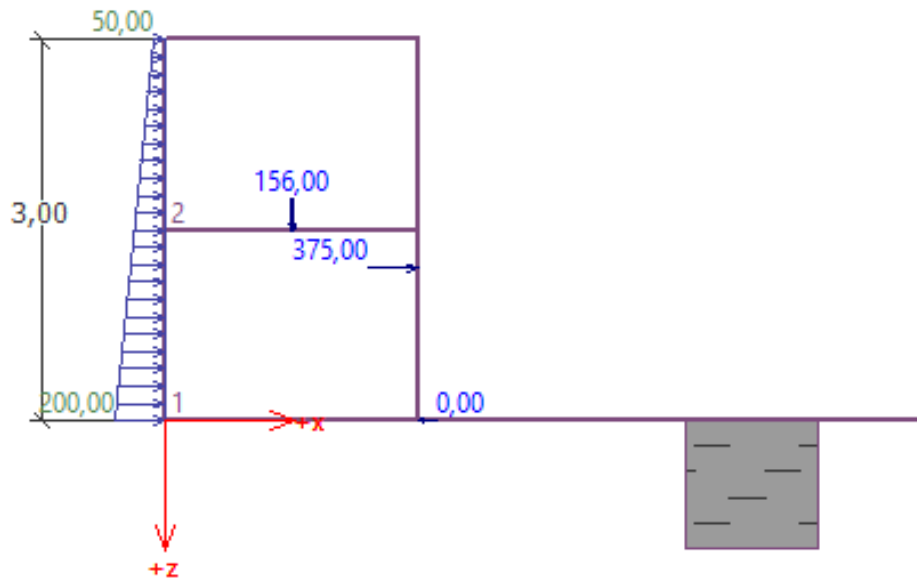
Şekil 4.5. FOX-7 Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı

Şekil 4.6'da FOX-12 patlama kuvvetinin Gabion duvar üzerindeki yük dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.6. FOX-12 Patlama Kuvvetinin Gabion Duvar Üzerindeki Yük Dağılımı

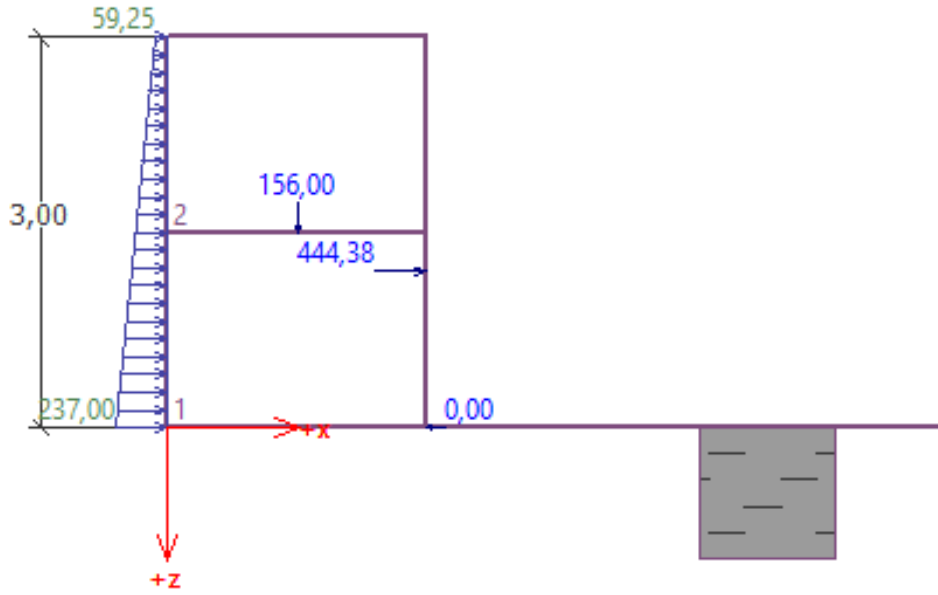
Tahkikle, yük dağılımında verilen yükler doğrultusunda ağırlık- duvar kuvvetinin bileşkesi ve patlama kuvvetinin bileşkesi ile hesaplanmaktadır. Şekil 4.7'de TNT patlayıcısının bileşke kuvvetler doğrultusunda Gabion duvar üzerindeki kuvvetleri gösterilmektedir.



Şekil 4.7. TNT Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi

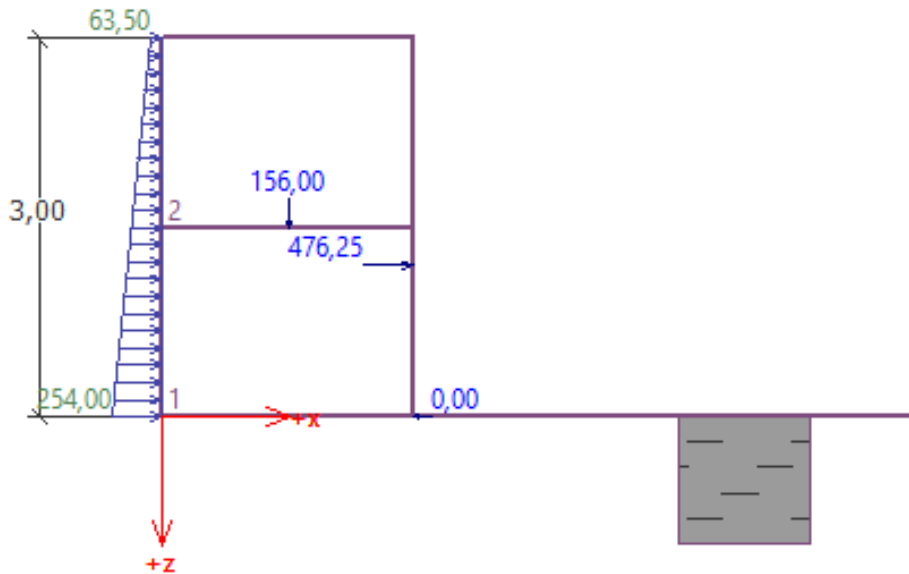


Şekil 4.8’de RDX patlayıcısının bileşke kuvvetler doğrultusunda Gabion duvar üzerindeki kuvvetleri gösterilmektedir.



