



# TÜNELCİLİK SEMİNERLERİ - 3



## ŞEHİRİÇİ TÜNEL PATLATMALARI, YAŞANAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Çevrimiçi Seminer, 20 Nisan 2021



Ümit ÖZER & Abdulkadir KARADOĞAN  
*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fak.,  
Maden Müh.Bölümü, İstanbul*



# 1. GİRİŞ

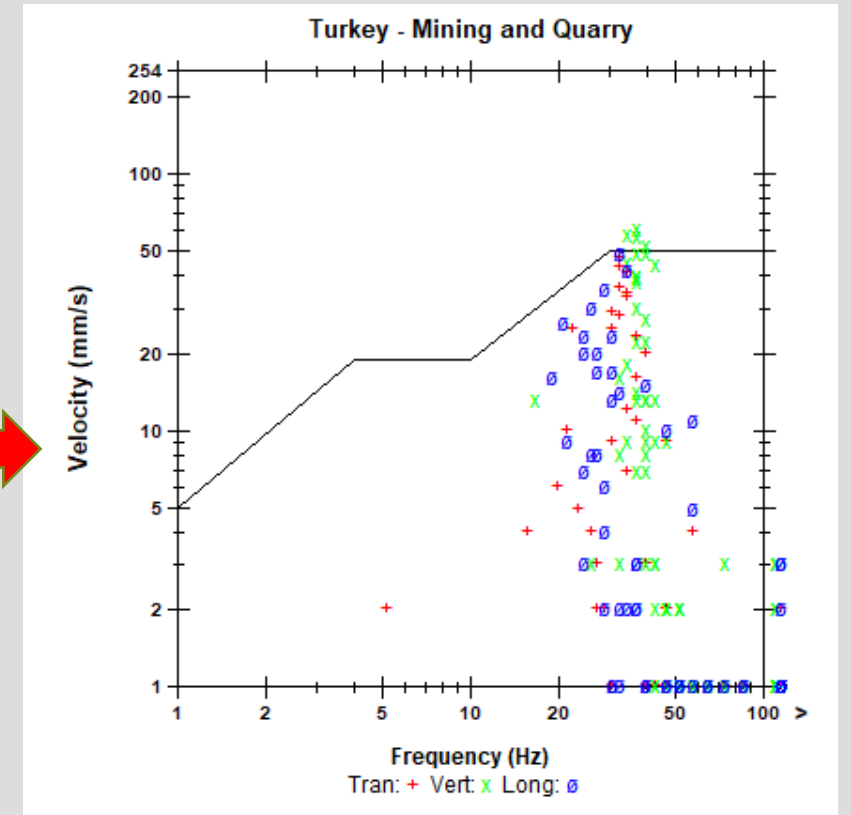
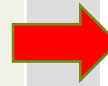
- Şehir merkezlerinde veya yapılaşmaların bulunduğu bölgelere yakın tünel projelerinde (metro, karayolu, atık su, finükiler v.b.) yapılan patlatmalarda, tünel güzergahı üzerinde ve çevresinde risk noktalarının fazla olması, patlatmanın çevresel çıktılarının minimize edilmesi ve sonuçlarının uygun yöntemlerle değerlendirilmesinin önemini artırmaktadır.
- Bu gibi durumlarda, başarılı bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır.
- Risk noktası fazla olan şehir içi tünel atımlarda çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında; patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yersarsıntısı, taş savrulması ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için, patlatmanın hasara sebep olabilecek sonuçlarının uygun yöntemlerle ele alınması gerekmektedir

- Patlatma kaynaklı titreşimler kaya kütlelerinde ve yapılarda hasara neden olur. Kaya zemin veya yapıda meydana gelen bu hasara neden olan titreşim parametreleri titreşimin büyüklüğü, frekansıdır. Her malzeme aynı frekans ve titreşim büyüklüğünde aynı hasarı almaz.
- Bunun nedeni malzemelerin içyapısı, yani titreşimlerin yayılma ortamıdır.
- Günümüzde kabul gören hasar normları, patlatma kaynaklı titreşimin yarattığı hasarı belirlemede bu parametreleri kullanır.
- Düşük frekanslı (<40 Hz) patlatmalarda zarar verme potansiyeli yüksek frekanslı (>40 Hz) patlatmalarda söz konusu olan potansiyelden daha fazladır.
- Patlatma sonucu oluşan gerilme basıncı ve gaz basıncının etkisi ile ana külteden ayrılarak savrulan kaya parçaları insan yaralanmalarına ve yapılarda ciddi hasarlara neden olabilir.

