



T.C.
İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
Emniyet Genel Müdürlüğü



ÖZEL GÜVENLİK DENETLEME BAKANLIĞI

**SİVİL KULLANIM AMAÇLI
PATLAYICI MADDE
KULLANIMINA İLİŞKİN
İHTİYAÇ RAPORU HAZIRLAMA
KILAVUZU**

EGM



ETİMADEN



İÇİNDEKİLER

1. AMAÇ	1
2. KAPSAM	1
3. SİVİL KULLANIM AMAÇLI PATLAYICI MADDELERİN SINIFLANDIRILMASI	2
4. YERÜSTÜ PATLATMA TASARIM KILAVUZU	3
4.1. Basamak Patlatması Terimleri	3
4.1.1. Delik Çapı	3
4.1.2. Basamak Boyu (Yüksekliği)	4
4.1.3. Tasarım Yüğü (Azami Yüğü Mesafesi)	4
4.1.4. Dip Delgi	8
4.1.5. Delik Boyu	8
4.1.6. Delme Hatası	9
4.1.7. Uygulama (Gerçek) Yüğü Mesafesi.....	10
4.1.8. Delikler Arası Mesafe	10
4.1.9. Sıkılama Boyu	10
4.1.10. Özgül Delme	11
4.1.11. Dip Şarj Boyu.....	11
4.1.12. Dip Şarj Yoğunluğu ve Miktarı.....	12
4.1.13. Kolon Şarj Yoğunluğu	12
4.1.14. Kolon Şarj Boyu.....	12
4.1.15. Kolon Şarj Miktarı	13
4.1.16. Toplam Şarj Miktarı	13
4.1.17. Özgül Şarj.....	13
5. PATLAYICI MADDE MİKTARLARININ BELİRLENMESİ	14
5.1. Yemleme Miktarının Belirlenmesi.....	14
5.2. Delik İçi Kapsül Sayısı.....	14
5.3. Yüzey Bağlantı Kapsül Sayısı.....	14
5.4. Başlatıcı Kapsül	15
6. ÖRNEK PATLATMA TASARIMI	15
7. KAYA FIRLAMASI	19
7.1. Patlatma Kaynaklı Kaya Fırlaması/Taş Savrulması ve Tanımlar	19
7.2. Güvenli Bölge	20
7.3. Kaya Fırlama Mesafesi Tahmin Denklemi - Ölçekli Gömme Derinliği (SDOB _m) ...	21
7.3.1. Ölçekli Gömme Derinliği (SDOB _m)	21
7.3.2. Azami Kaya Fırlama / Taş Savrulma Mesafesi (L _{max}).....	21
8. ÖRNEK KAYA FIRLAMASI/TAŞ SAVRULMASI HESABI VE GÜVENLİ MESAFE TAYİNİ	22
9. YERALTI PATLATMALARI TASARIM KILAVUZU	23

9.1. Delme Patlatma Özgöl Tüketim Hesaplama Kılavuzu	23
9.2. Yeraltı Patlatma Yöntemleri ve Parametreleri	24
9.3. Özgöl Şarj	26
9.3.1. Özgöl Şarj ile İlgili Notlar.....	26
9.4. Atım Başına Delik Sayısı / Özgöl Delik	27
9.5. Toplam Patlayıcı ve Kapsül Tüketiminin Hesaplanması.....	28
9.6. İnfilaklı Fitol Tüketimi	28
9.7. Başlatıcı (Elektrikli/Elektronik/Elektriksiz Kapsül) Tüketimi.....	28
10. ÖRNEK TÜKETİM HESABI	28
10.1. Veriler	28
10.2. Hesaplanan Veriler.....	29
10.3. Özgöl Şarj	29
10.4. Özgöl Delik.....	29
10.5. Toplam Patlayıcı ve Kapsül Tüketiminin Hesaplanması.....	30
10.6. İnfilaklı Fitol Tüketimi (5- 10 g/m)	30
10.7. Başlatıcı (Elektrikli Kapsül) Tüketimi.....	30

SİVİL KULLANIM AMAÇLI PATLAYICI MADDE KULLANIMINA İLİŞKİN İHTİYAÇ RAPORU HAZIRLAMA KILAVUZU

1. AMAÇ

Bu kılavuzda, yeraltı ve yerüstü madencilik faaliyetleri, tünel ve metro inşaatları, karayolu, bina, köprü, viyadük inşaatları, temel kazısı çalışmaları ile baraj, hidroelektrik santrali yapım işleri gibi altyapı faaliyetlerinde kullanılan sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddelerin cins ve miktarlarına ilişkin hesaplamalar yapılarak, tek seferde depolanmadan kullanılacak patlayıcı madde miktarları ile Patlayıcı Madde Satın Alma ve Kullanma İzin Belgesi süresince kullanılacak patlayıcı madde miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAPSAM

Sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddeleri kullanacaklar, 87/12028 karar sayılı Tüzük'ün 118'inci maddesi gereği İl Valiliklerinden Patlayıcı Madde Satın Alma ve Kullanma İzin Belgesi almak zorundadırlar. İlgili maddenin (B) bendi “...*Kullanılacak patlayıcı maddenin cins ve miktarını belirten patlayıcı madde ihtiyaç raporu (Bu rapor, kendi ihtiyaçlarını tespit edebilme olanağı bulunan kamu kuruluşları için kendilerince, bu olanağa sahip olmayan kamu kuruluşları ile özel kuruluş veya kişiler için İl Valiliğince verilir.)...*” hükmü gereği patlatma faaliyetlerinde kullanılacak patlayıcı maddelerin cins ve miktarlarına ilişkin ihtiyaç raporu hazırlanması gerekmektedir.

Patlayıcı Madde Satın Alma ve Kullanma İzin Belgesi almak için sunulacak “İhtiyaç Raporu”nun, üniversite eğitimi sırasında patlatma konusunda ders alan yegâne mühendislik disiplini olması, stajlarında ve meslek hayatında bu konularda çalışmaları bulunması ve patlayıcı madde kullanım ve kapasite raporunun hazırlanması görevinin, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Serbest Maden Mühendisliği Hizmetleri Uygulama, Tescil, Denetim ve Belgelendirme Yönetmeliği gereği maden mühendislerine verilmesi nedeniyle maden mühendisi tarafından hazırlanması gerekmektedir.

Bu kılavuzda yer alan patlatma parametrelerine ilişkin hesaplamalar yapılırken yaygın kullanımı olduğundan İsveçli mühendis ve bilim insanı olan Stig O Olofsson'un “Applied Explosive Technology For Construction and Mining, 1988” kaynağından yararlanılmış ve verilen formüller, tablolar ile grafikler buradan alınmış, hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Söz konusu kaynak kitapta yer üstü ve tünel patlatmaları ile ilgili hesaplamalar basitleştirilmiş ve grafiğe aktarılarak okuyucunun işi kolaylaştırılmıştır. Olofsson tarafından verilen yaklaşımlar, yapılan çok sayıda patlatma işinden elde edilen sonuçlar neticesinde oluşturulduğu için pratikteki uygulamalar ile uyumluluk göstermektedir. T.C. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılında yayımlanan “Patlatma Tasarımı ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu”ndaki hesaplama yöntemi aynı kaynağı temel almıştır. İhtiyaç raporu kılavuzu hazırlanırken gerek gerçek ihtiyaca cevap vermesi açısından gerekse Çevre Bakanlığı'nın kılavuzu ile

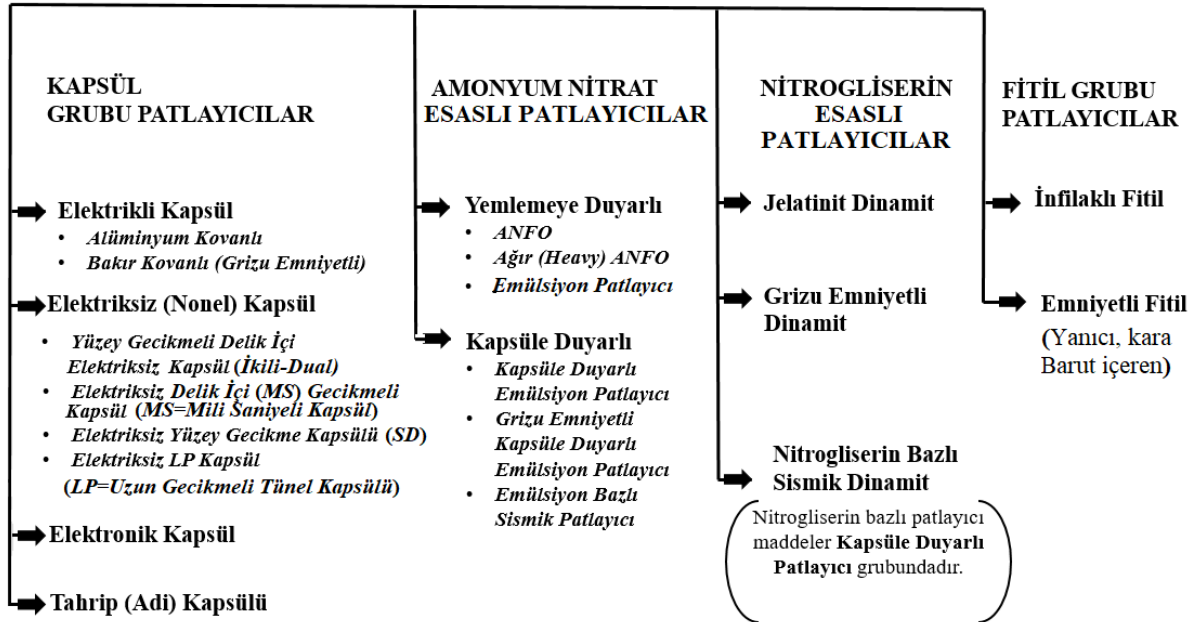
uyumlu olması bakımından Olofsson'un yaklaşımının kullanılmasının daha uygun olduğu düşünülmüştür.

3. SİVİL KULLANIM AMAÇLI PATLAYICI MADDELERİN SINIFLANDIRILMASI

İlgili Tüzük kapsamında yeraltı ve yerüstü madencilik faaliyetleri, tünel ve metro inşaatları, karayolu, bina, köprü, viyadük inşaatları, temel kazısı çalışmaları ile baraj, hidroelektrik santrali yapım işleri gibi altyapı faaliyetlerinde kullanılan sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddeleri, üretim özelliklerine göre sınıflandırabileceğimiz gibi kullanım şekillerine göre de sınıflandırılabiliriz. “İhtiyaç Raporu” hazırlanırken, uygulamada birlik sağlamak ve yanlış anlamaları önlemek için aşağıda **Tablo 1**'de verilen patlayıcı madde isimlerinin kullanılması, farklı isim kullanılmaması gerekmektedir.

Tablo 1. Patlayıcı Maddelerin Sınıflandırılması

ÜLKEMİZDE SIKLIKLA KULLANILAN PATLAYICI MADDELERİN ÜRETİM ÖZELLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRMASI



genellikle yumuşak veya orta sert formasyonlarda, kuvars içeriği ve dolayısı ile aşındırıcılığı ve delici matkap ucu sarfiyatı fazla olduğu durumlarda maliyet düşürdüğü için tercih edilir.

Ancak büyük çaplı deliklerin kullanılması, sert-sağlam kayalarda, sarsıntı kontrolü gerektiren durumlarda ve minimum kaya ötelemesi gerektiren koşullarda önerilmez. Genel olarak düşünüldüğünde büyük çaplı deliklerin, üretim kazı miktarını artıracığından maliyet açısından daha uygun olduğu söylenebilir. Bunun sebebi ise, delik çapı artırıldığında, belirli hacimde kaya patlatabilmek için gerekli delik sayısı azalacak ve dolayısı ile delme maliyeti düşecek, daha az sayıda dinamit, kapsül veya daha az miktarda fitil ve daha az işçilik kullanılacak olmasıdır. Ancak zemin formasyonunun sert, yüksek dayanımlı veya geniş aralıklı çatlaklar içeren büyük bloklu yapıda olduğu durumlarda küçük delik çapları tercih edilmelidir.

4.1.2. Basamak Boyu (Yüksekliği)

Basamak alt kotu ile üst kotu arasındaki dikey mesafe basamak boyu (**(K, m)**) ya da yüksekliği olarak adlandırılır (**Şekil 1**). Basamak boyunun (yüksekliğinin) artması durumunda delme hatalarının da artacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Yerüstü patlatmalarında basamak boyları genellikle 3 - 18 metre arasında değişir. Basamak boyu belirlenirken, şev stabilitesi (şev duraylılığı), delici ekipman kapasitesi, delik sapmaları, yükleyici makinenin güvenle çalışabileceği yükseklik gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Seçilen basamak boyu ile delik çapı arasında oransal bir ilişki olduğu unutulmamalıdır. Yukarıda anlatıldığı üzere basamak boyu yükseldiğinde delik çapı artacağından delinecek delik sayısı, şarj edilecek patlayıcı miktarı ve kullanılacak ateşleyici sistemi miktarı azalacak ve birim maliyet düşmüş olacaktır. Ancak yüksek basamak boylarının tercih edilmesinin bazı sakıncaları bulunmaktadır. Basamak boyu arttıkça, şev duraysızlık olasılığı (şev kayması ve blok düşmesi riski) artacak, hem delik sapma miktarı, hem de delik aralıkları ve yük mesafesi de artacağından, basamak tabanında tırnak kalması, basamak üst kesimlerinden bloklar çıkması kaçınılmaz olacaktır.