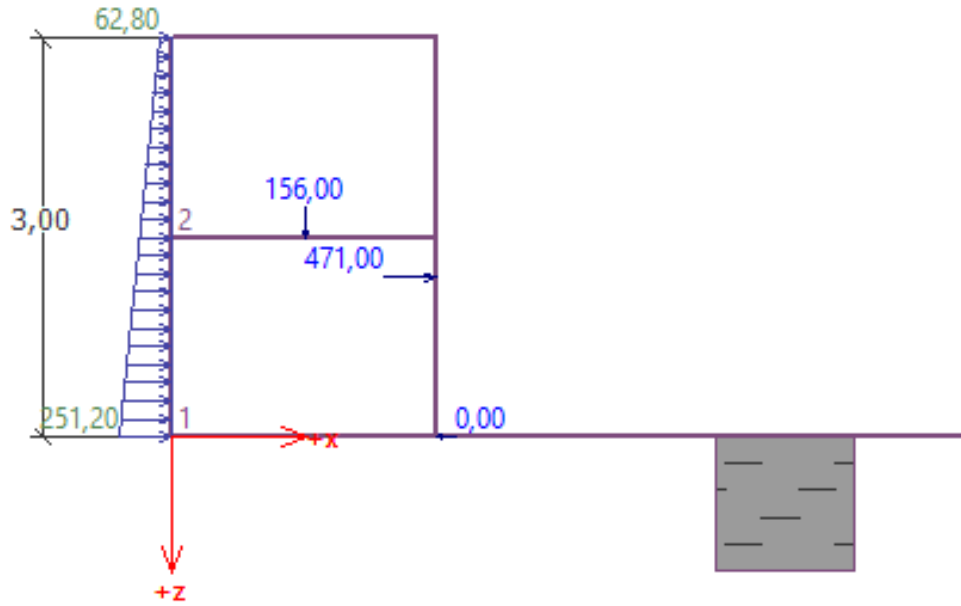
Şekil 4.8. RDX Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi

Şekil 4.9’da C-4 patlayıcısının bileşke kuvvetler doğrultusunda Gabion duvar üzerindeki kuvvetleri gösterilmektedir.



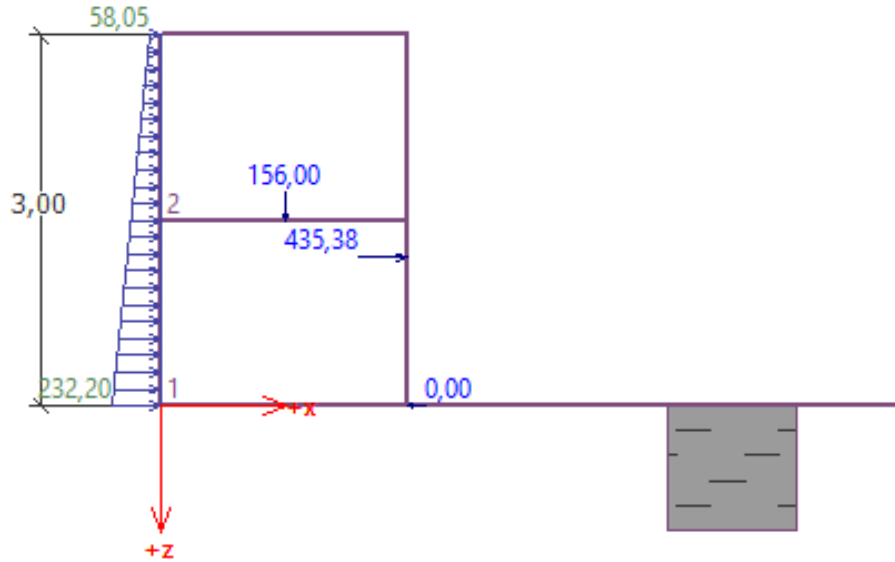
Şekil 4.9. C-4 Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi

Şekil 4.10'da HMX patlayıcısının bileşke kuvvetler doğrultusunda Gabion duvar üzerindeki kuvvetleri gösterilmektedir.



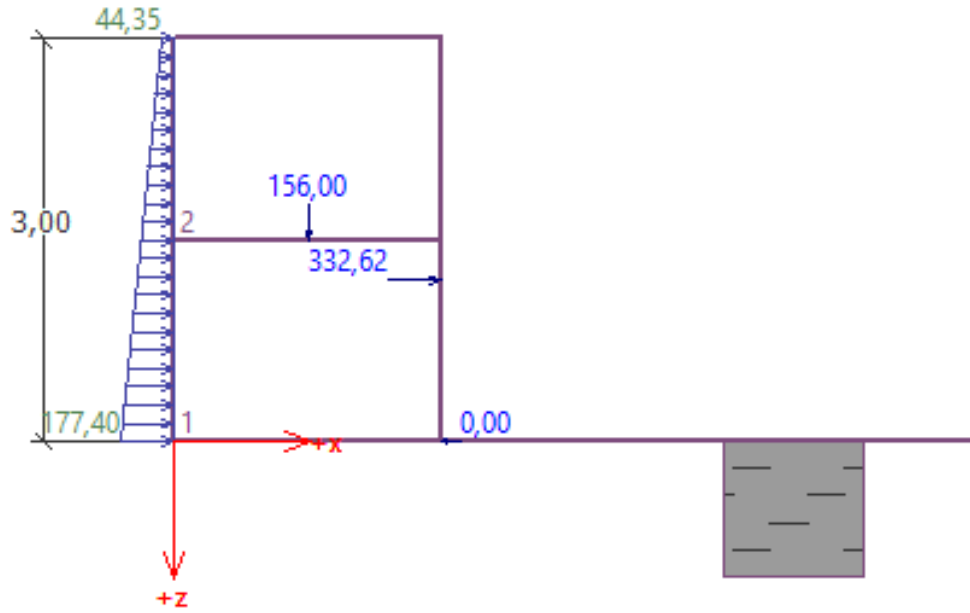
Şekil 4.10. HMX Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi

Şekil 4.11'de FOX-7 patlayıcısının bileşke kuvvetler doğrultusunda Gabion duvar üzerindeki kuvvetleri gösterilmektedir.