- Patlatma sırasında açığa çıkan gürültü, önlemlerin yetersiz kalması durumunda hava şoku dalgalarına dönüşür. Bunun nedeni malzemelerin içyapısı, yani titreşimlerin yayılma ortamıdır.
- Şok dalgaları yeterince büyükse, binalarda hasar meydana getirebilir. Şok dalgalarının yayılmasında rüzgar yönü, rüzgar hızı ve sıcaklık gibi atmosferik koşullar da etkilidir.
- Patlatma kaynaklı çevresel etkilere ait hasar limit değerleri Çizelge 1’de sunulmuştur.

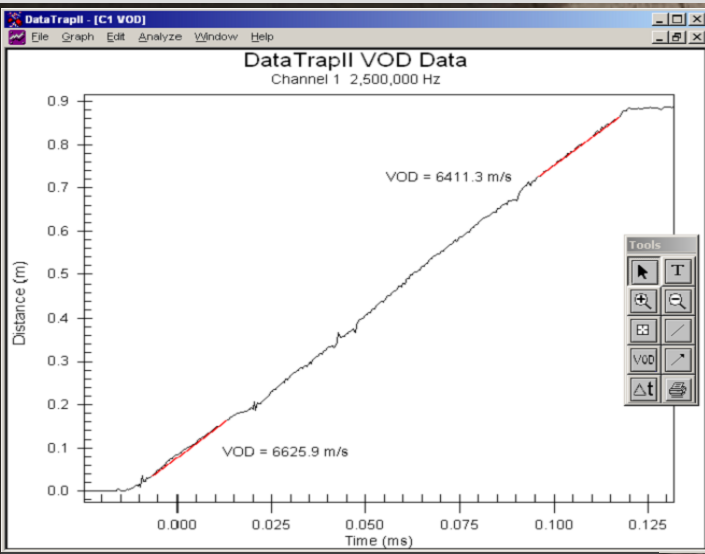
Çizelge 1. Patlatma kaynaklı çevresel etkilere ait hasar limit değerleri.

Çevresel Etki	Hasar Limiti	Norm
<b>Kaya Savrulması</b>	$L_{max} = 260 \times D^{2/3}$ Lmax : Maksimum Kaya Savrulma Mesafesi (m) D : Delik Çapı (inç)	İsveç Normu (Lundborg ve diğ., 1975)
<b>Titreşim</b>	Titreşim Frekansı=1 Hz için; Titreşim Hızı=5 mm/sn	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Resmi Gazete: 04.06.2010 – 27601
	Titreşim Frekansı=4-10 Hz için; Titreşim Hızı=19 mm/sn	
	Titreşim Frekansı=30-100 Hz için; Titreşim Hızı=50 mm/sn	
<b>Hava Şoku</b>	140 dB	Siskind vd. USBM RI 8507, 1989