4.1.3. Tasarım Yüğü (Azami Yüğü Mesafesi)

Basamak aynası ile ilk delik sırası arasında veya delik sıraları arasında basamak aynasına dik yöndeki uzaklık “tasarım yüğü” veya “azami yüğü mesafesi” (**(B_{max} (m))**) olarak tanımlanır. Azami yüğü mesafesi belirlendikten sonra diğer parametrelerin hesabı yapılır. Basamak yüksekliği, yüğü mesafesi ve delik çapı arasında oransal bağ vardır. Yüğü mesafesi normal uygulamalarda basamak yüksekliğinin 2,5'te biri ile 5'te biri arasında olmalıdır. Olofsson, Langefors ve Kihlström'ün karmaşık formülünü sadeleştirerek, kullanılan patlayıcı cinsine bağlı olarak, üç adet, farklı azami yüğü mesafesi formülü oluşturmuştur (Olofsson, 1988).

Olofsson delik içi şarj yoğunluğunu (**(I_b, kg/m)**) 1 metre deliğe düşen patlayıcı madde miktarı olarak açıklamış olup, ilk aşamada geliştirdiği bu basit formüller aşağıda sunulmuştur (Olofsson, 1988);

- 1- Dynamex M/Jelatinit Dinamit için, (Günümüzde Jelatinit Dinamit veya muadili kapsüle duyarlı emülsiyonlar yüzey patlatmalarında ana şarj olarak kullanılmamakta, yemleyici olarak kullanılmaktadır.)

$$B_{max} = 1,47 \sqrt{I_b} \quad (m)$$

2- Yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcı için,

$$B_{\max} = 1,45 \sqrt{l_b} \text{ (m)}$$

3- ANFO (dökme) için,

$$B_{\max} = 1,36 \sqrt{l_b} \text{ (m)}$$

Tablo 2. Şarj Yoğunlukları (Olofsson, 1988)

Farklı Patlayıcı Maddeler İçin Şarj Yoğunlukları					
Delik çapı (mm)	76	89	102	127	152
ANFO – Dökme (kg/m)	3,6	5,0	6,5	10,1	14,5
Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon (kg/m) (Kartuşu kesilip deliğe bırakılan)	5,0	7,1	9,3	14,0	---
Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon (kg/m) (Kamyon ile şarj, dökme)	5,3	7,5	9,9	15,3	21,9

Olofsson'a göre kaya, özellikleri çok değişken bir malzemedir. Kayanın çekme, basınç ve kesme dayanımları gibi malzeme ve kil damarı, doğal çatlak (eklem), tabakalanma, fay, vb. kitle özelliklerine göre, hatta aynı patlatma grubu içinde dahi, patlatmaya direnci ve davranışı değişebilir (Olofsson, 1988). Kayayı kırıp parçalayabilmek için kayanın “çekme dayanımı”nın aşılması gerektiğinden, kayanın jeolojik özellikleri onun patlatılabilirliğini etkiler.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Maden Mühendisliği Bölümü araştırmacıları tarafından yoğunlukla 1986-1990 yılları arasında ve daha sonra yapılan araştırmalarda Türkiye'deki bazı kömür ve metal madenlerinde yapılan patlatmalarda ve laboratuvarlarda özellikleri belirlenmiş kayalar için “kaya sabitleri” saptanmış ve aşağıda **Tablo 3**'te verilmiştir.

Tablo 3'te verilen “kaya sabitleri”, yerinde (madende) gerçekleştirilen çok sayıdaki patlatmalardan elde edilmiş ve bu kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri laboratuvarında test ve tespit edilmiş, ayrıca daha sonraki uygulamalarda kullanılmış ve iyi sonuçlar alınmış olduğundan patlatma tasarım aşamasında güvenle kullanılabilir olduklarından önerilmektedir.

Tablo 3. Kaya Katsayıları

Kayaç Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)	Kayaç Adı	Kayaç Katsayısı (c) (Özgül şarj kg/m³ benzeri)
		Kömür Madeni Kayaları	
Yumuşak Kaya / Düşük Dayanım	4-12 MPa	Kiltaşı-Silttaşı-Killi Marn	0,100-0,160
	40-60 MPa	Marn	0,130-0,180
	50-70 MPa	Karbonatlı Marn	0,200-0,250
	50-70 MPa	Çok Killi Kalker	0,210-0,270
	50-150 MPa	Kumtaşı	0,300-0,400
		Taş Ocak veya Metal Madeni Yan Kayaçlar	
Orta Sert / Orta Dayanım veya Düşük Dayanım	50-100 MPa	Çok Çatlaklı Kalker	0,250-0,300
	80-140 MPa	Kalker (taze, az çatlak)	0,350-0,400
	60-100 MPa	Andezit (az, orta ayrıışmış)	0,300-0,375
	70-100 MPa	Silisifiye Kayaçlar	0,550-0,600
	60-100 MPa	Mermer (metamorfik)	0,400-0,500
	20-40 MPa	Serpantin	0,350(ezik)-0,500(taze)
	40-140 MPa	Granit (porfiri bakır)	0,400-0,450
		Taş Ocak veya Metal Madeni Yan Kayaçlar	
Sert Kaya / Yüksek Dayanım	130-180 MPa	Bazalt	0,375(eklemlı)-0,45(masif)
	130-200 MPa	Dasit	0,450(eklemlı)-500(masif)
	130-160 MPa	Siyenit / Riyolit	0,400-0,450
	100-160 MPa	Andezit (taze, az ayrıışmış)	0,350-0,400
	140-330 MPa	Granit (taze) / Diyabaz	0,450-0,500
	55-250 MPa	Kuvars Monzonit/K.Diorit	0,450-0,500
		Cevher Adı	
Orta Dayanım	50-90 MPa	Bakır Cevheri	0,500-0,650
	50-70 MPa	Hematit Cevheri	0,800-0,850
Yüksek Dayanım	100-110 MPa	Manyetit Cevheri	0,850-1,00

Olofsson, patlatma tasarım yöntemini bazı kabullere dayandırmıştır (Olofsson, 1988). Bu kabuller;

1. Olofsson patlatma deliklerinin **Şekil 1**'de gösterildiği gibi eğimli delineceği ve delik eğiminin 3:1 olması gerektiğini kabul etmektedir. Çünkü Olofsson ve diğer uluslararası uzmanlar eğimli patlatma deliklerinin daha verimli patlama ve parçalama sağladığını belirtmektedirler. Bir başka deyişle, delikler düşey 3 birim, yatay 1 birim olmak üzere eğimli delinecektir. Eğer delikler düşey (dik) veya 3:1'den farklı eğimde delinecekse, formülde **R₁** düzeltme çarpanı kullanılmasını önermekte ve **R₁** çarpanını ilk geliştirdiği basit formüle aşağıda verilen biçimde eklemektedir. Olofsson'un verdiği **R₁** düzeltme çarpanları farklı delik eğimleri için **Tablo 4**'te sunulmuştur.

2. Olofsson birim hacimdeki kayayı parçalamak için gerekli olan en az birim patlayıcı miktarını kaya sabiti (**c**, *rock constant*) olarak adlandırmaktadır. Kaya sabiti esasında bir metreküp kayayı parçalamak için gerekli olan ve ülkemizde yaygın olarak “özgül şarj” tabir edilen parametre benzeri bir değişkendir. Olofsson İsveç'te mevcut olağan jeolojik koşullar için kaya sabitini **0,4** olarak kabul etmektedir. Eğer patlatma tasarımı yapılacak ocakta mevcut olan kaya daha düşük veya daha yüksek birim patlayıcı miktarı gerektiriyorsa, bu durumu düzeltmek ve formülde kullanmak için **R₂** düzeltme faktörü kullanılmasını önermekte ve **R₂** çarpanını ilk geliştirdiği basit formüle aşağıda verilen biçimde eklemektedir. Farklı kaya sabitleri için **R₂** çarpanları **Tablo 5**'te sunulmuştur.

3. Olofsson'un üçüncü kabulü, verimli bir patlatma için basamak yüksekliği (**K**), mutlaka azami yük mesafesinin 2 katına eşit veya 2 katından büyük olmalıdır (**K** ≥ 2 x **B_{max}**) şeklindedir. Bir başka deyişle, azami yük mesafesi basamak yüksekliğinin yarısına eşit veya yarısından az olmalıdır.

Tablo 4. Farklı delik eğim durumları için **R₁** düzeltme faktörleri (Olofsson, 1988)

Eğim ve Düzeltme Faktörü	Dik Delik	10:1	5:1	3:1	2:1	1:1
R ₁	0.95	0.96	0.98	1.00	1.03	1.10

Tablo 5. Farklı kaya sabitleri (**c**, katsayıları) için **R₂** düzeltme faktörleri (Olofsson, 1988)

c	0.3	0.4	0.5
R ₂	1.15	1.00	0.90

Yukarıda **Tablo 3**'te Türkiyede mevcut jeolojik koşullara göre değişik kaya ve metal cevheri cinsleri için verilen kaya sabitleri (**c**), Olofsson tarafından İsveç'teki jeolojik koşullar dikkate alınarak verilen kaya sabiti sınırlarını (hem aşağı, hem de yukarı yönde) aştığı dikkate alınarak Olofsson'un tablosuna eklemeler yapılmak zorunluluğu duyulmuş ve “Yüzey Patlatma Tasarımı”nda kullanılması **Tablo 3**'te önerilen Türkiye kaya sabitleri dikkate alınarak Olofsson'un tablosu (**Tablo 5**) yenilenmiş ve **Tablo 6** olarak aşağıda sunulmuştur. Dolayısı ile **R₂** düzeltme faktörü hesaba alınırken aşağıda verilen **Tablo 6** dikkate alınmalıdır.

Tablo 6. Türkiye kaya sabitleri (**c**, katsayıları) için **R₂** düzeltme faktörleri (ODTÜ)

c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	> 0,6
R₂	1,25	1,20	1,15	1,00	0,90	0,80	0,70

Dikkat edilirse **Tablo 6**'da **R₂** değerleri; kaya sabiti **c = 0,6** ve **c > 0,6** durumları için düşük, **c = 0,1** ve **c = 0,2** durumları için yüksek verilmiştir. Bu değerler, Divriği, Kesikköprü ve Ayazmant demir, Soma, Seyitömer, Eskişehir kömür madenlerinde halen uygulanan patlatma tasarımları ile kontrol edilmiştir. Esasen patlatma tasarımı, aynı maden veya agrega ocağı içerisinde dahi kaya cinsi, dolayısı ile malzeme dayanımı ve kaya kitle yapısı az veya çok değişkenlik gösterdiğinden sabit ve değiştirilmez değildir. Bu nedenle patlatma sonuçlarını, oluşan parça boyutu, ötelenme mesafesi, yığın profili, taş savrulma mesafesi, ölçüldü ise yer titreşim seviyesi vb. açılardan değerlendirmek ve memnun kalınıp kalınmadığı dikkate alınarak, tasarımı deneme yanılma (*trial and error*) yöntemi ile sürekli değiştirmek, geliştirmek, iyileştirmek ve değişen kaya malzemesi ve kaya yapısı koşullarına uyarlamak gereklidir.

Azami yük mesafesi (Tasarım Yüğü); **R₁** (**Tablo 4**) ve **R₂** (**Tablo 6**) düzeltme faktörlerine bağlı olarak aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$B_{\max} = 1,45 \sqrt{l_b} \times R_1 \times R_2 \text{ (Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı)}$$

$$B_{\max} = 1,36 \sqrt{l_b} \times R_1 \times R_2 \text{ (ANFO)}$$

4.1.4. Dip Delgi

Dip Delgi ((**U**, (**m**)), basamak tabanında tırnak kalmaması amacıyla deliğin, basamak taban kotundan daha derin (fazla) delinerek bırakılan pay olarak ifade edilebilir (**Şekil 1**). Dip delgi yeteri kadar bırakılmaması halinde tırnak kalma ihtimalini artırır. Sert formasyonlarda dip delgi boyu genellikle delik çapının 8 katı olarak delinir. Eğimli basamaklarda ise bu oran delik çapının 12 katına kadar çıkarılabilir. Dip delginin fazla açılması, şarj edilecek patlayıcı madde miktarını artırır ve patlayıcı madde, yani patlatma sonrası açığa çıkacak enerji daha derine gömülmüş ve fazla yüke maruz kalacak olduğundan ve bu enerji delik dibindeki yükün parçalanması ve ötelenmesine yetmeyeceği için yer sarsıntısı hız seviyesini artırır ve bir sonraki basamak yüzeyini bozarak delik delinmesini güçleştirir.

$$U = 0,3 \times B_{\max} \text{ (m)}$$

4.1.5. Delik Boyu

Delik boyu, basamak üst kotundan itibaren, dip delgi mesafesi dâhil, delinen bir delik için toplam uzunluğu ((**H**, (**m**)) ifade eder (**Şekil 1**). Delikler açılırken mümkün olduğu kadar doğrusal ve sapma yapmadan açılması büyük önem arz etmektedir. Eğer eğimli bir delik deliniyorsa trigonometrik olarak ek uzunluk hesaplanmalıdır.

$$H = (K+U) \times k \quad (\text{m}) \quad K = \text{Basamak Yüksekliği (m)}$$

$$U = \text{Dip Delgi (m)}$$

$$k = \text{Trigonometrik katsayı}$$

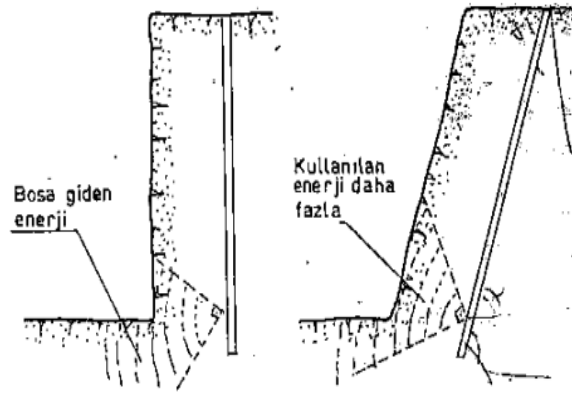
Farklı delik eğimlerine göre delik boyu (H) hesabı yapılırken, delik eğimlerine göre ek uzunluk (k) katsayısı aşağıda **Tablo 7**'de verilen değerler ile hesaba dâhil edilir.