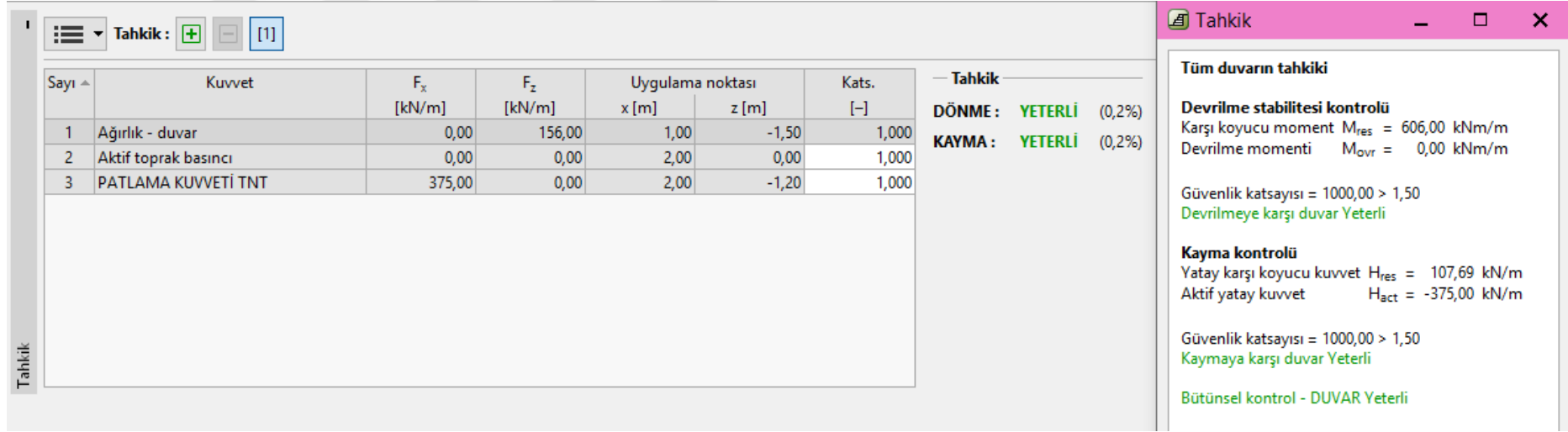
Şekil 4.11. FOX-7 Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi

Şekil 4.12’de FOX-12 patlayıcısının bileşke kuvvetler doğrultusunda Gabion duvar üzerindeki kuvvetleri gösterilmektedir.



Şekil 4.12. FOX-12 Patlama Kuvveti ve Ağırlık- Duvar Kuvvetinin Bileşke Kuvvet Olarak Gösterimi

GEO5 programı dahilinde tahkik modundan her bir patlayıcı kuvveti için ayrı olarak dönme, kayma ve devrilme tahkikleri yapılmış olup detaylı rapor olarak verilmiştir. Şekil 4.13’te TNT patlama kuvveti etki ettirilmiş Gabion duvarın dönme, kayma ve devrilme tahkik sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.13. TNT Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları

Şekil 4.14'te RDX patlama kuvveti etki ettirilmiş Gabion duvarın dönme, kayma ve devrilme tahkik sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Uygulama noktası		Kats. [-]
				x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	156,00	1,00	-1,50	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	2,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ RDX	444,38	0,00	2,00	-1,20	1,000

— Tahkik

**DÖNME :** YETERLİ (0,2%)  
**KAYMA :** YETERLİ (0,2%)

**Tüm duvarın tahkiki**

**Devrilme stabilitesi kontrolü**  
Karşı koyucu moment  $M_{res} = 689,25$  kNm/m  
Devrilme momenti  $M_{ovr} = 0,00$  kNm/m

Güvenlik katsayısı =  $1000,00 > 1,50$   
Devrilmeye karşı duvar Yeterli

**Kayma kontrolü**  
Yatay karşı koyucu kuvvet  $H_{res} = 107,69$  kN/m  
Aktif yatay kuvvet  $H_{act} = -444,37$  kN/m

Güvenlik katsayısı =  $1000,00 > 1,50$   
Kaymaya karşı duvar Yeterli

Bütünsel kontrol - DUVAR Yeterli

Şekil 4.14. RDX Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları

Şekil 4.15'te C-4 patlama kuvveti etki ettirilmiş Gabion duvarın dönme, kayma ve devrilme tahkik sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Uygulama noktası		Kats. [-]
				x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	156,00	1,00	-1,50	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	2,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ C-4	476,25	0,00	2,00	-1,20	1,000

Tüm duvarın tahkiki	
<b>Devrilme stabilitesi kontrolü</b>	
Karşı koyucu moment $M_{res}$	= 727,50 kNm/m
Devrilme momenti $M_{ovr}$	= 0,00 kNm/m
Güvenlik katsayısı = 1000,00 > 1,50	
Devrilmeye karşı duvar Yeterli	
<b>Kayma kontrolü</b>	
Yatay karşı koyucu kuvvet $H_{res}$	= 107,69 kN/m
Aktif yatay kuvvet $H_{act}$	= -476,25 kN/m
Güvenlik katsayısı = 1000,00 > 1,50	
Kaymaya karşı duvar Yeterli	
Bütünsel kontrol - DUVAR Yeterli	