# **Tünel Patlatmalarının Verimliliği Denince**

**NE ANLAMALIYIZ?**



**DETONASYON**

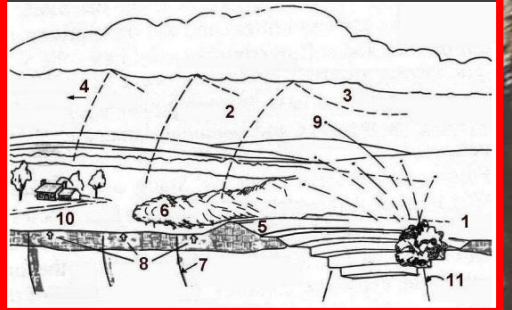
**GELİŞEN OLAYLAR**



**PATLATMA**



**TAŞ AVRULMASI**



**GÜRÜLTÜ VE HAVA ŞOKU**



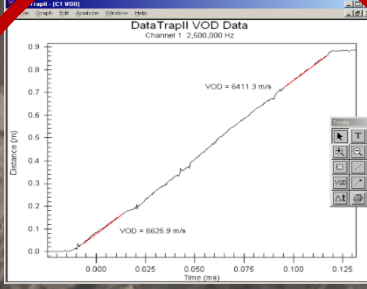
**ANA KÜTLEDEN KOPARMA, PARÇALAMA VE ÖTELEME**



**UYGUN İLERLEME VE DÜZGÜN TÜNEL CİDARI**



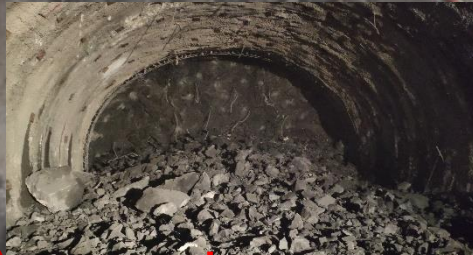
## Çevresel Etki Açısından Çıktılar



**Detonasyon Performansı**



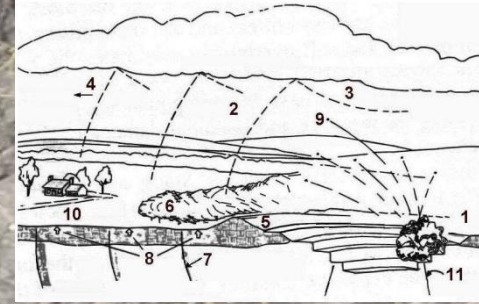
**Ana Kütlede Koparma,  
Parçalama ve Öteleme**



**Uygun İlerleme ve  
Düzgün Tünel Cıdarı**



**Taş Savrulması**



**Gürültü ve Hava Şoku**



**Yer Sarsıntısı**

## Teknik Çıktılar

**VERİMİ BELİRLER**

## 2. PROJE ADIMLARI

- Şehir içinde bulunan ve sert kaya biriminden oluşan bir tünel kazısında yapılacak patlatma faaliyetlerinde izlenmesi gereken proje adımları Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Şehir İçi Patlatmalı Tünel Kazılarında İzlenmesi Gereken Proje Adımları (Özer ve diğ., 2016)





## 2.1. Kazı Sahasının Jeolojisi İle İlgili Bilgilerin Temin Edilmesi

- Şehir içi patlatmalarının ilk proje adımı kazı sahasına ait jeolojik bilgilerin temin edilmesidir. Kazı sahası ve çevresine ait jeolojik birimler ve özelliklerinin, titreşimlerin yayılım trendi ve büyüklüğü üzerinde büyük etkisi vardır. Homojen ve masif kayaç kütlelerinde, titreşimlere neden olan elastik dalgalar her yönde aynı karakterde yayılım gösterebilirken, bu durum kompleks jeolojik yapılarda yönlere göre değişken bir yayılma gösterirler.
- Titreşimler, zemin özelliği taşıyan bir tabaka ile örtülü kayalık bir ortamda yayıldığında, frekans ve genlikleri zemin özelliklerinden etkilenir. Zeminin elastik modülü, genellikle kayaların elastik modülünden daha düşüktür. Bu nedenle, bu tür malzemelerde dalga yayılım hızı ve titreşim frekansı azalmakta, ancak deplasman örtü tabakasının kalınlığına bağlı olarak belirgin bir şekilde artmaktadır. Bununla birlikte, farklı birimler içeren tabakalı jeolojik yapılarda, titreşimler tabakalar arasında hapsedilerek uzak mesafelere kadar, kanal dalgaları şeklinde iletilebilirler.

## 2.2. Risk Noktalarının Tespit Edilmesi

- Patlatma kaynaklı çevresel risk unsurlarını fiziki ve psikolojik risk unsurları olarak iki grupta toplayabiliriz.