Tablo 7. Delik eğimine göre delik boyu hesaplamada kullanılan “k” katsayıları

Eğim ve Açısı	Dik (90°)	10/1 (84°)	5/1 (79°)	4/1 (76°)	3/1 (62°)	2/1 (63°)	1/1 (45°)
k	1.0	1.005	1.02	1.03	1.05	1.12	1.41

Genel olarak, eğimli delik kullanımının, geri çatlak, kaya fırlaması ve yer sarsıntısı gibi olumsuzlukları azaltması yanı sıra, patlatmanın verimliliğini artırdığı ve tırnak sorununu giderdiği pek çok araştırmacı tarafından gözlenmiştir.

Öte yandan çok sağlam kayalar için eğimli deliklerin olumlu sonuçlar verebileceği çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir. Bu durum aşağıda verilen **Şekil 2**'den anlaşılabilir.



Şekil 2. Eğimli Delik ve Dik Delikte Oluşan Enerji Kayıplarının Karşılaştırılması

4.1.6. Delme Hatası

Delme Hatası ((**E**, (**m**)) delik ağzını konumlandırmada operatör hatası ve delik ağzından itibaren deliğin dibine kadar açılan mesafede delgi işlemi esnasında formasyondan veya operatörden kaynaklı yaşanan sapma toplamı olarak ifade edilebilir. Sağlıklı bir patlatma yapılabilmesi için delme hatası hesaplamaları mutlaka yapılmalı, bulunan hata değeri azami yük mesafesinden düşürülmelidir. Başarılı bir patlatma için delme hatası hesabı mutlaka yapılmalıdır. Delgi işlemi sırasında az da olsa deliğin sapması kaçınılmazdır. Delici makina operatörünün tam istenilen noktaya matkap ucunu konumlandırması ve hatasız bir şekilde delik delmesi çok mümkün olmamaktadır. Milimetre birimi ile ölçülen delik çapının 1000'e bölümü ile elde edilen değer kadar delik ağzı konumlama hatası ile deliğin metre birimi ile ölçülen toplam boyunun %3'ü kadar delgi işlemi sırasında deliğin doğrusalıktan sapması sonucu delik dibinin hedeflenen yerden kaçmasının toplamı olan delme hata payı kabul edilebilir bir sapmadır. Delgi hatası hesaplaması yapılırken aşağıdaki formülden yararlanılır.

$$E = \left(\frac{d}{1000} \right) + 0,03 \times H \quad (m)$$

d = Delik Çapı (mm)

H = Delik Boyu (m)

4.1.7. Uygulama (Gerçek) Yük Mesafesi

Uygulama (Gerçek) yük mesafesi (**B**, (m)), basamak aynası dibi ile ilk sırada yer alan deliklerin dibi arasında veya sonraki delik sıraları arasında (deliklerin dipleri arasında, ayna yönünde) kalan kaya kütlesi kalınlığı olarak tanımlanabilir. Delgi dizisi eğilmesi, Operatör kusuru ve jeolojik sebepler kaynaklı delme hatası (**E**) kaçınılmaz olduğundan, (delme hatası düşülmeksizin) uygulamada doğrudan azami yük mesafesi (**B_{max}**) kullanılması halinde başarılı bir patlatma yapılması mümkün olmaz. Patlatmanın başarısı, ancak ve ancak deliklerin tasarımda belirlenen düzende delinmesi ile mümkündür. Bunu sağlamak için delikler delinmeden önce, basamak üst yüzeyinde tasarımda belirtildiği şekilde metre ile ölçülüp deliklerin yerleri işaretlenmelidir.

Şayet delik önde (aynaya yakın) delinir ve sapma da ön tarafa (aynaya) doğru olursa, 1.sıradaki delik için **B_{max}** değerinden küçük bir yük mesafesi ve ikinci (arka) sıradaki delik için **B_{max}** değerinden daha büyük bir yük mesafesi oluşabilecektir. Ayrıca bu durumun, 1.sıra delikler için özgül şarjı ((**q**, (**kg/m³**)) ve özgül delmeyi ((**m**, (**m/m³**)) artıracığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Birinci sıra deliklerde özgül şarj artışı, hava şoku ve taş savrulması riski yaratabilir. Bu durumun aksi söz konusu olur ve 1. sıradaki delik dibi arkaya (aynadan uzağa) düşer ve **B_{max}** değeri hesap edilenden uzun olursa, tabanda sert ve yeterince parçalanmamış bir kısım (tırnak) kalması ve ayrıca olağandan daha yüksek zemin titreşim hızı oluşması kaçınılmaz olacaktır. Patlatmanın verimi açısından delme maliyetinden fedakârlık edilerek en kötü durumla karşılaşılacağı varsayılmış ve uygulamada delik dibi ile ayna dibi arası uzunluğun (yük mesafesinin) hesabı için Olofsson tarafından aşağıdaki formül önerilmiştir (Olofsson, 1988).

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{\max} - \mathbf{E} \quad (\text{m})$$

4.1.8. Delikler Arası Mesafe

Aynı sırada yer alan deliklerin arasındaki mesafedir (**S**, (m)) (**Şekil 1**). Genel bir kabul ile gerçek yük mesafesinin (**B**) 1 ile 1,5 katı arasında yer alan bir değerdir. Bu da normal koşullarda 1,25 ortalama değer olarak kullanılır. Dolayısı ile delikler arası mesafe ile uygulama (gerçek) yük mesafesi arasında oransal bir ilişki kabul görmüştür. Delikler arası mesafe patlatma tasarımında önemli parametrelerden biridir. Delikler arası mesafe aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$\mathbf{S} = 1,25 \times \mathbf{B} \quad (\text{m})$$

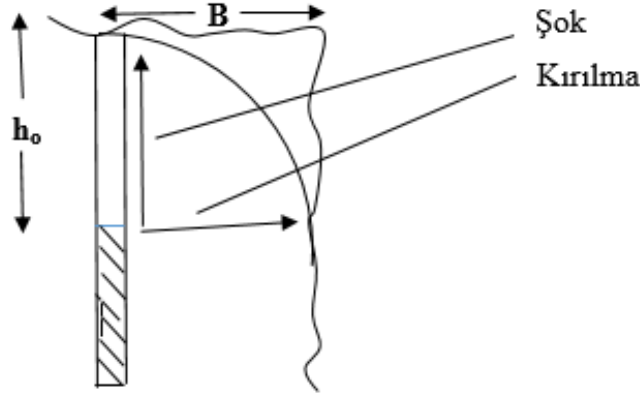
$$\mathbf{B} = \text{Uygulama (Gerçek) Yük Mesafesi (m)}$$

4.1.9. Sıkılama Boyu

Sıkılama boyu ((**h_o**, (m)), (**Şekil 1**) deliklerin ağzına yakın üst kısmında en az dilim kalınlığına eşit uzunluktaki bölümün, patlayıcı madde ile doldurulmayıp, genel olarak delik çapının %10'u büyüklüğünde kırma taş veya küçük çaplı deliklerde 4-9 mm boyutlarında kırma taş ile doldurularak patlayıcı maddelerin infilak etmesi sonucu açığa çıkan enerjinin kayaç içerisinde muhafaza edilmesi ve (patlayıcının kaya içerisinde yeterince hapsedilmesi ve delik ağzından taş savrulmasının önlenmesi için) sıkılanması gereken mesafe olarak ifade edilebilir. Sıkılama verimli bir patlatma için olmazsa olmaz parametrelerden biridir.

Sıkılama aynı zamanda taş savrulmaları ile hava şoku ve gürültü oluşumunun önlenmesinde en önemli faktördür. Patlayıcı maddenin infilakı sonucu ortaya çıkan enerjinin yüke (kayaya) yöneltilmesi ve istenilen şekilde bir parçalanma meydana gelmesi için patlatma deliklerinin kırma taş kullanılarak sıkılanması önerilmektedir. Sıkılama mesafesi basamak dibindeki uygulama (gerçek) yük mesafesine (**B**) eşit alınır (**Şekil 3**).

$$h_o = B \text{ (m)}$$



Şekil 3. Sıkılama Boyu ve Gerçek Yük Mesafesi İlişkisi

Yukarıdaki formüller kullanılarak gerçek yük mesafesi (**B**), delikler arası mesafe (**S**) ve basamak boyu (**K**) parametreleri kullanılarak **bir delikten elde edilen hacim** ($V_d, (m^3)$) hesabı yapılır. Bir delikten elde edilen hacim (V_d) ve o deliğe konulan patlayıcı madde miktarı, özgül şarj (**q**) değerinin hesaplanması için gereken en önemli parametredir. Bir delikten elde edilen hacmin hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılır.

$$V_d = B \times S \times K \quad (m^3) \quad \begin{array}{l} B = \text{Gerçek Yük Mesafesi (m)} \\ S = \text{Delikler Arası Mesafe (m)} \\ K = \text{Basamak Boyu (m)} \end{array}$$

4.1.10. Özgül Delme

Özgül Delme ($b, (m/m^3)$), $1 m^3$ kaya kazısı için delinmesi gereken delik uzunluğu olarak tanımlanır. Patlatılacak birim kaya hacmi başına delik delme maliyetinin hesaplanmasında kullanılan bir parametredir. Özgül delme hesabı yapılırken aşağıdaki formül kullanılır. Patlatma tasarımını ekonomik olarak gerçekleştirebilmek adına özgül delme hesabının mutlaka yapılması gereklidir.

$$b = H / (V_d) \text{ (m/m}^3\text{)} \quad \begin{array}{l} H = \text{Delik Boyu (m)} \\ V_d = \text{Bir Delikten Elde Edilen Hacim (m}^3\text{)} \end{array}$$

4.1.11. Dip Şarj Boyu

Dip şarj boyu ($h_b, (m)$), delik dip kesiminde patlayıcı madde şarj edilen kısmın uzunluğu olarak ifade edilir (**Şekil 1**). Olofsson, kayacın kırılıp parçalanması işleminin delik dibinde oldukça güç, delik kolonunda ise nispeten daha kolay olduğunu bildirmektedir.

Olofsson “Dip şarjı” ve “Kolon şarjı” olarak delik içerisinde iki farklı yoğunluk ve uzunlukta patlayıcı doldurulacağını kabul ederek hesap yöntemini oluşturmuştur. Pratikte delik dibinde ve delik kolonunda patlayıcı miktarları hesap edilirken (Q_b , Q_c , Q_{top}) Olofsson’un bu kabulü dikkate alınabilir. Ancak günümüzde basamak patlatmalarında delik dibinde ve delik kolonunda ağırlıklı olarak aynı tip patlayıcı kullanılmaktadır. Dip şarj boyu (h_b) hesabı yapılırken aşağıdaki formül kullanılır (Olofsson, 1988).

$$h_b = 1,3 \times B_{max} \text{ (m)} \quad B_{max} = \text{Azami Yük Mesafesi (m)}$$

4.1.12. Dip Şarj Yoğunluğu ve Miktarı

Dip şarj miktarı (Q_b , (kg)), delik dip kesimine doldurulan yüksek yoğunluklu ve güçlü patlayıcı madde miktarı olarak ifade edilir. Basamak patlatmalarında delik dibinde, delik kolonuna göre kırılması güç bir alan bulunmaktadır. Bu bölgede bulunan kaya kütlelerini kırıp öteleyebilmek için daha çok patlayıcı enerjisine ihtiyaç duyulur. Olofsson patlayıcı maddelerin deliğe dip şarjı ve kolon şarjı olarak iki bölüm halinde şarjını temel almaktadır. Bu nedenle delik dibine daha yüksek yoğunluklu veya güçlü patlayıcı (dip şarj) doldurulmasını önerir. Kolon bölümünde (basamak boyu orta-üst kesiminde) daha serbest ve parçalanabilir bir alan bulunduğundan bu kısma daha düşük yoğunlukta (daha az miktarda) patlayıcı madde şarj yapılmasını önerir. Ancak günümüzde basamak patlatmalarında delik dibinde ve delik kolonunda ağırlıklı olarak aynı tip patlayıcı kullanılmaktadır (Olofsson, 1988).

Dip şarj miktarı hesabı yapılırken dip şarj yoğunluğuna (I_b , (kg/m)) ihtiyaç duyulmaktadır. Dip şarj yoğunluğu, 1 metre deliğe düşen patlayıcı madde miktarı olarak ifade edilir. Dip şarj miktarının (Q_b) hesabı yapılırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$Q_b = I_b \times h_b \text{ (kg)} \quad I_b = \text{Dip Şarj Yoğunluğu (kg/m)}$$

$$h_b = \text{Dip Şarj Boyu (m)}$$

4.1.13. Kolon Şarj Yoğunluğu

Delikin orta ve üst bölümlerinde kayanın parçalanıp ötelenmesi nispeten daha kolaydır. Bu nedenle deliğin bu bölümüne (dip şarj ile sıkılama arası) daha düşük yoğunlukta (dip şarjın yoğunluğunun yaklaşık %50’si) patlayıcı madde doldurulması önerilir.