Şekil 4.15. C-4 Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları

Şekil 4.16’da HMX patlama kuvveti etki ettirilmiş Gabion duvarın dönme, kayma ve devrilme tahkik sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Uygulama noktası		Kats. [-]
				x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	156,00	1,00	-1,50	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	2,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ HMX	471,00	0,00	2,00	-1,20	1,000

— Tahkik —

**DÖNME:** YETERLİ (0,2%)

**KAYMA:** YETERLİ (0,2%)

**Tüm duvarın tahkiki**

**Devrilme stabilitesi kontrolü**  
 Karşı koyucu moment  $M_{res} = 721,20$  kNm/m  
 Devrilme momenti  $M_{ovr} = 0,00$  kNm/m

Güvenlik katsayısı =  $1000,00 > 1,50$   
 Devrilmeye karşı duvar Yeterli

**Kayma kontrolü**  
 Yatay karşı koyucu kuvvet  $H_{res} = 107,69$  kN/m  
 Aktif yatay kuvvet  $H_{act} = -471,00$  kN/m

Güvenlik katsayısı =  $1000,00 > 1,50$   
 Kaymaya karşı duvar Yeterli

Bütünsel kontrol - DUVAR Yeterli

Şekil 4.16. HMX Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları

Şekil 4.17’de FOX-7 patlama kuvveti etki ettirilmiş Gabion duvarın dönme, kayma ve devrilme tahkik sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Uygulama noktası		Kats. [-]
				x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	156,00	1,00	-1,50	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	2,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ FOX7	435,38	0,00	2,00	-1,20	1,000

Tüm duvarın tahkiki	
<b>Devrilme stabilitesi kontrolü</b>	
Karşı koyucu moment	$M_{res} = 678,45$ kNm/m
Devrilme momenti	$M_{ovr} = 0,00$ kNm/m
Güvenlik katsayısı = $1000,00 > 1,50$	
Devrilmeye karşı duvar Yeterli	
<b>Kayma kontrolü</b>	
Yatay karşı koyucu kuvvet	$H_{res} = 107,69$ kN/m
Aktif yatay kuvvet	$H_{act} = -435,37$ kN/m
Güvenlik katsayısı = $1000,00 > 1,50$	
Kaymaya karşı duvar Yeterli	
Bütünsel kontrol - DUVAR Yeterli	

Şekil 4.17. FOX-7 Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları



Şekil 4.18’de FOX-12 patlama kuvveti etki ettirilmiş Gabion duvarın dönme, kayma ve devrilme tahkik sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	$F_x$ [kN/m]	$F_z$ [kN/m]	Uygulama noktası		Kats.
				x [m]	z [m]	[-]
1	Ağırlık - duvar	0,00	156,00	1,00	-1,50	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	2,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ FOX12	332,62	0,00	2,00	-1,20	1,000

Tahkik	
<b>DÖNME :</b>	<b>YETERLİ</b> (0,2%)
<b>KAYMA :</b>	<b>YETERLİ</b> (0,2%)

**Tüm duvarın tahkiki**

**Devrilme stabilitesi kontrolü**  
Karşı koyucu moment  $M_{res} = 555,15$  kNm/m  
Devrilme momenti  $M_{ovr} = 0,00$  kNm/m

Güvenlik katsayısı =  $1000,00 > 1,50$   
Devrilmeye karşı duvar **Yeterli**

**Kayma kontrolü**  
Yatay karşı koyucu kuvvet  $H_{res} = 107,69$  kN/m  
Aktif yatay kuvvet  $H_{act} = -332,62$  kN/m

Güvenlik katsayısı =  $1000,00 > 1,50$   
Kaymaya karşı duvar **Yeterli**

**Bütünsel kontrol - DUVAR Yeterli**

Şekil 4.18. FOX-12 Patlama Kuvveti Doğrultusunda Gabion Duvar Dönme, Kayma ve Devrilme Tahkik Sonuçları

Çizelge 4.1’de her bir patlayıcı türünün Gabion duvar tahkik sonuçları detaylı olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Patlayıcı Türlerine Göre Tahkik Çizelgesi

Tahkikler	Patlayıcı Türü					
	TNT	RDX	C-4	HMX	FOX-7	FOX-12
Dönme Tahkiki	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli
Kayma Tahkiki	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli	%0,2 yeterli
Devrilme Tahkiki	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli

Tahkikler 6 patlayıcı türü için de olumlu sonuçlanmıştır. Tahkikler sonrasında Gabion duvarın boyutlandırma analizi 6 farklı patlayıcı türüne göre yapılmıştır. Şekil 4.19’da TNT patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvarın boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>z</sub> [kN/m]	Uygulama noktası		Kats. [-]
				x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ TNT	375,00	0,00	4,00	-1,20	1,000

Otomatik tahkik  
 Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 

— Boyutlandırma

**DÖNME :** YETERLİ (0,2%)

**KAYMA :** YETERLİ (0,2%)

**YATAY BASINÇ** YETERLİ (17,6%)

**BLOKLAR ARASI EK YERİ :** YETERLİ (6,2%)

**Şekil 4.19.** TNT Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi

Şekil 4.20’de RDX patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvarın boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>z</sub> [kN/m]	Uygulama noktası		Kats.
				x [m]	z [m]	[-]
1	Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ RDX	444,38	0,00	4,00	-1,20	1,000

Otomatik tahkik  
Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 1

**Boyutlandırma**

**DÖNME :** YETERLİ (0,2%)  
**KAYMA :** YETERLİ (0,2%)  
**YATAY BASINÇ** YETERLİ (17,6%)  
**BLOKLAR ARASI EK YERİ :** YETERLİ (6,2%)

**Şekil 4.20.** RDX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi

Şekil 4.21’de C-4 patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvarın boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>z</sub> [kN/m]	Uygulama noktası		Kats.
				x [m]	z [m]	[-]
1	Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ C-4	476,25	0,00	4,00	-1,20	1,000