### 2.2.1. Fiziki risk unsurları

- Şehir içi kazı sahalarının yakınında ve çevresinde, binalar, yollar, yüzeyde veya yeraltında enerji nakil hatları, doğalgaz boru hattı, telekomünikasyon hatları, su ve kanalizasyon gibi altyapı iletim ve dağıtım hatları gibi pek çok risk unsuru bulunabilmektedir. Farklı yapısal özelliklere sahip bu unsurların, özelliklerine göre sınıflandırılması ve uygun metotlarla değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu risk noktaları ile kazı sınırları ve patlatma noktaları arasındaki mesafeler topoğrafik ölçümler ile belirlenmelidir. Zira sahayı karakterize eden özgün titreşim yayılım denkleminin belirlenmesi aşamasında kullanılan önemli bir büyüklüktür.
- Çalışma öncesinde çevre binalarda yerinde tespit yapılmalı, hasarlı yapılar belirlenmelidir. Titreşim sebebiyle oluşabilecek minör hasarlar için yapı içlerinde veya çevrelerinde gerekli önlem alınmalıdır. Çevre yapıların iç ve dış fotoğrafları alınarak mevcut durumları kayıt altında tutulmalıdır. Bu durum ileride doğabilecek tartışmalı durumlar için önem arz etmektedir. Ayrıca, altyapı iletim ve dağıtım hatlarının güncel bilgileri belediyelerden temin ve teyit edilmelidir.

## 2.2.2. Psikolojik risk unsurları

- Şehir içi tünel ve açık saha patlatma çalışmaları yapısal hasar açısından kontrol altına alınmaya çalışılsa da çevrede bulunan canlıları ve özellikle de insanları ayrıca düşünmek gerekmektedir.
- Unutulmamalıdır ki, yapısal anlamda hasar vermeyecek bir titreşim seviyesi, yüksek hava şoku ve gürültü düzeyi ile insan ve canlıların psikolojik algılarını tetiklemekte, rahatsızlıklara ve reflekslere neden olabilmektedir.
- Şehir içi tünel ve açık saha patlatmalı kazı çalışmalarında, fiziksel bir etkisi olmasa dahi, hava şokunun büyüklüğü ve titreşim ve hava şoku yayılım süresi arttıkça insan algısı büyümekte, dolayısı ile psikolojik sınırı zorlamaktadır.

## 2.2.3. Maksimum parçacık hızı tahmini

- Her çalışma sahasının kendine özgü, özgün titreşim yayılım denklemi ve trendi vardır. Bu nedenle, her sahayı temsil edecek bu trendin belirlenmesi gerekmektedir.
- Patlatma kaynaklı titreşim yayılımı üzerine geçmişten günümüze pek çok değerli çalışma ortaya konmuştur. Bu çalışmaların temel amacı çevresel sorunları izole etmek, yan amaçlar ise patlatmanın performansını denetlemek ve yapıların tepkisini tahmin ve kontrol etmektir. Birçok araştırmacı ölçekli mesafe, gecikme başına şarj miktarı ve maksimum parçacık hızını belirleyici parametreler olarak göz önünde bulundurmuş ve analiz tekniği olarak istatistiksel yöntemler kullanmışlardır.
- Bilindiği üzere, patlatma kaynaklı titreşim dalgaları taşıdıkları enerji düzeyinde hasara neden olurlar. Titreşimlerin enerji seviyeleri parçacık hızı (mm/sn), parçacık yer değiştirmesi (mm), parçacık ivmesi ve dalga frekansıyla tayin edilir. Bu bileşenler birbirlerine dönüştürülebilir niteliktedirler.

## 2.2.3. Maksimum parçacık hızı tahmini

- Parçacık hızı tahmininde konunun karmaşıklığı ve ortamın kaotik yapısı nedeniyle hala tam çözüm sunabilecek tahmin metodu geliştirilememiştir. Yine de yaygın bir şekilde kabul görmüş ampirik maksimum parçacık hızı yayılım denklemini 1 nolu eşitlikteki gibi üssel eşitlik formunda yazılabilir (Dowding 1985);

$$PPV = k \cdot (SD)^{-\beta} \quad (1)$$

$$SD = (R / \sqrt{W}) \quad (2)$$

- Burada;

PPV maksimum parçacık hızı (mm/sn)