Dolayısı ile kolon şarjı (I_c , (kg/m)) dip şarjın üzerine delik boyunca doldurulan düşük yoğunluklu patlayıcı olarak tanımlanabilir. Kolon şarjı (I_c) hesaplaması aşağıdaki formül kullanılarak yapılır.

$$I_c = \%40 - \%60 \times I_b \text{ (kg/m)} \quad I_b = \text{Dip Şarj Yoğunluğu (kg/m)}$$

Dip şarjda daha yoğun ve güçlü patlayıcı maddenin kullanılmadığı, tüm delik şarjının aynı tip patlayıcı ile şarj edilmesi durumunda $I_c = I_b$ olarak alınır.

4.1.14. Kolon Şarj Boyu

Kolon şarj boyu (h_c , (m)), dip şarj ile sıkılama arasına yerleştirilen patlayıcı madde şarjının uzunluğu olarak tanımlanır (Şekil 1). Kolon şarj boyunun (h_c) hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılır.

$$h_c = H - h_b - h_o \text{ (m)}$$

H = Delik Boyu (m)

h_b = Dip Şarj Uzunluğu (m)

h_o = Sıkılama Mesafesi (m)

Not: h_o = B (Gerçek Yük Mesafesi)

4.1.15. Kolon Şarj Miktarı

Kolon şarj miktarı ((**Q_c**, (**kg**)), dip şarjın üzerine sıkılamanın yapılacağı yere kadar şarj edilen patlayıcı madde miktarıdır. Kolon şarj (**Q_c**) miktarı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$Q_c = l_c \times h_c \text{ (kg)}$$

l_c = Kolon Şarj Yoğunluğu (kg/m)

h_c = Kolon Şarj Boyu (m)

4.1.16. Toplam Şarj Miktarı

Toplam şarj miktarı ((**Q_{top}**, (**kg**)) delik boyunca şarj edilen toplam patlayıcı madde miktarıdır. Yani kolon şarj miktarı (**Q_c**) ile dip şarj miktarının (**Q_b**) toplamı toplam şarj miktarını vereceği aşikârdır. Toplam şarj miktarı, bir delikte kullanılacak patlayıcı maddenin özgül şarjının hesabında kullanılacaktır. Toplam şarj miktarının hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılır.

$$Q_{top} = Q_b + Q_c \text{ (kg)}$$

Q_b = Dip Şarj Miktarı (kg)

Q_c = Kolon Şarj Miktarı (kg)

4.1.17. Özgül Şarj

Özgül şarj ((**q**, (**kg/ m³**)), 1 m³ kaya kazısı için kullanılması gereken en az patlayıcı madde miktarı olarak ifade edilir. Buraya kadar olan kısımlarda basamak patlatmasında yer alan parametrelerin nasıl hesaplandığına yönelik gerekli açıklamalar ve formüller anlatılmıştır.

Özgül şarj hesaplanırken, belirlenen patlayıcı madde miktarı (patlatma parametreleri) kayaç yapısına veya yapılan patlatmanın amacına bağlı +/- % 20 oranında toleranslı olarak ihtiyaç raporuna yazılabilir. Böyle bir durumda, ihtiyacın gerekçesi ihtiyaç raporunda özel durum olarak belirtilmelidir.

Son olarak toplam şarj miktarı (**Q_{top}**), yukarıda yer alan parametreler kullanılarak hesaplanan bir delikten elde edilen hacime (**V_d**) bölünerek özgül şarj hesabı yapılacağı anlatılmıştır. 1 m³ kaya kazısı için kullanılması gereken patlayıcı madde miktarının hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılmaktadır.

$$q = Q_{top} / (V_d) \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Q_{top} = Toplam Şarj Miktarı (kg)

V_d = Bir Delikten Elde Edilen Hacim (m³)

5. PATLAYICI MADDE MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

5.1. Yemleme Miktarının Belirlenmesi

Yemleyici ((**Y**, (**kg**)), ana şarjın doğru ve verimli bir şekilde (kalıcı/kararlı hal hızında) patlatılabilmesi için uygun boyut, miktar ve özelliklerde seçilmelidir. Patlatma sahasında özel koşullar bulunmadığı sürece (uygun yemleme şartları mevcutsa) pratik olarak delikte kullanılan ana şarj miktarının 1/50'si ile 1/25'i kadar kullanılması yeterli olacaktır. Çalışma sahasında özel koşullar mevcut ise ihtiyaç raporunun özel durum açıklamaları bölümünde belirtilerek sahaya uygun yemleyici miktarı rapora yazılabilir.

Özel uygulamalarda (Ön Kesme, vb.) veya sarsıntı kontrolü amacıyla delik içerisinde birden fazla yemleme kullanılacaksa, **Ek-1**'de yer alan yerüstü patlatmaları için oluşturulan ihtiyaç raporuna, yemleyici patlayıcı maddenin cinsinin belirtildiği kısımda toplam miktara eklenerek, bu durum açıklamalar bölümünde belirtilir.

$$Q_{\text{top}} \times (1/50) \leq Y \leq Q_{\text{top}} \times (1/25) \quad (\text{kg})$$

Özel uygulamalarda (Örneğin karayolu inşaatında veya sarsıntı kontrolü amacıyla, 3 m, 5 m vb.) kısa deliklerde, delik içerisinde 3 kg veya 5 kg gibi düşük miktarda patlayıcı madde (örneğin ANFO) kullanılacaksa, yukarıdaki formül dikkate alınmaz, her delik için mutlaka 0,5 kg'lık bir adet yemleme dinamiti kullanılır.

5.2. Delik İçi Kapsül Sayısı

Yemleme dinamitini ateşlemek üzere her patlatma deliği için en az 1 adet (elektrikli, elektriksiz veya elektronik) kapsül ((**K**_{delik içi}, (**adet**)) kullanılır. Özel uygulamalarda veya sarsıntı kontrolü amacıyla delik içerisinde birden fazla yemleme kullanılacaksa, **Ek-1**'de yer alan yerüstü patlatmaları için oluşturulan ihtiyaç raporuna, elektriksiz kapsülün belirtildiği kısımda toplam miktara eklenerek, bu durum açıklamalar bölümünde belirtilir.

$$K_{\text{delik içi}} = \text{Delik Sayısı}$$

5.3. Yüzey Bağlantı Kapsül Sayısı

Her patlatma deliği için 1 adet yüzey bağlantı kapsülü (**K**_{yüzey}, (**adet**)) kullanılır. Bu yöntem, atım yönünün arzulanan yöne yönlendirilmesi, herhangi bir kapsülün arızalı çıkması halinde atımın kesilmemesi için tarak düzeninde ateşlemeye daha uygun olması gibi sebeplerle hararetle önerilir. Bir başka deyişle delik içi ve yüzey kapsülünün ayrı ayrı kullanılması daha uygundur. Delik içi ve yüzey bağlantı kapsülü ayrı ayrı kullanılacaksa (ikili/dual kapsül kullanılmayacaksa) aşağıda verilen formüle göre ihtiyaç saptanır;

$$K_{\text{delik içi}} = \text{Delik Sayısına eşit sayıda}$$

$$K_{\text{yüzey}} = \text{Delik Sayısına eşit sayıda}$$

Yüzey bağlantılı delik içi (ikili/dual) kapsül kullanılacaksa;

$$K_{\text{yüzey bağlantılı delik içi kapsül}} = \text{Delik Sayısına eşit sayıda}$$

$$K_{\text{yüzey}} = \text{Delik Sayısı} \times 0,10 \quad (\text{ateşlemenin sıralar arasında aktarılması için})$$

NOT: Her delikte 1 adet delik içi kapsül ve 1 adet yüzey bağlantı kapsülü beraber kullanılır **veya** her delikte sadece 1 adet yüzey bağlantılı delik içi (ikili/dual) kapsülü kullanılır. Bununla birlikte yüzey bağlantılı delik içi (ikili/dual) kapsül kullanıldığı durumlarda, ateşlemenin sıralar arası geçişi için farklı gecikmelerde yüzey bağlantı kapsülü kullanılacaksa, sıra sayısı patlatmalara göre değişiklik göstereceğinden, uygulamada delik sayısının %10'u kadar alınması genelde yeterli olmaktadır.

(Delik sayısı x 0,10)

Diğer yöntemde(delik içi ayrı, yüzey ayrı) ise 100 deliklik bir patlatma grubu için 100 adet delik içi elektriksiz kapsül ve 100 adet yüzey bağlantı kapsülü kullanılır. Ancak, kapsülün arızalı çıkması, kapsül şok tüpünün fırlayan taş ile kesilmesi (atım kesilmesi) gibi herhangi bir aksaklık ihtimali gözönüne alınır ve 100'er adet yerine yedekleri ile birlikte 105 (+%5) veya en çok 110 (+%10) adet yüzey kapsülü ve delik içi kapsülü istenebilir.

Şayet 100 delikten oluşan bu patlatmada yüzey bağlantılı delik içi (ikili/dual) kapsül kullanılacak ise, 100 adet yüzey bağlantılı delik içi kapsül (ikili/dual) ve ateşlemenin sıralar arası geçişi için en çok %10 fazla (+%10) yüzey bağlantı kapsülü kullanılması yeterli olacaktır.

5.4. Başlatıcı Kapsül

Her patlatmada 2 adet (1 adedi yedek) elektrikli/elektriksiz/elektronik kapsülün veya elektriksiz tehlike durumlarında emniyet açısından 2 adet tahrip kapsülü ile yeterince emniyetli fitil kullanılması pratik olarak yeterlidir.

Ön kesme uygulamalarında infilaklı fitil kullanılması durumunda, ihtiyaç duyulan infilaklı fitil ve kapsüle duyarlı patlayıcı miktarları toplam miktara eklenir ve bu durum ihtiyaç raporunun açıklamalar bölümünde belirtilir.

Yukarıda hesaplanan veriler ve kullanılan parametreler, bu Kılavuzun **Ek-1**'inde yer alan Yerüstü Patlatmaları İçin İhtiyaç Raporu kısmına yazılır.

6. ÖRNEK PATLATMA TASARIMI

Veriler:

Kayaç cinsi	: Kireç taşı
Basamak yüksekliği (K)	: 10 m
Delik çapı (d)	: 89 mm
Delik eğimi	: 90° (Delik düşey, Tablo 4 'ten $R_1 = 0,95$)
Kaya sabiti (c)	: 0,35 (Tablo 5 'ten, orantı kurarak $R_2 = 1,075$)
Patlayıcı madde cinsi	: ANFO
Delik durumu	: Kuru

Parametreler:

1- Tasarım yükü, Tablo 2'de yer alan patlayıcı madde şarj yoğunluklarından ANFO ve 89 mm delik çapı için delik içi şarj yoğunluğu (I_b) = 5 kg/m olarak alındığında,

$B_{max} = 1,36 \sqrt{I_b R_1 R_2}$ formülü kullanılarak tasarım yükü (azami yük) hesaplanır.

$$B_{\max} = 1,36 \times \sqrt{5} \times 0,95 \times 1,075$$

$B_{\max} = 3,10 \text{ m}$ olarak hesaplanır. (3,1056 aşığı yuvarlatılmıştır)

- 2- Bulunan tasarım yükü (B_{\max}) değeri kullanılarak **dip delgi (U)** hesabı yapılır,

$U = 0,3 \times B_{\max}$ formülü kullanılarak dip delgi hesabını yapalım.

$$U = 0,3 \times 3,10$$

$U = 0,93 \text{ m}$ olarak hesaplanır.

- 3- Madende uygulanan basamak boyu (yüksekliğı) (K) ve $U=0,3 \times B_{\max}$ formülü ile bulunan dip delgi boyu ile farklı delik eğimlerine göre **Tablo 7**'de verilen ek uzunluk katsayısı (k), 90^0 (düşey) delik için 1,0 alınarak **delik boyu (H)** hesabı yapılır.

$H = k \times (K + U)$ formülü kullanılarak delik boyu hesabı:

$$H = 1,0 \times (10 + 0,93)$$

$H = 10,93 \text{ m}$ hesaplanır.

- 4- Başarılı bir patlatma yapılabilmesi amacıyla “Delme Hatası” hesabının yapılması gerektiğinden, $E = \left(\frac{d}{1000}\right) + 0,03 \times H$ formülü kullanılarak, 89 mm delik çapı ve 10,93 m delik boyu değerleri formülde yerine konarak **delme hatası (E)** hesabı yapılır,

$$E = \left(\frac{89}{1000}\right) + 0,03 \times 10,93$$

$E = 0,42 \text{ m}$ hesaplanır. (0,4169 değeri yukarı yuvarlanarak 0,42 alınmıştır)

- 5- Bulunan delme hatası değerini azami yük mesafesinden (B_{\max}) çıkararak uygulanacak **gerçek yük mesafesinin (B)** hesabı yapılır,

$$B = B_{\max} - E$$

$$B = 3,10 - 0,42$$

$B = 2,68 \text{ m}$ uzunlukta bir gerçek yük mesafesi değeri bulunur.

- 6- **Şekil 3**'te gerçek yük mesafesi ile sıkılama boyu arasındaki ilişki gösterilmiş olup, bu doğrultuda sıkılama boyu (h_0) gerçek yük mesafesine eşit ve aynı değerde alınacaktır.

$$h_0 = B$$

$h_0 = 2,68 \text{ m}$ olarak alınır.