Otomatik tahkik  
Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 1

**Boyutlandırma**

**DÖNME :** YETERLİ (0,2%)  
**KAYMA :** YETERLİ (0,2%)  
**YATAY BASINÇ** YETERLİ (17,6%)  
**BLOKLAR ARASI EK YERİ :** YETERLİ (6,2%)

**Şekil 4.21.** C-4 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi

Şekil 4.22’de HMX patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvarın boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>z</sub> [kN/m]	Uygulama noktası		Kats.
				x [m]	z [m]	[-]
1	Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000
3	PATLAMA KUVVETİ HMX	471,00	0,00	4,00	-1,20	1,000

Otomatik tahkik  
Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 1

**Boyutlandırma**

**DÖNME :** YETERLİ (0,2%)  
**KAYMA :** YETERLİ (0,2%)  
**YATAY BASINÇ** YETERLİ (17,6%)  
**BLOKLAR ARASI EK YERİ :** YETERLİ (6,2%)

**Şekil 4.22.** HMX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi

Şekil 4.23’te FOX7 patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvarın boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	F <sub>x</sub>		F <sub>z</sub>		Uygulama noktası		Kats.
		[kN/m]	[kN/m]	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000		
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000		
3	PATLAMA KUVVETİ FOX7	435,38	0,00	4,00	-1,20	1,000		

Otomatik tahkik  
 Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 1  
**Boyutlandırma**  
 DÖNME : **YETERLİ** (0,2%)  
 KAYMA : **YETERLİ** (0,2%)  
 YATAY BASINÇ : **YETERLİ** (17,6%)  
 BLOKLAR ARASI EK YERİ : **YETERLİ** (6,2%)

**Şekil 4.23.** FOX-7Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi

Şekil 4.24'te FOX-12 patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvarın boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

Sayı	Kuvvet	F <sub>x</sub>		F <sub>z</sub>		Uygulama noktası		Kats.
		[kN/m]	[kN/m]	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]	
1	Ağırlık - duvar	0,00	78,00	3,00	-2,25	1,000		
2	Aktif toprak basıncı	0,00	0,00	4,00	0,00	1,000		
3	PATLAMA KUVVETİ FOX12	332,62	0,00	4,00	-1,20	1,000		

Otomatik tahkik  
 Birleşim yeri üzerindeki blok No.: 1  
**Boyutlandırma**  
 DÖNME : **YETERLİ** (0,2%)  
 KAYMA : **YETERLİ** (0,2%)  
 YATAY BASINÇ : **YETERLİ** (17,6%)  
 BLOKLAR ARASI EK YERİ : **YETERLİ** (6,2%)

**Şekil 4.24.** FOX-12Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvarın Boyutlandırma Analizi

Çizelge 4.2'de her bir patlayıcı türünün patlama kuvveti etkisinin Gabion duvar boyutlandırma analiz sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Gabion Duvar Boyutlandırma Analiz Sonuçları

Boyutlandırma Analizi	Patlayıcı Türü					
	TNT	RDX	C-4	HMX	FOX-7	FOX-12
Yatay Basınç	%17,6 yeterli	%17,6 yeterli	%17,6 yeterli	%17,6 yeterli	%17,6 yeterli	%17,6 yeterli
Bloklar Arası Ek Yeri	%6,2 yeterli	%6,2 yeterli	%6,2 yeterli	%6,2 yeterli	%6,2 yeterli	%6,2 yeterli

Duvar boyutlandırma analizi de her bir patlayıcı kuvvetine karşı olumlu şekilde sonuçlanmıştır. Tüm bu tahkiklerden sonra son olarak stabilite analizi yapılmıştır. Şev stabilite analizinde etkin efektif analiz yöntemleri 6 farklı patlayıcı türü için ayrı ayrı hesaplanmış ve güvenlik katsayılarına ulaşılmıştır. Şekil 4.25'te TNT patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvar şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Kayma yüzeyi: dairesel	Grafik olarak değiştir	Metinsel düzenle	Kaldır	Poligona çevir
Analiz parametreleri		Dairesel kayma yüzeyi		
Yöntem: [tüm yöntemler]	Merkez: x = 3,98 [m] z = 2,76 [m]			
Analiz tipi: Standart	Yarıçap: R = 6,58 [m]			
Açılar: $\alpha_1 = -65,34$ [*] $\alpha_2 = 65,20$ [*]				
<b>Şev stabilite tahkiki (tüm yöntemler)</b>				
Bishop:		FS = 7,80 > 1,50 UYGUN		
Fellenius / Petterson:		FS = 6,93 > 1,50 UYGUN		
Spencer:		FS = 7,78 > 1,50 UYGUN		
Janbu:		FS = 7,78 > 1,50 UYGUN		
Morgenstern-Price:		FS = 7,78 > 1,50 UYGUN		

Şekil 4.25. TNT Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Şekil 4.26'da RDX patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvar şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Kayma yüzeyi: dairesel	Grafik olarak değiştir	Metinsel düzenle	Kaldır	Poligona çevir
Analiz parametreleri		Dairesel kayma yüzeyi		
Yöntem: [tüm yöntemler]	Merkez: x = -4,10 [m] z = 4,23 [m]			
Analiz tipi: Standart	Yarıçap: R = 5,90 [m]			
Açılar: $\alpha_1 = -44,06$ [*] $\alpha_2 = 44,20$ [*]				
<b>Şev stabilite tahkiki (tüm yöntemler)</b>				
Bishop:		FS = 4,74 > 1,50 UYGUN		
Fellenius / Petterson:		FS = 4,47 > 1,50 UYGUN		
Spencer:		FS = 4,73 > 1,50 UYGUN		
Janbu:		FS = 4,73 > 1,50 UYGUN		
Morgenstern-Price:		FS = 4,73 > 1,50 UYGUN		