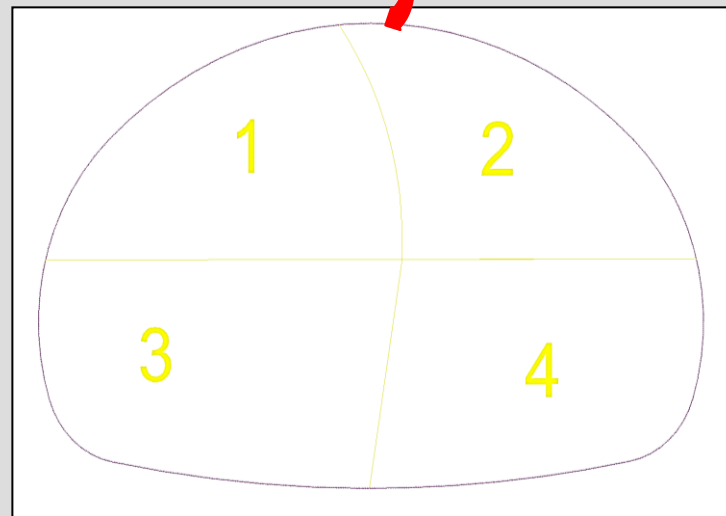
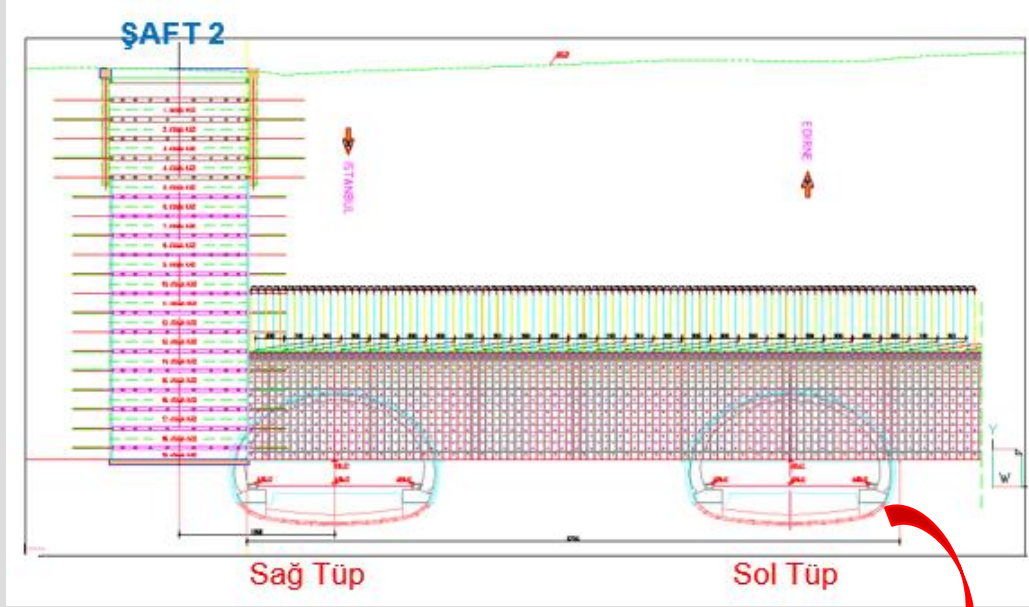
SD, ölçekli mesafe

W, gecikme başına maksimum şarj (kg)

R, atım noktası ile ölçüm istasyonu noktası arasındaki mesafe (m)

k ve  $\beta$  ise saha sarsıntı yayılımı ve sönümlenmesini temsil eden katsayılardır.

## 2.3. Tünellerin ve Açık Kazı Sahasının Farklı Bölgelerine Uygulanacak Patlatma Tasarımlarının Yapılması



- Delme-Patlatma tasarımı için literatürde birçok yaklaşım vardır. Ancak bu yaklaşımlar, düzenli basamağı ve aynası bulunan maden, taşocağı gibi nispeten rahat çevresel koşullara sahip ortamlar için geçerlidir.
- Sonuçlar bakımından değerlendirildiğinde, maden, taşocakları ve meskûn mahal dışı tünel v.s. gibi patlatmalı kazı faaliyetlerindeki üretim/kazı patlatmaları ile şehir içi patlatmalı kazılarının belirgin farkları vardır.
- Burada göz ardı edilmemesi gereken en önemli husus, meskûn mahal de yapılan patlatmalarda, parça boyutu ve ötelenmeden ziyade çevresel etkilerin minimize edilmesidir.