- 7- Patlatma delik düzeninin tamamlanması için diğeri bir tasarım parametresi olan **delikler arası mesafenin (S)** hesabı yapılır. Olofsson, delikler arası mesafenin gerçek yük mesafesinin ortalama 1,25 katı olması gerektiğini söylediğinden, bu doğrultuda,

$$S = 1,25 \times B$$

$$S = 1,25 \times 2,68$$

$$S = 3,35 \text{ m olarak hesaplanır.}$$

Yukarıda yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen patlatma tasarım parametreleri aşağıda özetlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak özgül şarj hesabı yapılabilir.

B_{max} (Tasarım Yüğü veya Azami Yüğü)	: 3,10 m
U (Dip Delgi)	: 0,93 m
H (Delik Boyu)	: 10,93 m
E (Delme Hatası)	: 0,42 m
B (Gerçek Yüğü Mesafesi)	: 2,68 m
h_o (Sıkılama Mesafesi)	: 2,68 m
S (Delikler Arası Mesafe)	: 3,35 m

Yukarıda özetlenen tasarım parametreleri kullanılarak delik başına gerekli olan patlayıcı madde miktarlarının hesapları yapılır,

- 8-** Öncelikle delik dibine konulacak patlayıcı madde miktarının hesabının yapılabilmesi için **dip şarj uzunluğu (h_b)** hesabının yapılması gerekmektedir.

$$h_b = 1,3 \times B_{max}$$

$$h_b = 1,3 \times 3,$$

$$h_b = 4,03 \text{ m dip şarj uzunluğu hesaplanır. (yukarı yuvarlatılarak 4,05 alınabilir)}$$

- 9-** Delik içi şarj yoğunluğu ve dip şarj uzunluğu kullanılarak delik dibinde kullanılacak yüksek yoğunluklu/güçlü patlayıcı (**dip şarj miktarı (Q_b)**) miktarı hesaplanır.

(ANFO için 89 mm delik çapında delik içi şarj konsantrasyonu (**l_b**) **Tablo 2**'de 5 kg/m olarak verilmektedir)

$$Q_b = l_b \times h_b$$

$$Q_b = 5 \text{ kg/m} \times 4,05 \text{ m}$$

$$Q_b = 20,25 \text{ kg olarak hesaplanır.}$$

- 10-** Ülkemizde delik kolon kesiminde delik dip kısmındaki ile aynı özellikte ANFO kullanıldığından, kolon şarj dolun yoğunluğu (**l_c**) düşürülemez, dolayısı ile kolon şarj yoğunluğu ile dip şarj yoğunluğu eşit olarak alınır. (**l_c = l_b**). Olofsson, teorik olarak kolon kesiminde dip şarj yoğunluğunun yaklaşık %40 ila %60 arasını önermekte ve bunun ortalaması olarak %50'lik bir oran esas alındığı takdirde,

$$l_c = 0,5 \times 5,0$$

$$l_c = 2,5 \text{ kg/m olarak kolon şarj yoğunluğu hesaplanır.}$$

Ancak yukarıda da belirtildiği gibi uygulamada kolonda da, dipte de aynı cins patlayıcı ve eşit şarj yoğunluğu uygulandığından,

$l_c = l_b = 5$ kg/m alınarak toplam şarj miktarının (Q_{top}) hesabı yapılacaktır.

- 11- Kolon şarj miktarının (Q_c) hesabı için lazım olan bir diğer parametrede kolon şarj yüksekliğidir (h_c). Yukarıda da belirtildiği üzere sıkılama boyu (h_o) ve gerçek yük mesafesi (B) arasında ilişki $h_o = B$ olarak alındığında kolon şarj yüksekliği,

$$h_c = H - h_b - h_o$$

$$h_c = 10,93 - 4,05 - 2,68$$

$$h_c = 4,20 \text{ m}$$
 olarak hesaplanır.

- 12- Son olarak kolon şarj miktarının hesabı yapılarak, hesaplanan bu değere dip şarj miktarını ekleyerek toplam şarj miktarı hesabı yapılacaktır.

$$Q_c = l_c \times h_c$$

$$Q_c = 5 \text{ kg/m} \times 4,20 \text{ m}$$

$$Q_c = 21,0 \text{ kg}$$
 kolon boyuna şarj edilecek patlayıcı madde miktarı bulunur.

- 13- Yukarıda anlatıldığı üzere dip şarj ve kolon şarj miktarları toplanarak toplam şarj miktarı hesaplanır.

$$Q_{top} = Q_b + Q_c$$

$$Q_{top} = 19,75 + 21,70$$

$$Q_{top} = 41,25 \text{ kg/delik}$$
 olarak hesaplanır.

Bölüm 5.1'de yemleyici (dinamit) miktarının, pratik olarak delikte kullanılan ana şarj miktarının 1/50'si ile 1/25'i oranında kullanılmasının yeterli olacağından bahsedilmiştir.

$$Q_{top} \times (1/50) \text{ bir delik için yemleyici miktarını verecektir.}$$

$$\text{Yemleyici miktarı takribi } Y = 1 \text{ kg}$$
 olarak belirlenebilir.

- 14- “Özgül Tüketimlerin” hesabı aşağıdaki gibi yapılır;

Bir Delikten Elde Edilen Hacim (V_d)

$$V_d = B \times S \times K$$

$$V_d = 2,68 \times 3,35 \times 10$$

$$V_d = 90,00 \text{ m}^3 \quad (89,78 \text{ m}^3 \text{ 90'a yuvarlanmıştır})$$

Özgül delik(b);

$$b = H / (V_d)$$

$$b = 10,93 \text{ m} / 90 \text{ m}^3$$

$$b = 0,12 \text{ m/m}^3 \quad (0,1214 \text{ m/m}^3 \text{ 0,12'ye yuvarlanmıştır})$$

Özgül şarj (q);

$$q = Q_{top} / (V_d)$$

$$q = 41,25 \text{ kg} / 90 \text{ m}^3 = 0,458 \text{ kg/m}^3$$

ÖNEMLİ NOT: Kalker için kaya katsayısı $c = 0,350$ kabul edildiği halde özgül şarj $0,458 \text{ kg/m}^3$ hesaplanmış olup yüksektir. Bu değer taş savrulması, yüksek hava şoku ve gürültü yaratabileceği düşünülür ise **Tablo 3**'te Türkiye jeolojisine göre az çatlaklı/masif "kalker" için önerilen $0,350 \text{ kg/m}^3$ değeri kabul edilir ise bir deliğe konulup gecikme başına ateşlenecek patlayıcı miktarı $Q_{\text{top}} = 90 \text{ m}^3/\text{delik} \times 0,350 \text{ kg/m}^3 = 31,50 \text{ kg}$ alınabilir. Uygulama yük mesafesi ($B = 2,68 \text{ m}$) ve delikler arası uzaklık ($S = 3,35 \text{ m}$) düzenini değiştirmeye gerek bulunmamaktadır. Ancak 89 mm çaplı delikte şarj yoğunluğu 5 kg/m olduğundan; $31,5 \text{ kg}$ patlayıcı delik içerisinde ($31,50 \text{ kg} / 5 \text{ kg/m} = 6,3 \text{ m}$) yükseklik oluşturacaktır. Buna göre, delik boyu $H = 10,93 \text{ m}$ olduğundan, geriye kalan sıkılama boyu ($h_0 = 10,93 \text{ m} - 6,3 \text{ m} = 4,63 \text{ m}$) olacaktır. Bu durum, kaya savrulması, hava şoku ve gürültü oluşmamasını kesin olarak önleyecek ancak, basamak üst kısımlarından iri parça (blok) çıkarabilecektir.

Özgül yemleyici (Y);

$$Y = (Y) / V_d$$

$$Y = 1 \text{ kg} / 90 \text{ m}^3 = 0,011 \text{ kg/m}^3$$

Özgül delik içi kapsülü ($K_{\text{delik içi}}$ Elektriksiz delik içi kapsül)

$$K_{\text{delik içi}} = (1/V_d)$$

$$K_{\text{delik içi}} = 0,011 \text{ ad/m}^3$$

Özgül yüzey kapsülü ($K_{\text{yüzey}}$ Elektriksiz yüzey bağlantı kapsülü);

$$K_{\text{yüzey}} = (1/V_d)$$

$$K_{\text{yüzey}} = 0,011 \text{ ad/m}^3 \text{ olarak hesaplanır.}$$

7. KAYA FIRLAMASI

7.1. Patlatma Kaynaklı Kaya Fırlaması/Taş Savrulması ve Tanımlar

Delme Patlatma terminolojisinde Kaya Fırlaması terimi, patlatma sonucu kırılan kaya kütlelerinden kopan kaya parçalarının atımdan önce patlatma bölgesi çevresinde oluşturulan güvenli bölgenin ötesine geçmesi olayını tanımlar. Güvenli bölge, sınırının dışındaki insanları ve makina, taşınmaz vb. diğer tüm unsurları korumak için oluşturulur ve içerisindeki her türlü makine/ekipman bu bölgenin dışına alınır. İnsanlar ve makineler için her işletmenin normal patlatmalardaki kaya hareketini dikkate alarak öngördüğü güvenli bölge sınırları vardır.

Patlatma sonucu oluşan kaya hareketi, atım türüne ve yerine göre çok değişiklikler gösterir. Bazı atımlar çok az pasa hareketine göre planlanırken (örneğin, cevher ile pasanın karışmasının istenmediği durumlarda) diğer bazı atımlar düşük pasa profili oluşturmak için daha fazla kaya hareketine göre tasarlanır ve uygulanır.

Patlatma tasarımı yapılırken, kaya fırlaması faktörü mutlaka dikkate alınmalı, muhtemel riskin anlaşılabilmesi ve kontrol altına alınabilmesi için mühendislik yaklaşımları kullanılmalıdır. Kaya fırlamasına neden olabilecek tüm bilinmeyen durumları tahmin etmek mümkün olmamakla birlikte, çok düşük risk derecesinde de olsa çoğu kez kaya fırlaması riski

sıfırlanamaz. Her ne kadar patlatma ekibinin şarjlama sırasındaki dikkatli ve titiz çalışması kaya fırlaması riskini kontrol altına almanın en önemli faktörü ise de tek başına yeterli değildir. Patlatma tasarımı aşamasında maksimum kaya fırlama mesafesi ile şarjlama şartları arasındaki ilişkiyi göz önünde bulunduran güvenilir bir kılavuz belge hazırlanmalıdır.

Kaya fırlamasının temel nedeni patlayıcının oluşturduğu enerji ile patlatmanın iş yapabilmesi için gerekli olan enerji arasındaki uyumsuzluktur. Bu uyumsuzluk iki yönlüdür; ya deliklere çok fazla enerji (patlayıcı miktarı) yüklenmiştir ya da yüklenen enerji normal olsa da yük mesafesi veya sıkılama boyu çok azdır veya basamak aynasında (ön yüzünde) açık çatlak, fay, kil damarları, karstik mağara, kayanın ileri seviyede ayrılmış/bozunmuş olması gibi jeolojik arızalar vardır. Kaya direncindeki ani düşüş (jeolojik zayıflıklar), aşırı şarj, delikler arası ve sıralar arasındaki yetersiz gecikmeler, uygun olmayan patlatma tasarımı ve hatalı delik delinmesi bu uyumsuzlukları oluşturur (**Tablo 8**).

Tablo 8. Kaya Fırlamasını Önlemek için Patlatmada Dikkate Alınması Gereken Unsurlar

Kaya Fırlaması/Taş Savrulmasına Sebep Olan Unsurlar
Jeolojik zayıflıklar
Patlatma tasarımı
Yük derinliği, delik çapı ve delik eğimi
İlgili personelin tecrübesi
Gecikme sistemi, özgül şarj, gecikme başına patlayıcı miktarı
Kullanılan patlayıcının cinsi ve miktarı
Kullanılan sıkılama malzemesinin cinsi ve sıkılamanın boyu

7.2. Güvenli Bölge

Güvenli mesafe/bölge; kaya fırlaması riskine karşı kişileri korumak için patlatma öncesinde tüm personelin belirli bir mesafe dışına çıkarılması (uzaklaştırılması) gereken alandır.

Asgari güvenlik mesafesi hesaplanan azami taş savrulması/kaya fırlaması mesafesinin en az 2 ile çarpılmasıyla bulunur (Olofsson, 1988) veya güvenli mesafe bulunurken;

Lundberg ve arkadaşları tarafından geliştirilen en kötü senaryo formülü ($L_{max} = 260 \times d^{2/3}$) de kullanılabilir. Bu formül kullanılarak bulunan mesafe patlatma öncesinde “güvenli mesafe” olarak kullanılabilir (Olofsson, 1988).

Güvenli mesafe teorik olarak hesaplandığından, patlatma yapılan formasyonda boşluklu yapılar, eski imalatlar vb. kontrol dışı faktörler nedeni ile artırılabilir veya kontrollü patlatmalarda bu patlatmaya özel güvenlik önlemleri alınması durumlarında bu mesafe düşürülebilir ve bu durum ihtiyaç raporunda özel durum açıklaması olarak belirtilir. Güvenli mesafenin tahmini ile ilgili bu hesaplamalar teorik hesaplamalar olması ve kontrol dışı faktörlerden dolayı herhangi bir kaza meydana gelmesi ihtimaline karşı, burada hesaplanan güvenli mesafe dışına da taş savrulabileceği bilinmelidir.

7.3. Kaya Fırlama Mesafesi Tahmin Denklemi - Ölçekli Gömme Derinliği (SDOB_m)

Her patlatma sahasında; doğru patlatma tasarım parametreleri, doğru gecikme süreleri ve doğru sıkılama malzemesi ile çalışılmalıdır.