Şekil 4.26. RDX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Şekil 4.27'de C-4 patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvar şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Kayma yüzeyi: dairesel	Grafik olarak değiştir	Metinsel düzenle	Kaldır	Poligona çevir
Analiz parametreleri		Dairesel kayma yüzeyi		
Yöntem: [tüm yöntemler]	Merkez: x = -5,00 [m] z = 1,88 [m]			
Analiz tipi: Standart	Yarıçap: R = 5,34 [m]			
Açılar: $\alpha_1 = -69,27$ [*] $\alpha_2 = 69,44$ [*]				
<b>Şev stabilite tahkiki (tüm yöntemler)</b>				
Bishop:		FS = 6,38 > 1,50 UYGUN		
Fellenius / Petterson:		FS = 5,60 > 1,50 UYGUN		
Spencer:		FS = 6,37 > 1,50 UYGUN		
Janbu:		FS = 6,37 > 1,50 UYGUN		
Morgenstern-Price:		FS = 6,37 > 1,50 UYGUN		

Şekil 4.27. C-4 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Şekil 4.28'de HMX patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvar şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Kayma yüzeyi: dairesel	Grafik olarak değiştir	Metinsel düzenle	Kaldır	Poligona çevir
Analiz parametreleri		Dairesel kayma yüzeyi		
Yöntem: [tüm yöntemler]	Merkez: x = 3,98 [m] z = 2,76 [m]			
Analiz tipi: Standart	Yarıçap: R = 6,58 [m]			
Açılar: $\alpha_1 = -65,34$ [*] $\alpha_2 = 65,20$ [*]				
<b>Şev stabilite tahkiki (tüm yöntemler)</b>				
Bishop:		FS = 7,80 > 1,50 UYGUN		
Fellenius / Petterson:		FS = 6,93 > 1,50 UYGUN		
Spencer:		FS = 7,78 > 1,50 UYGUN		
Janbu:		FS = 7,78 > 1,50 UYGUN		
Morgenstern-Price:		FS = 7,78 > 1,50 UYGUN		

Şekil 4.28. HMX Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Şekil 4.29'da FOX-7 patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvar şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Kayma yüzeyi : dairesel  Grafik olarak değiştir  Metinsel düzenle  Kaldır  Poligona çevir

Analiz parametreleri

Yöntem : [tüm yöntemler] Merkez: x = 3,99 [m] z = 2,77 [m]

Analiz tipi : Standart Yarıçap: R = 6,59 [m]

Açılar:  $\alpha_1 = -65,36$  [\*]  $\alpha_2 = 65,14$  [\*]

**Şev stabilite tahkiki (tüm yöntemler)**

Bishop : FS = 7,66 > 1,50 UYGUN  
Fellenius / Petterson : FS = 6,81 > 1,50 UYGUN  
Spencer : FS = 7,65 > 1,50 UYGUN  
Janbu : FS = 7,65 > 1,50 UYGUN  
Morgenstern-Price : FS = 7,65 > 1,50 UYGUN

**Şekil 4.29.** FOX-7 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Şekil 4.30'da FOX-12 patlama kuvveti etkisindeki Gabion duvar şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

Kayma yüzeyi : dairesel  Grafik olarak değiştir  Metinsel düzenle  Kaldır  Poligona çevir

Analiz parametreleri

Yöntem : [tüm yöntemler] Merkez: x = -4,64 [m] z = 3,16 [m]

Analiz tipi : Standart Yarıçap: R = 5,62 [m]

Açılar:  $\alpha_1 = -55,66$  [\*]  $\alpha_2 = 55,79$  [\*]

**Şev stabilite tahkiki (tüm yöntemler)**

Bishop : FS = 4,93 > 1,50 UYGUN  
Fellenius / Petterson : FS = 4,50 > 1,50 UYGUN  
Spencer : FS = 4,93 > 1,50 UYGUN  
Janbu : FS = 4,93 > 1,50 UYGUN  
Morgenstern-Price : FS = 4,93 > 1,50 UYGUN

**Şekil 4.30.** FOX-12 Patlama Kuvveti Etkisindeki Gabion Duvar Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Yapılan şev stabilite analiz yöntemleri ile güvenlik katsayılarına ulaşılmıştır. Güvenlik katsayısının 1,5 değerinden büyük olması Gabion duvarın şev stabilite analizini olumlu şekilde değerler verdiği görülmektedir. Çizelge 4.3'te her bir patlayıcının şev stabilite analiz sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Şev Stabilite Analiz Sonuçları

Şev stabilitesi tahkik yöntemleri	Patlayıcı türü					
	TNT	RDX	C-4	HMX	FOX-7	FOX-12
Bishop	7,8	4,74	6,38	7,8	7,66	4,93
Fellenius/ Petterson	6,93	4,47	5,6	6,93	6,81	4,5
Spencer	7,78	4,73	6,37	7,78	7,65	4,93
Janbu	7,78	4,73	6,37	7,78	7,65	4,93
Morgenstern-Price	7,78	4,73	6,37	7,78	7,65	4,93

## Bilgilendirme

Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Kurumu Fine Firması tarafından sağlanan GEO5 Geoteknik Yazılım Paketini kullanmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada belirli geometride bir Gabion duvar tasarlanmıştır. Tasarlanan bu Gabion duvara savunma sanayisinde askeri amaçlı kullanılan 6 farklı patlayıcı çeşidinin herhangi bir patlama durumunda meydana getireceği patlama kuvveti Gabion duvara etki ettirilmiştir. Duvarın dayanıklılığı GEO5 programı yardımıyla tahkikler yapılarak ölçülmüştür. Aşağıda öncelikle Gabion duvarlar ile ilgili bilgi ve ana sonuçlar sıralanmıştır.

Doğal şekilde oluşan veya mühendislik amacıyla oluşturulan, farklı yükseltilerdeki arazi birimleri yamaçları oluşturmaktadır. Bu yamaçlar zaman zaman çeşitli nedenler ile stabilite problemi yaşamakta olup mühendislik hesapları sonucu birtakım çözümler üretilmeye çalışılmaktadır.