## 2.3.1. Tünel Patlatmaları

Kırsal alan tünellerinde yapılan patlatmalarda, gecikme başına maksimum şarj miktarını kısıtlayan bir risk unsuru bulunmayabilir. **Bu durumda patlatma süreside göz ardı edilebilir. Ancak, şehir içi tünel patlatmalarında, yüzeydeki risk unsurları nedeni ile, gecikme başına düşen şarj miktarı yine özgün saha titreşim yayılım denklemi kullanılarak risk analizine dayalı olarak belirlenmelidir.**

Şehir içerisinde karayolu tüneli gibi geniş kesitli tüneller le birlikte daha dar kesitli metro tünelleri kazılarında da teknik ve ekonomik nedenlerle patlatmalı kazıya ihtiyaç duyulabilmektedir.

**Şehir içi yer altı patlatmaları da, çevresel açıdan riskler barındırmakla birlikte, yapılan patlatmaların tünel içerisindeki imalatlara da zarar vermemesi gerekmektedir.**

Tünel çalışmalarında patlatma yapılan noktalar sürekli belli bir yöne doğru yer değiştirmektedir. Bu yer değişimine bağlı olarak, patlatma yapılan nokta ile tünel güzergahı üzerinde yüzeyde yer alan yapı, konut vs. arasındaki uzaklıkta sürekli değişim göstermektedir. Yani tünel eksenini boyunca değişen topografya ya balı olarak risk noktalarına olan uzaklığın değişmesi ile birlikte yapı kalitelerinde de değişim görülebilmektedir.



- Şekil 8'de Kuzey Marmara Otoyolu Projesi kapsamında Cebeci Tüneli Şaft 2 Bölgesi Sağ Tüp ve Sol Tüp ileri ve geri aynaları gösterilmiştir.
- Ayrıca izlenen patlatmalarda gürültü ve hava şoku ölçümleri yine Şekil 8'de gösterilen ve tünel güzergahı üzerindeki Gazi Mahallesi'ne ait binaların yanlarında belirlenen ölçüm istasyon noktalarından ölçüm cihazları ile yapılmıştır.
- Söz konusu proje örneğinde de Şekil 2'de verilen hasar riski değerlendirmesine bağlı dinamik tasarım süreci, tünel patlatmaları devam ettiği sürece başarılı bir şekilde uygulanmıştır.



Şekil 8. Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Cebeci Tüneli Şaft 2 Bölgesi patlatma ve ölçüm çalışmaları

## 2.3.1.1.Şarj hesabı ve delik boyu

- Deneme atımları veya önceki çalışmalar sonucu, ilgili saha için elde edilmiş saha sarsıntı yayılım katsayıları ( $k$  ve  $\beta$ ) belirlendikten sonra, ölçekli mesafeye dayalı parçacık hızı tahmin denkleminde (Eşitlik 1) risk noktasının mesafesi ve türüne bağlı hasar limit değerleri yerine konularak, o noktada gecikme başına kullanılması gereken en yüksek patlayıcı madde miktarı belirlenir. Tasarımlarda bu patlayıcı madde miktarı dikkate alınarak delik boyu belirlenir ve patlatma paterni oluşturulur.
- Deneme atımları yapmanın mümkün olmadığı koşullarda, uygulanacak ilk patlatmalarda literatürde yer alan ve çalışılacak saha ile benzeşim gösteren sahalara ait denklemlerden faydalanılabilir. İlk atımların sonucuna bağlı olarak gerekli revizyonlar yapılabilir.
- Ayrıca, risk analizi yapılarak elde edilen değişik mesafelerde gecikme başına kullanılması gereken en yüksek patlayıcı madde miktarları dikkate alınarak, tünel güzergahının farklı bölgelerinde uygulanacak patlatma tasarımları yapılmalıdır. Bu tasarımlar, kullanılacak gecikme başına maksimum şarj miktarını temel alan bir yaklaşım üzerine inşa edilir.