Ek olarak, patlatma yapılan alanın jeolojisi hakkında bilgi sahibi olunmalı, delik delme öncesinde basamak aynası jeolojik zayıflık bulunup bulunmadığı bakımından incelenmeli ve patlatmayı gerçekleştiren personel bu konuda eğitilmelidir.

Yukarıda ve **Tablo 8**'de sayılan unsurlar dikkate alındığı takdirde ölçekli gömme derinliği (SDOB_m) yaklaşımı kullanılarak kaya fırlaması/taş savrulması kestirimi yapılabilir. Bu durumda önce Ölçekli Gömme Derinliği (SDOB_m) bulunur. Sonra, bulunan SDOB_m kullanılarak, Azami Kaya Fırlama / Taş Savrulma Mesafesi (L_{max}) hesaplanır.

7.3.1. Ölçekli Gömme Derinliği (SDOB_m)

$$SDOB_m = (l_s + (0,0005 \times m \times d)) / (0,00923 \times (m \times d^3 \times \rho_e)^{0,333})$$

Bu formülde;

SDOB_m: Patlayıcının gömme derinliği - Birimi: m/kg^{0,333}

l_s: Sıkılama boyu - Birimi: m

d: Delik çapı - Birimi: mm

ρ_e: Patlayıcı yoğunluğu - Birimi: g/cm³ (Hava yastıklı özel uygulamalar veya deliği tam doldurmayan paketli ürünler kullanıldığında etkin patlayıcı yoğunluğu kullanılır)

m: Katkıda bulunan patlayıcı kolon şarj uzunluğu (aşağıdaki eşitliğe ve nota bkz.)

NOT: **m**'nin azami değeri, delik çapı 100 mm'den küçük olduğunda 8 olarak alınır.

m'nin azami değeri, delik çapı 100 mm'den büyük veya eşit olduğunda 10 olarak alınır.

$$m_m = (1000 \times l_c) / d$$

m_m: katkıda bulunan patlayıcı kolon şarj uzunluğu (delik çapı cinsinden)

l_c: patlayıcı kolon şarj uzunluğu - Birim: m

d: Delik çapı - Birim: (mm)

7.3.2. Azami Kaya Fırlama / Taş Savrulma Mesafesi (L_{max})

$$L_{max} = 11 \times (SDOB_m)^{-2,167} \times d^{0,667}$$

8. ÖRNEK KAYA FIRLAMASI/TAŞ SAVRULMASI HESABI VE GÜVENLİ MESAFE TAYİNİ

Patlatma yapılacak saha çevresi için kaya fırlaması/taş savrulması mesafesi tahmini ve güvenli mesafenin bulunması.

Soru:

Patlatma yapılan taş ocağında delik çapı 89 mm, delik boyu 11 metredir. Ana patlayıcı olarak delik başına 42,5 kg ANFO kullanılmakta ve delik ağzı, sıkılamaya uygun kırma taş (3mm - 9mm) ile doldurulmaktadır.

Patlatma yapılacak saha çevresi için azami kaya fırlaması/taş savrulması mesafesi ve güvenli mesafeleri bulunuz.

Cevap:

Soruda patlayıcı şarj kolonu ve sıkılama boyları verilmediği için öncelikle toplam şarj kolonu ve sıkılama boyları bulunmalıdır.

Delige dökme halde doldurulan ANFO'nun 89 mm delik çapı için şarj yoğunluğu 5 kg/m'dir (**Tablo 2**).

ANFO'nun yoğunluğu 0,80 g/cm³'tür.

Bu durumda 42,5 kg ANFO için;

Kolon Şarj Boyu (**l_c**): 42,5 / 5 = 8,5 m

Sıkılama Boyu (**l_s**): 11 m - 8,5 m = 2,5 m

Katkıda bulunan kolon şarj uzunluğu **m_m** = (1000 x **l_c**)/**d** = ((1000 x 8,5)/89) = 96

Toplam şarj kolonu boyu/delik çapı oranı 96 olup 10'dan büyüktür. Ayrıca delik çapı 100 mm'den küçük (89 mm) olduğu için m = 8 olarak alınır.

Buna göre; Ölçekli Gömme Derinliği

$$\mathbf{SDOB_m} = (l_s + (0,0005 \times m \times d)) / (0,00923 \times (m \times d^3 \times \rho_e)^{0,333})$$

$$\mathbf{SDOB_m} = (2,5 + 0,0005 \times 8 \times 89) / (0,00923 \times (8 \times 89^3 \times 0,80)^{0,333})$$

$$\mathbf{SDOB_m} = 1,88 \text{ bulunur}$$

Ölçekli Gömme Derinliği Yaklaşımı (**SDOB_m**) kullanılarak bulunan Azami Taş Savrulma Mesafesi;

$$\mathbf{L_{max}} = 11 \times (\mathbf{SDOB_m})^{-2,167} \times d^{0,667}$$

$$\mathbf{L_{max}} = 11 \times 1,88^{-2,167} \times 89^{0,667}$$

$$\mathbf{L_{max}} = 56 \text{ metre bulunur.}$$

Verilen örnek için, taşların savrulabileceği mesafe 56 m hesaplanmıştır, tüm kişiler patlatma sahasından en az 56 m mesafe dışına mutlaka çıkarılmalıdır.

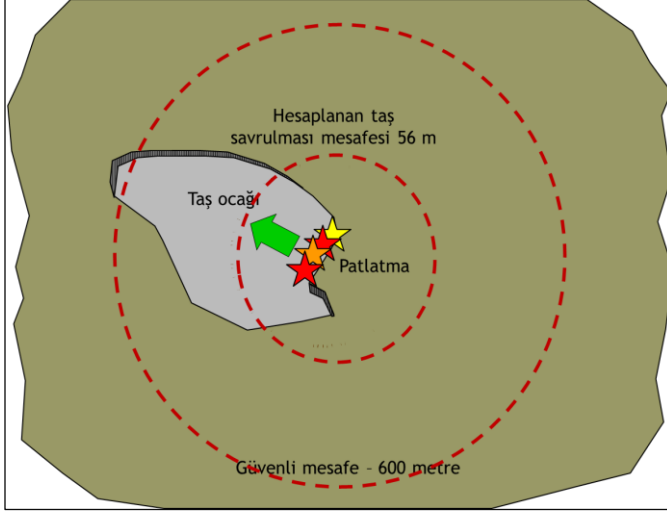
Güvenli mesafe bulunurken;

Lundberg ve arkadaşları tarafından geliştirilen en kötü senaryo ($L_{max} = 260 \times d^{2/3}$) formülünün kullanılması da uygun olacaktır.

$$d = 89 \text{ mm} = 89 \text{ mm}/25,4 \text{ mm/inç} = 3,5 \text{ inç}$$

$$L_{max} = 260 \times 3,50^{2/3}$$

$$L_{max} = 600 \text{ metre (Güvenli mesafe)}$$



Şekil 4. Patlatma yapılacak saha çevresi için hesaplanan taş savrulması mesafesi ve güvenli mesafe

Sonuç:

Patlatma sahası çevresinde oluşması muhtemel taş savrulması/kaya fırlaması mesafesi, Ölçekli Gömme Derinliği Yaklaşımı ile hesaplandığında 56 metre çıkmaktadır.

Bununla birlikte, saha koşulları/jeoloji, insan faktörü, olası tasarım hataları, delik sapmaları, ve benzeri öngörülemeyen olumsuzluklar kaya fırlaması risklerini arttırmaktadır. Bu nedenle en kötü senaryo için verilen $L_{max} = 260 \times d^{2/3}$ formülü kullanılarak bulunan 600 m mesafenin “güvenli mesafe” olarak belirlenmesi can ve mal kaybını kesin olarak önlemek adına önemlidir.

Hazırlanan ihtiyaç raporunda hesaplanan Azami Taş Savrulma Mesafesi (56 m) ve Güvenli Mesafe (600 m) ayrı ayrı yazılmalıdır.

Ayrıca, olası kaya fırlamaları kontrollü patlatma uygulamaları ile kontrol altına alınabilmektedir. Patlatma sahasında kontrollü/sakınlı patlatma uygulaması yapılması planlanıyorsa ihtiyaç raporunun özel açıklamalar bölümünde belirtilmelidir.

9. YERALTI PATLATMALARINI TASARIM KILAVUZU

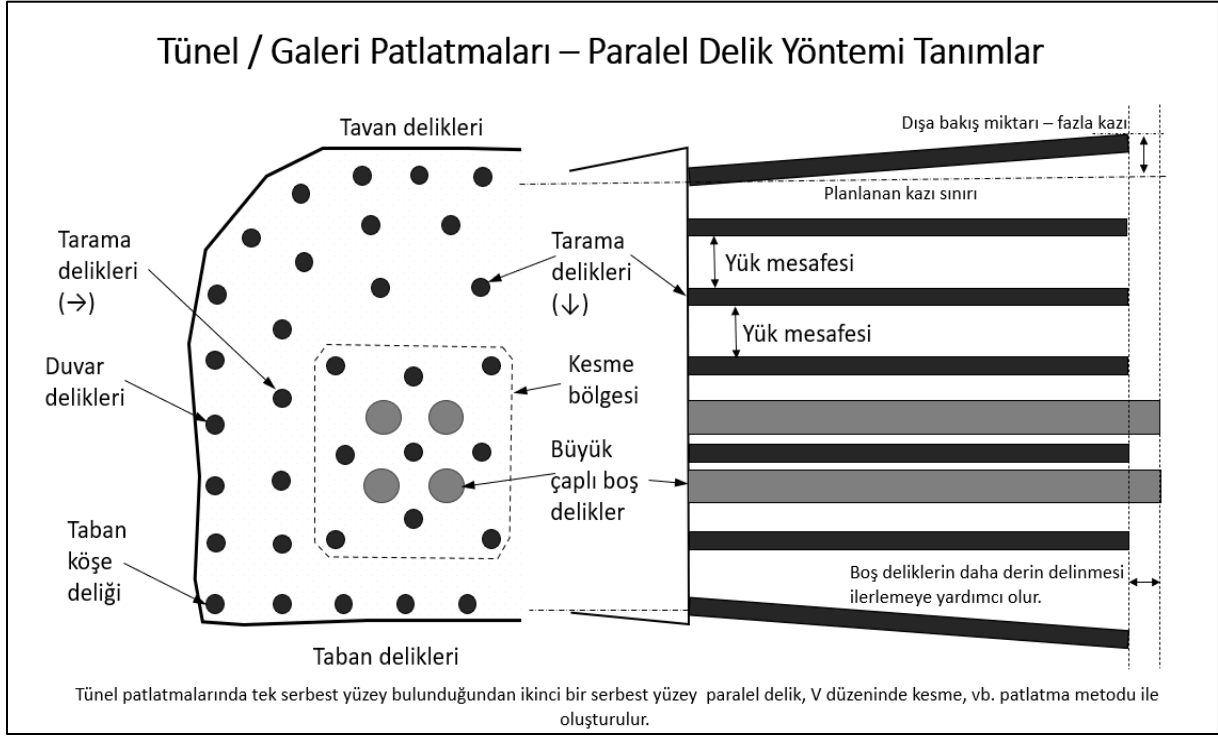
9.1. Delme Patlatma Özgül Tüketim Hesaplama Kılavuzu

Yer altı (tünel/galeri/metro) patlatmalarında kayayı parçalamak için gerekli özgül şarj (birim patlayıcı tüketimi, kg/m^3) yüzey patlatmalarına oranla çok daha yüksektir. Yeraltı patlatmalarındaki özgül şarj değerleri yüzey patlatmalarının 3 ila 10 katı arasında olabilir (Olofsson, 1988). Ülkemizde tünel/galeri patlatmalarında ağırlıklı olarak paralel delik ve v-kesme yöntemleri kullanılmaktadır (Şekil 5, Şekil 6).

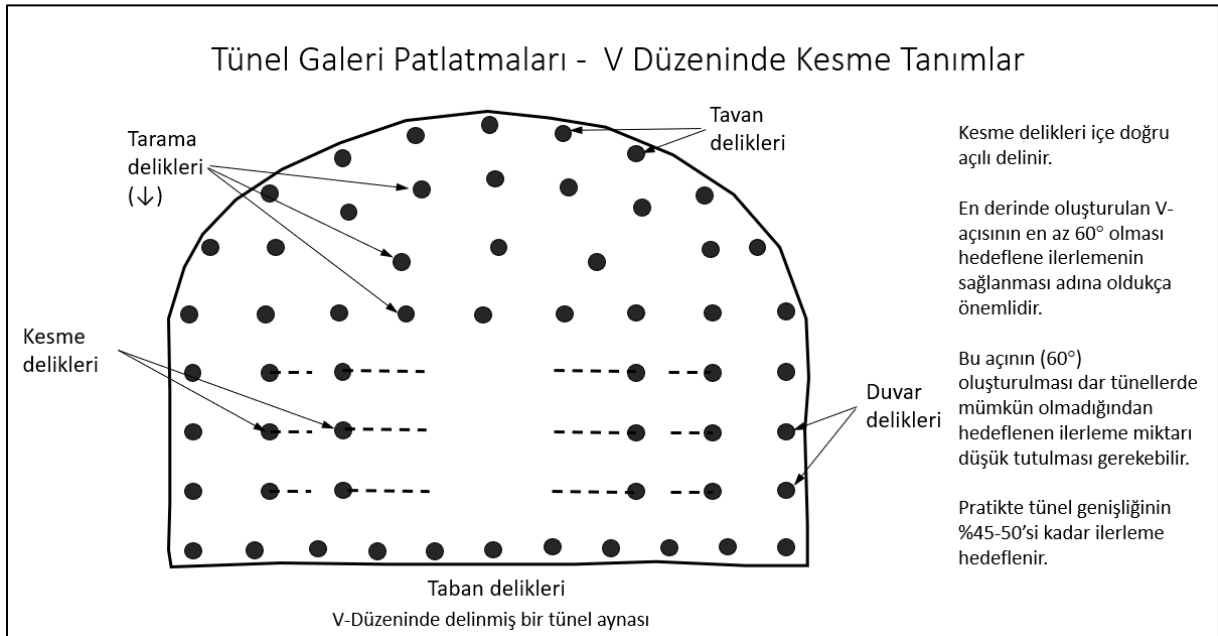
Tünel/galeri patlatmalarında birim hacime sahip kayayı kırmak için gereken enerji miktarı (özgül şarj) patlatma yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermez. Bir projede ihtiyaç duyulan patlayıcı miktarını hesaplamak için en doğru yöntem patlatma tasarımı yapılmasıdır. Bununla birlikte tünel/galeri kesit alanı (m^2) ile kullanılacak delik çapına (mm) bağlı olarak birim hacime (m^3) sahip kayayı kırmak için gerekli patlayıcı miktarını veren özgül şarj (kg/m^3),

yılların tecrübesi ve bilgi birikimine dayalı olarak geliştirilmiş istatistiksel yaklaşımlar (Şekil 7) uygulanabilir ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu ihtiyaç raporu kılavuzunda tünel/galeri kesit alanına ve delik çapına bağlı olarak özgül şarj tahmin ve tespit grafiği (Şekil 7) kullanılarak projede ihtiyaç duyulacak patlayıcının hesaplanması yöntemi verilmiştir.