Gabion duvarlar, iki farklı zemin yükseltisini güvenli şekilde tutmaya yarayan destek yapılarından biridir. Ekonomik oluşu, esnek yapısı, imalat kolaylığı, estetik oluşu, drenaj probleminin olmaması, nakliye kolaylığı ve çevre dostu olması sebebiyle betonarme dayanma yapılarına nazaran birçok avantaj içermektedir.

Gabion duvarların esnek yapısından dolayı üzerine gelen yükleri karşılama becerisi rijit dayanma yapılarına nazaran çok daha fazla olduğu bilinmektedir. Rijit dayanma ve koruma duvarı olarak kullanılan betonarme patlamaya karşı koruma duvarları günümüzde ve geçmişte kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, gabion duvarların patlamaya karşı mukavemeti incelenmiş ve çeşitli patlayıcılar açısından davranışları ve stabilitesi analiz edilmiştir. Öncelikle patlayıcıların etki mesafesi, gabion duvara karşı etki şekli, patlama ve etki kuvvetleri ortaya konmuştur. Çeşitli patlayıcılar açısından birbirlerine karşı TNT eşdeğerlik yöntemi kullanılarak gabion duvara etki eden kuvvetler belirlenmiştir. TNT patlayıcısı, eşdeğerlik yöntemine göre 1 kabul edilerek diğer patlayıcıların etkileri tasarlanmıştır.

Patlama etkisine karşı koyacak olan gabion duvarın tasarımı, GEO5 programı yardımı ile yapılmış ve patlama kuvvetleri tasarlanan yükler ile duvara etki ettirilmiştir. Gabion

duvarın oturduğu zemin parametreleri ve gabion duvarın dolgu malzemesinden kaynaklanan parametrelerine karar verilerek tasarım tamamlanmıştır.

Geo5 geoteknik paket programı yardımı ile tüm patlayıcıların etkisi duvara iletilerek bütünsel kontrol ile tüm duvarın tahkiki ve stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizlerde, etkin efektif analiz yöntemlerinden tümü göz önüne alınarak kıyas yapılması da sağlanmıştır.

Analiz sonucu olarak, patlama kuvvetlerinin değeri arttıkça güvenlik faktörünün azalması gözlenmiştir. Gabion duvarların patlamaya karşı mukavemeti ve rijit dayanma duvarlarına göre stabilitesi son derece yüksek olduğu belirlenmiştir.

Rijit dayanma duvarlarının uzun inşa süresi, imalat bileşenlerinin maliyet ve nakliye zorlukları, patlamaya karşı rijit davranışı, drenaj probleminin olması ve görsel açıdan doğa dostu olmaması sebebiyle; patlamaya karşı koruma duvarı olarak gabion duvarların kullanılması avantajlı olarak belirlenmiştir.

İncelenen tüm sonuçlar ışığında Gabion duvarların istenilen dayanıklılığı daha az maliyetle ve zamanla karşıladığı görülmüştür. Tez çalışmasının daha fazla patlayıcı kuvveti ile ve farklı geometriler uygulanarak daha geniş kullanım alanlarında uygulanması teşvik edilmelidir.



## KAYNAKLAR

A. Atasoy,. (2019). Laboratuvar Ölçekte Siklotrimetilen Trinitramin (RDX) Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.

A Haber İstiklal Patlaması. 14 Kasım 2022., İndirilme Tarihi 10 Haziran 2023.

<https://www.ahaber.com.tr/gundem/2022/11/14/tnt-bombasi-nedir-istiklal-caddesinde-patlayan-tnt-bombanin-ozellikleri-neler-tnt-ne-anlama-geliyor>

B. Çetin,. (2023). Yeraltı Tünellerindeki Patlama Yüklerinin Oluşturduğu Titreşim Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Sakarya.

B. S. Vaighan,. (2012). Patlama Etkisi Altındaki Çelik Panel Elemanların Dinamik Davranışlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Cantenar, Ö. F. ve Tümlü, F. (2016). PKK terör örgütünün eylemlerinin güvenlik güçleri zayıfatı açısından analizi. *Kara Harp Okulu Bilim Dergisi*, 26(1).

Cebe, A., Gümüşçü, M., Erdiñç, A., ve Uyanık, S., (2015). Sivil amaçlı kullanılan patlayıcı maddelerin karakteristikleri, çevresel etkileri ve önlemler. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2).

Cıva (II) Fulminat patlayıcısının tarihçesi nedir? Wikipedia (2013) [https://tr.wikipedia.org/wiki/C%C4%B1va\(II\)\\_f%C3%BClminat#:~:text=C%C4%B1va\(II\)%20f%C3%BClminat%20veya%20Hg,kaps%C3%BCllerinde%20bir%20tetikleyici%20olarak%20kullan%C4%B1%C4%B1r](https://tr.wikipedia.org/wiki/C%C4%B1va(II)_f%C3%BClminat#:~:text=C%C4%B1va(II)%20f%C3%BClminat%20veya%20Hg,kaps%C3%BCllerinde%20bir%20tetikleyici%20olarak%20kullan%C4%B1%C4%B1r).

Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2013.

C-4 patlayıcısı nedir? Askeri patlayıcılar Wikipedia. İndirilme Tarihi: 17 Mayıs 2023. <https://tr.wikipedia.org/wiki/C-4>.

Çarbaş, S., Erkan, İ.H., Tan, Ö. Ve Uray, E. (2016). Gabion tipi dayanma duvarlarının harmoni arama algoritması ile optimizasyonu. *Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi*. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye 13-14 Ekim.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2018). Taşkın kontrol duvarları genel teknik şartnamesi.

Doğan, Onur. Yapılarda Patlatma Etkileri Hesap ve Değerlendirme Yöntemleri ve Emniyet Yapıları Tasarım Kriterleri. *İnşaat Mühendisleri Semineri*, 2019.