9.2. Yeraltı Patlatma Yöntemleri ve Parametreleri



Şekil 5. Paralel Delik Yöntemi



Şekil 6. V-Kesme Delik Yöntemi

Yeraltı Patlatmalarında Kullanılan Terimler ve Parametreler;

d = Patlayıcı madde yerleştirilecek “Delik Çapı” (mm)

D = Boş delik çapı (mm) (Sadece Paralel delik düzeninde kullanılır)

ka = Tünel Kesit Alanı (m²)

Delik Tanımları;

- Kesme delikleri
- Taban Delikleri
- Duvar Delikleri
- Tavan Delikleri
- Tarama Delikleri (Yukarı)
- Tarama Delikleri (Yatay)
- Tarama Delikleri (Aşağı)
- Boş Delik (Paralel Delik Yöntemi)

S = Delikler Arası Mesafe (m)

B = Yük Mesafesi (m)

H = Delik Boyu (m)

h_o = Sıkılama Boyu (m)

l_c = Kolon Şarj Yoğunluğu (kg/m)

h_c = Kolon Şarj Boyu (m)

l_b = Dip Şarj Yoğunluğu (kg/m)

h_b = Dip Şarj Boyu (m)

Q_c = Kolon Şarj Miktarı (kg)

Q_b = Dip Şarj Miktarı (kg)

q = Özgül Şarj (m/m³)

b = Özgül Delme (m/m³)

n_g = Tünel/galeri genişliği (m)

n_y = Tünel/galeri yüksekliği (m)

ka = Tünel Kesit Alanı (m²)

V = Patlatılan Hacim (m³/m-tünel)

tb = Tünel Boyu (m)

iy = Atım Başına İlerleme Yüzdesi (%)

ni = Atım Başına Net İlerleme (m)

tth = Toplam Tünel Hacmi (m³)

tps = Toplam Patlatma Sayısı (adet)

pbm = Patlatma Başına Patlayıcı Miktarı (kg)

pbd = Patlatma Başına Delik Sayısı (adet)

pbk = Patlatma Başına Kapsül Sayısı (adet)

tpm = Toplam Patlayıcı Miktarı (kg)

tkc = Toplam Kapsül Sayısı (adet)

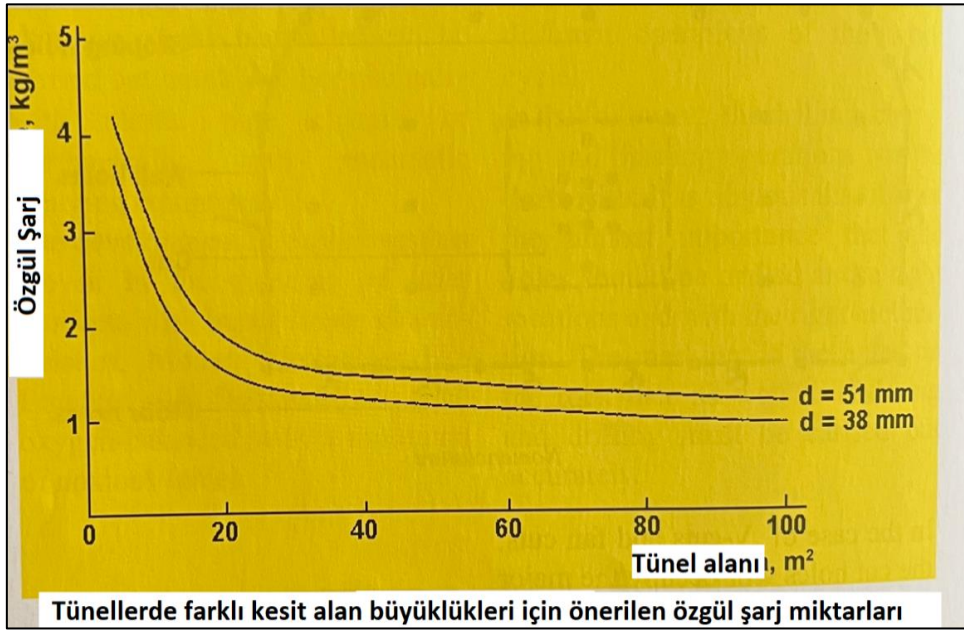
abif = Atım Başına İnfilaklı Fital (m)

tif = Toplam İnfilaklı Fital (m)

Parametreleri kullanılarak özgül şarj ve dip şarj miktarlarının hesaplaması yapılır.

9.3. Özgül Şarj

Özgül şarj, birim hacime sahip kaya kütlelerini kırmak için gerekli patlayıcı tüketimini ifade eder. Kayanın malzeme ve kütleli dayanımı arttıkça birim hacmi parçalamak için gerekli özgül şarj da artar. Tünel/galeri patlatmalarında, kesit alanı küçüldükçe birim kaya kütlelerini kırmak için daha çok enerjiye/patlayıcıya (özgül şarj) ihtiyaç duyulur. Çünkü tünel kesiti küçüldükçe, parçalanmış kayaların hareket edebileceği tek serbest yüzey olan ve tünel aynası tabir edilen yüzey alanı küçülür. Dolayısıyla koparıp almak zorlaşır. Özgül şarj, zemin türüne (kaya dayanımı), tünel kesitine, delik çapına ve delik boyuna göre farklılık gösterir. Kesit alanı - özgül şarj ilişkisi Şekil 7’de verilmiştir. Aşağıda Şekil 7’de verilen grafik kullanılarak tünel/galeri kesit alanına göre patlatmalarda uygulanacak özgül şarj değeri bulunabilir.



Şekil 7. Tünel/Galeri Kesit Alanı - Özgül Şarj İlişkisi (Olofsson, 1988)

9.3.1. Özgül Şarj ile İlgili Notlar

1. Özgül şarj tahmin yöntemleri ile yapılan hesaplamalar, fiili uygulama değerleri ile farklılık gösterebilir. İhtiyaç raporunda verilen toplam patlayıcı miktarının proje için yeterli olmayacağına kanaat gösterilirse Ek İhtiyaç Raporu düzenlenebilir.

2. Özgül şarj hesaplanırken, belirlenen patlayıcı madde miktarı, kaya yapısına veya saha koşullarına bağlı olarak +/- % 20 toleranslı olarak ihtiyaç raporuna yazılabilir.

3. Yer altı (tünel/galeri) patlatmalarında ana patlayıcı olarak basınçlı hava ile şarjlanan ANFO ve/veya pompalanabilir emülsiyon patlayıcılar kullanılacağı planlanıyorsa hazırlanan ihtiyaç raporu buna uygun olarak hazırlanmalı ve bu durum ihtiyaç raporu özel durum açıklama bölümünde belirtilmelidir.

4. Bu bölümde verilen grafiklerdeki özgül şarj değerleri yeraltı kömür ve kükürt madeni patlatmalarında kullanılamaz. Yer altı kömür ocaklarında kullanılacak patlayıcılar ve ateşleme sistemleri grizu güvenli özellikte olmalıdır. Kömür ocaklarında yapılan patlatma

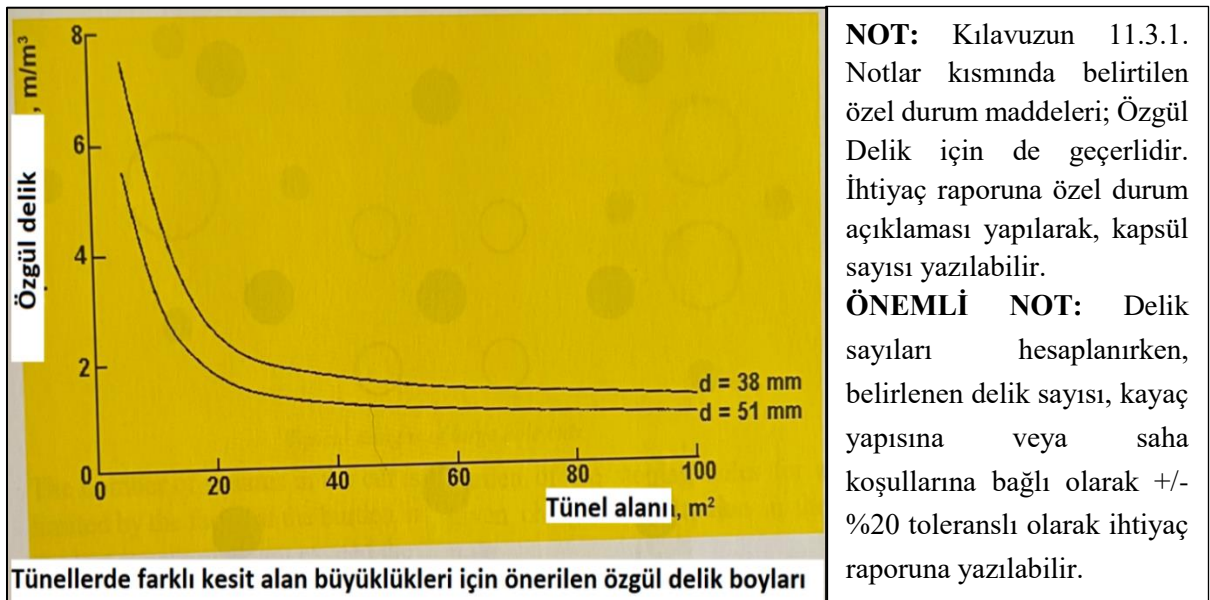
uygulamalarında Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'ne uygun olarak faaliyet gösterilmelidir. Özgül şarj değeri belirlenirken "Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nce belirlenen kural ve düzenlemelere uygun hareket edilmelidir. Hem kömürde, hem de kaya (taş) formasyonda patlatma yapılacak olması durumunda biri yeraltı kömür sahası, diğeri kaya sahalarda açılacak tüneller/galeriler için olmak üzere iki ayrı hesaplama yapılarak, ihtiyaç raporuna bu hesaplamaların toplamı yazılacaktır.

5. Yer altı maden işletmelerinde yatay veya yataya yakın sürülen galeriler dışında, düşey veya yüksek eğimli, kuyu, baş yukarı, katlar arası bür/kör kuyu, özel uygulamalar (ön-kesme, son-kesme) vb. için patlatmalar da yapılmaktadır. İhtiyaç raporu hazırlanan maden sahasında bu ve benzeri özel patlatmalar bulunuyorsa bu uygulamalar için hesaplanan miktarlar toplam miktarlara eklenir ve ihtiyaç raporu açıklamalar kısmında belirtilir.

6. Altyapı inşaat projelerinde yatay veya yataya yakın sürülen tüneller dışında, tünel alt yarı patlatmaları, kuyu, özel uygulamalar (ön-kesme, son-kesme) vb. için patlatmalar da yapılmaktadır. İhtiyaç raporu hazırlanan altyapı inşaat projesinde bu ve benzeri özel patlatmalar bulunuyorsa; bu uygulamalar için hesaplanan miktarlar toplam miktarlara eklenir ve ihtiyaç raporu açıklamalar kısmında belirtilir.

9.4. Atım Başına Delik Sayısı / Özgül Delik

Özgül delik, birim hacime sahip kaya kütlelerini kırmak için patlatma aynasına (tünel cephesine) delinmesi gereken delik uzunluğunu ifade eder (örneğin metre küp başına 2 metre delik, 2 m/m^3). Tünel/galeri patlatmalarında, kesit alanı küçüldükçe birim kaya kütlelerini kırmak için daha çok patlayıcıya ve bu patlayıcının doldurulabilmesi için daha çok deliğe (özümlü delik) ihtiyaç duyulur. Kesit alanı – özümlü delik ilişkisi Şekil 8'de (Olofsson, 1988) verilmiştir. Şekil 8 kullanılarak tünel/galeri kesit alanına göre özümlü delik bulunabilir.



Şekil 8. Tünel/Galeri Kesit Alanı-Özümlü Delik İlişkisi (Olofsson, 1988)

9.5. Toplam Patlayıcı ve Kapsül Tüketiminin Hesaplanması

Özgül tüketimler tünelin/galerinin birim uzunluğu (m) için bulunduktan sonra, proje boyunca gerçekleştirilmesi planlanan toplam tünel uzunluğu (toplam kazı miktarları) ile çarpılarak ihtiyaç duyulan toplam patlayıcı ve kapsül miktarları bulunur.