Dursun, Ö. F. (2008). Gabion Sandık Uygulamasının Tersip Bendi ve Islah Sekilerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, Elazığ.

D. Karabayır,. (2020). 33,5-Dinitro-4-Kloro Benzonitril’ den Hazırlanan Azotça Zengin Yeni Enerjik Maddelerin Termodinamik Değerlerinin Teorik ve Deneysel Değerlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

E. Uray,. (2014). Gabion Tipi Dayanma Duvarlarında Tasarım Kriterlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Elişük, M., Eskici, B., Şener, Y.S., ve Yılmaz, M. (2020). Kısmen baraj gölü suları altında kalacak olan Hasankeyf yamaç külliyesinin sağlamlaştırılması, korunması ve sergilenmesine yönelik uygulamalar. *Amisos*, 5(9), 413-439.

Ekermen, Nilgün. Patlayıcı ve Yüksek Patlayıcı Maddelerin Özellikleri, Sınıflandırılması ve Patlama Etkileri. *Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlama Eğitim Programı*.

Erkoç, Ö. (1998). Patlatma ile Çevreye Verilen Sarsıntılar ve Hasar Kriteri Üzerine Bir Tartışma. *3.Delme ve Patlatma Sempozyumu*, p. 129-139.

Fünye nedir? Wikipedia., İndirilme Tarihi: 10 Haziran 2023. <https://tr.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnye>.

F, Rüzgar,. (2023). Temas Patlamasına Maruz Bırakılan Kompozit Beton Plakların Patlama Sonrası Deneysel Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Gabion duvarlar hakkında bilgiler. 1x1x2 Gabion Duvar Sepetleri Altıgen Tel., Shengxin (2023) <https://turkish.metalwire-fence.com/sale-13821006-1x1x2-gabion-wall-baskets-welded-gabion-box-galvanized-hexagonal-wire.html>.

Gabion duvar nedir? Atiktel Makina Sanayi ve Tic. Ltd. Şti., (2023) <http://celikhasirdunyasi.com/hizmet/gabion-sepet.html>.

Gabion sepet nedir? Atiktel Makina Sanayi ve Tic. Ltd. Şti., (2023) <https://www.atiktel.com/tr/blog/gabion-tel-sepet> .

Gabion torba nedir, nerelerde kullanılır? Divan Tel ve Makine Sanayi Ltd. Şti., (2022) <https://divantel.com.tr/gabion-torba/>.

Gümüşçü, M., Cebe, A., Erdinç. A. ve Uyanık, S. (2016). Sivil amaçlı kullanılan patlayıcı maddelerin karakteristikleri, çevresel etkileri ve önlemler. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 82-85.

HMX patlayıcısı nedir? Mba Savunma. İndirilme Tarihi 15 Mayıs 2023. <https://www.mbasavunma.com/urunler/octogen-hmx>.

İ. Kanter,. (2014). Kentsel Tasarımda Dikey Bahçeler. Yüksek Lisans Tezi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Karayolları Genel Müdürlüğü (2013). Karayolu teknik şartnamesi.

Köksal, M. S. (2022). Tecrübi askeri tarih çerçevesinde kara barut üretimi. *Harp Tarihi Dergisi*, 5, 41-71.

M. Başpınar,. (2018). Menfezlerin Patlayıcı Maddeler Karşısındaki Dayanımının Ölçülmesi ve Dayanımını Arttırmak İçin Yeni Metotlar Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.

R. İşeri,. (2008). Türkiye’de Etnik Terör: Asala ve PKK Örneği. Yüksek Lisans Tezi. *Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.

Rüdaw Haber Merkezi, Hakkari Terör Girişimi., İndirilme Tarihi 14 Mayıs 2023. <https://www.rudaw.net/turkish/kurdistan/220320229>.

Savunma sanayi c grubu patlayıcılar nelerdir? İndirilme Tarihi: 1 Haziran 2023. <https://www.savunmasanayist.com/c-grubu-patlayicilari-ve-c4/>.

Ş. Kölemenoglu,. (2021), Betonarme Perdenin Patlama Etkilerine Karşı Lineer Olmayan Düzlem Dışı Davranışı. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.

Ş. Sağlam,. (2011). Nitro-Aromatik ve Nitramin Sınıfı Enerjetik Maddelerin Tayini İçin Elektroanalitik Yöntemlerin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

T. Özkan,. (2019). Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısının Farklı Regresyon Modelleri ve Yapay Sinir Ağı ile Kestirimi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Uray, E. ve Tan, Ö. (2015). “Gabion Tipi Dayanma Yapıları”, (TMH) *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 485, 19-29.

Yemleme duyarlı patlayıcılar nelerdir? Sfc Patlayıcı., (2023) <https://www.sfcpatlayici.com.tr/urundetay.php?id=12>

Yurt Gazetesi, İstiklal Patlaması Basın Açıklaması., (14 Kasım 2022) <https://www.yurtgazetesi.com.tr/guncel/emniyet-istiklal-caddesindeki-saldirida-kullanilan-patlayicinin-turununu-acikl-h212874.html>.

Zakar, L.& Eyüpgiller, K. K. (2015). *Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri*, İstanbul

Z. Koççaz,. (2004). Patlama yüklerine dayanıklı yapı tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

# ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı

: İREM ERSALMAN

Doğum Tarihi

Eğitim Durumu

Lisans;

Kırıkkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans;

Kırıkkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı (GEOTEKNİK)

Yayınları;

Dergi Park

DOI: 10.29137/umagd.1297344, Gabion Duvarların Çeşitli Patlama Enerjilerine Göre Koruma Duvarı Olarak Kullanılması

Araştırma Alanları;

Geoteknik, Gabion Duvarlar, Patlama Kuvvetleri, Şev Stabilitesi, Dayanma Yapıları.

Çalıştığı Kurum ve Yıl;

TUNAFEN Eğitim Kurumları 2020-2023