9.6. İnfilaklı Fital Tüketimi

Her patlatmada kullanılması gereken infilaklı fitil tünel genişliği ve yüksekliğine göre pratik olarak hesaplanır.

Tünel galeri patlatmalarında gerekli infilaklı fitilin hesaplanması pratik olarak aşağıdaki gibi yapılabilir.

$$n_g = \text{Tünel Genişliği (m)}$$

$$n_y = \text{Tünel Yüksekliği (m)}$$

$$\text{İnfilaklı Fital (5 - 10g/m) Miktarı (m/patlatma)} = n_g \times n_y$$

9.7. Başlatıcı (Elektrikli/Elektronik/Elektriksiz Kapsül) Tüketimi

Her patlatmada 2 adet (1 adedi yedek) Elektrikli/Elektronik/Elektriksiz kapsülün kullanılması pratik olarak yeterlidir.

10. ÖRNEK TÜKETİM HESABI

10.1. Veriler

Soru: Toplam 2 yıl süreli proje kapsamında 4,80 m yüksekliğinde ve 5 m genişliğinde 2.500 m uzunluğunda tünel açılması planlanmaktadır. Kireç taşı formasyonunda patlatmalı kazı ile açılacak tünel için 45 mm çapında ve 3 m boyunda delikler delinecektir. Her patlatmada delik boyunun % 95'i oranında ilerleme yapılacaktır. Patlayıcı madde ihtiyacını hesaplayınız.

Tablo 9. Örnek Tüketim Hesabı için Patlatma Tasarımına Esas Tünel Verileri

Kayaç Cinsi	Kireç Taşı
Tünel/Galeri Genişliği (n_g)	5,00 m
Tünel/Galeri Yüksekliği (n_y)	4,80 m
Tünel/Galeri Kesit Alanı (ka) = $n_g \times n_y$	24,00 m ²
Delik Çapı (d)	45 mm
Delik Boyu (db)	3,00 m
Atım başına İlerleme Yüzdesi (iy)	%95
Tünel Boyu (tb)	2.500 m
Patlayıcı Madde Cinsi	Kapsüle Duyarlı Patlayıcı Madde
Proje Süresi	2 Yıl

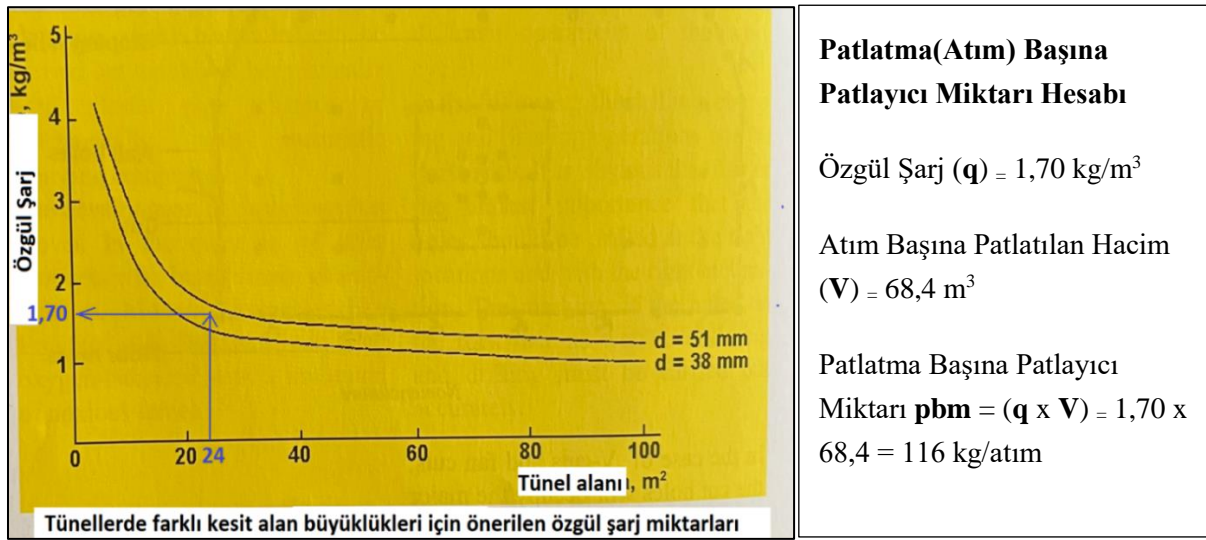
10.2. Hesaplanan Veriler

Tablo 10. Net İlerleme Atım Başına ve Toplam Kazı Hacimleri ve Toplam Patlatma Sayısı

Atım başına net İlerleme (ni) = db x iy) = 3,00 x 0,95 =	2,85 m
Patlatılan Hacim (atım başına) (V) = (ka x ni) = 24,00 x 2,85 =	68,4 m ³ /m-tünel
Toplam Tünel Hacmi (tth) = (ka x tb) = 24,00 x 2.500 =	60.000 m ³
Toplam Patlatma Sayısı (tps) = (tb / ni) = 2.500 / 2,85 =	877 adet

10.3. Özgül Şarj

24 m² kesit alanı ve 45 mm delik çapı için Şekil 8’de gösterilen yöntemle ihtiyaç duyulan özgül şarj, 1,70 kg/m³ olarak bulunur.



Şekil 9. Tünel/galeri kesit alanı ve delik çapı kullanılarak özgül şarjın bulunması (Olofsson, 1988)

10.4. Özgül Delik

24 m² kesit alanı için patlatma başına ihtiyaç duyulan özgül delik 2 m/m³ olarak bulunur. Yapılacak patlatmalarda özel uygulama yapılması (örneğin, son kesme) planlanıyorsa gerekli açıklama ihtiyaç raporuna not düşülerek delik sayısı arttırılabilir.

PATLAYICI MADDE İHTİYAÇ RAPORU (Yerüstü Patlatmaları İçin)				
İl		Saha Türü	<input type="checkbox"/> Yerüstü Maden Sahası	
İlçe			<input type="checkbox"/> Diğer Sahalar	
Ruhsat No		Tarih		
Firma				
Faaliyet Adresi				
1- KAPASİTE BİLGİLERİ			2- PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİ	
Yıllık Çalışma Süreleri		Gün/Yıl	Delik Çapı	mm
Yıllık Patlatmalı Kazı/Üretim Miktarı		m ³ /Yıl	Basamak Boyu/Yüksekliği	m
Aylık Yıllık Patlatmalı Kazı/Üretim Miktarı		m ³ /Ay	Dip Delgi	m
Günlük Yıllık Patlatmalı Kazı/Üretim Miktarı		m ³ /Gün	Delik Boyu	m
Bir Atımdaki Patlatmalı Üretim/Kazı Miktarı		m ³	Delikler Arası Mesafe	m
Günlük Patlatma Sayısı		Adet	Yük Mesafesi	m
Aylık Patlatma Sayısı		Adet	Sıkılama Boyu	m
Yıllık Patlatma Sayısı		Adet	Bir Delikteki Yüzey/ Delik İçi Gecikme Süreleri	ms
Patlayıcı Kullanılacak Kayaç Türü / Yoğunluğu			Sıralar Arası Gecikme Süresi	ms
			Bir Atımdaki Delik Sayısı	Adet
			Özgül şarj	kg/m ³
3- PATLAYICI MADDE İHTİYAÇ MİKTARI				
PATLAYICI MADDE CİNSİ	TEK SEFER	GÜNLÜK	AYLIK	YILLIK
ANFO / Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı				
Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı				
Elektronik Kapsül				
Elektrikli Kapsül				
Elektriksiz Kapsül				
Tahrip (Adi) Kapsül				
İnfilaklı Fitol				
Sismik Dinamit				
Jelatinit Dinamit				
Grizu Emniyetli Dinamit				
Grizu Emniyetli Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı				
Emniyetli Fitol				

3.1- BELGE SÜRESİNCE KULLANILACAK PATLAYICI MADDE MİKTARI			
PATLAYICI MADDE CİNSİ	MİKTAR	PATLAYICI MADDE CİNSİ	MİKTAR
ANFO		Sismik Dinamit	
Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı		Jelatinit Dinamit	
Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı		Grizu Emniyetli Dinamit	
Elektronik Kapsül		Grizu Emniyetli Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı	
Elektrikli Kapsül		NOT : Belge sürelerini kısıtlayan unsurlar göz önünde bulundurulurularak hazırlanacaktır.	
Elektriksiz Kapsül			
Tahrip (Adi) Kapsül			
İnfilaklı Fitol			
Emniyetli Fitol			
3.2- DELİK BAŞINA DÜŞEN PATLAYICI MADDE MİKTARI		4- TAŞ SAVRULMA MESAFESİ	
Ana Şarj Patlayıcı Madde Cinsi/Miktarı		Maksimum Taş Savrulma Mesafesi	
Yemleyici Patlayıcı Madde Cinsi/Miktarı		Alınması Gereken Güvenlik Mesafesi	
Kapsül Cinsi/Miktarı			
Bir Delikteki Toplam Patlayıcı Madde Miktarı			
5- SONUÇ/AÇIKLAMA/GÖRÜŞ-ÖNERİ			
(Raporu hazırlayan teknik personel, patlatlamaya ilişkin yapılan hesaplamalara göre dikkat edilecek/öne çıkan hususları ve alınacak güvenlik tedbirlerine ilişkin görüş ve önerilerini bu kısımda belirtir.)			
Bilgilerinize arz olunur./...../20.....			
Adı Soyadı:			
Sicil No*:			
Unvan:			
İmza:			
(*Kamu Kurumları Dışında Çalışan Maden Mühendislerinden Oda Sicil Kayıt Belgesi İstenecektir.)			

PATLAYICI MADDE İHTİYAÇ RAPORU (Yeraltı Patlatmaları İçin)				
İl		Saha Türü	<input type="checkbox"/> Yeraltı Maden Sahası	<input type="checkbox"/> Yeraltı Diğer Sahalar (Tünel, Galeri vb.)
İlçe			<input type="checkbox"/> Yeraltı Kömür Sahası	
Ruhsat No		Tarih		
Firma				
Faaliyet Adresi				
1. KAPASİTE BİLGİLERİ			2. PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİ	
Proje Süresi		Gün	Delik Çapı	mm
Toplam Patlatmalı Kazı/Üretim Miktarı		m ³	Ayna Kesiti	m ²
Toplam Patlatma Sayısı		Adet	Delik Boyu	m
Günlük Patlatma Sayısı		Adet	Atım Verimi	%
Aylık Patlatma Sayısı		Adet	Net İlerleme	m
Yıllık Patlatma Sayısı		Adet	Bir Patlatmada Elde Edilen Hacim	m ³
Patlayıcı Kullanılacak Kayaç Türü / Yoğunluğu			Delikler Arası Mesafe (Katlar arası patlatmalar için doldurulacaktır)	m
			Yük Mesafesi (Katlar arası patlatmalar için doldurulacaktır)	m
			Sıkılama Boyu (Katlar arası patlatmalar için doldurulacaktır)	m
			Bir Delikteki Delik İçi Gecikme Süreleri (Gecikme aralığı belirtilir)	ms
			Bir Atımdaki Delik Sayısı	Adet
			Özgül Şarj	kg/m ³
3. PATLAYICI MADDE İHTİYAÇ MİKTARI				
PATLAYICI MADDE CİNSİ	TEK SEFER	GÜNLÜK	AYLIK	YILLIK
ANFO				
Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı				
Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı				
Elektronik Kapsül				
Elektrikli Kapsül				
Elektriksiz Kapsül				
Tahrip (Adi) Kapsül				
İnfilaklı Fital				
Sismik Dinamit				
Jelatinit Dinamit				
Grizu Emniyetli Dinamit				
Grizu Emniyetli Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı				
Emniyetli Fital				

3.1. BELGE SÜRESİNCE KULLANILACAK PATLAYICI MADDE MİKTARI			
PATLAYICI MADDE CİNSİ	MİKTAR	PATLAYICI MADDE CİNSİ	MİKTAR
ANFO		Sismik Dinamit	
Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı		Jelatinit Dinamit	
Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı		Grizu Emniyetli Dinamit	
Elektronik Kapsül		Grizu Emniyetli Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Patlayıcı	
Elektrikli Kapsül		Emniyetli Fitol	
Elektriksiz Kapsül		NOT : Belge sürelerini kısıtlayan unsurlar göz önünde bulundurularak hazırlanacaktır.	
Tahrip (Adi) Kapsül			
İnfilaklı Fitol			
3.2. DELİK BAŞINA DÜŞEN PATLAYICI MADDE MİKTARI			
Ana Şarj Patlayıcı Madde Cinsi/Miktarı			
Yemleyici Patlayıcı Madde Cinsi/Miktarı			
Kapsül Cinsi/Miktarı			
Bir Delikteki Toplam Patlayıcı Madde Miktarı			
7. SONUÇ/AÇIKLAMA/GÖRÜŞ-ÖNERİ			
(Raporu hazırlayan teknik personel, patlatlamaya ilişkin yapılan hesaplamalara göre dikkat edilecek/öne çıkan hususları ve alınacak güvenlik tedbirlerine ilişkin görüş ve önerilerini bu kısımda belirtir.)			
Bilgilerinize arz olunur. /...../20.....			
Adı Soyadı:			
Sicil No*:			
Unvan:			
İmza:			
(*Kamu Kurumları Dışında Çalışan Maden Mühendislerinden Oda Sicil Kayıt Belgesi İstenecektir.)			