- Ekonomik, çevresel, teknik ve psikolojik nedenlerle, şehir içi çalışmaların çoğunlukla kısa sürede tamamlanması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında, tünel güzergahı boyunca, farklı mesafelere bağlı gecikme başına düşen şarj miktarı uygulama zorunluluğu göz önünde bulundurularak farklı patlatma tasarımları uygulanması gerekebilmektedir.
- Bazı durumlarda 1 – 1.5 m gibi kısa delik boyu uygulama zorunluluğu doğabilmektedir. Bu durumda düşük gecikme başına şarjların uygulanmasında sıkıntılar olmazken, uzun patlatma deliklerinde, gecikme başına düşen maksimum şarjı uygulayabilmek için kademeli şarj uygulanması zorunlu olabilir.
- Kademeli şarj uygulamasında, ateşleme sırasında aynı delikte bulunan her bir kademenin gecikme verilerek farklı zamanlarda patlamasına dikkat edilmelidir.
- Böylece hasara neden olabilen gecikme başına şarj miktarı önemli ölçüde düşürülebilmekte ve patlatma kaynaklı çevresel riskler minimize edilebilmektedir.

## 2.3.1.2.Sıkılama ve ara sıkılama

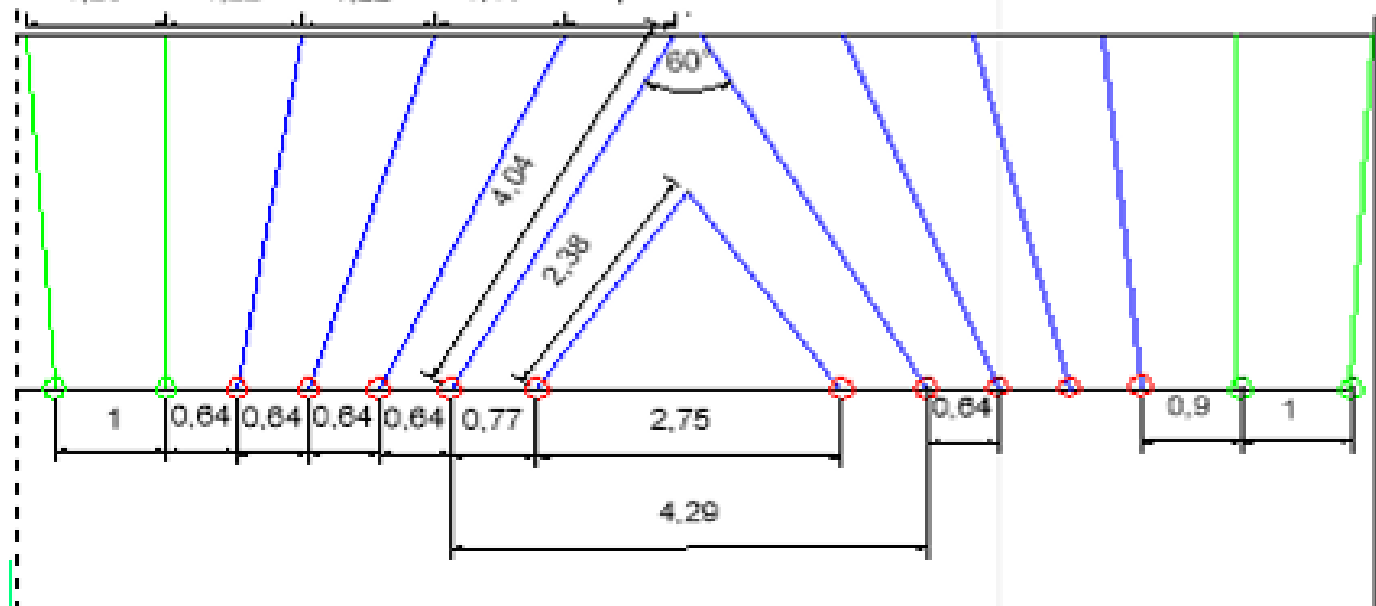
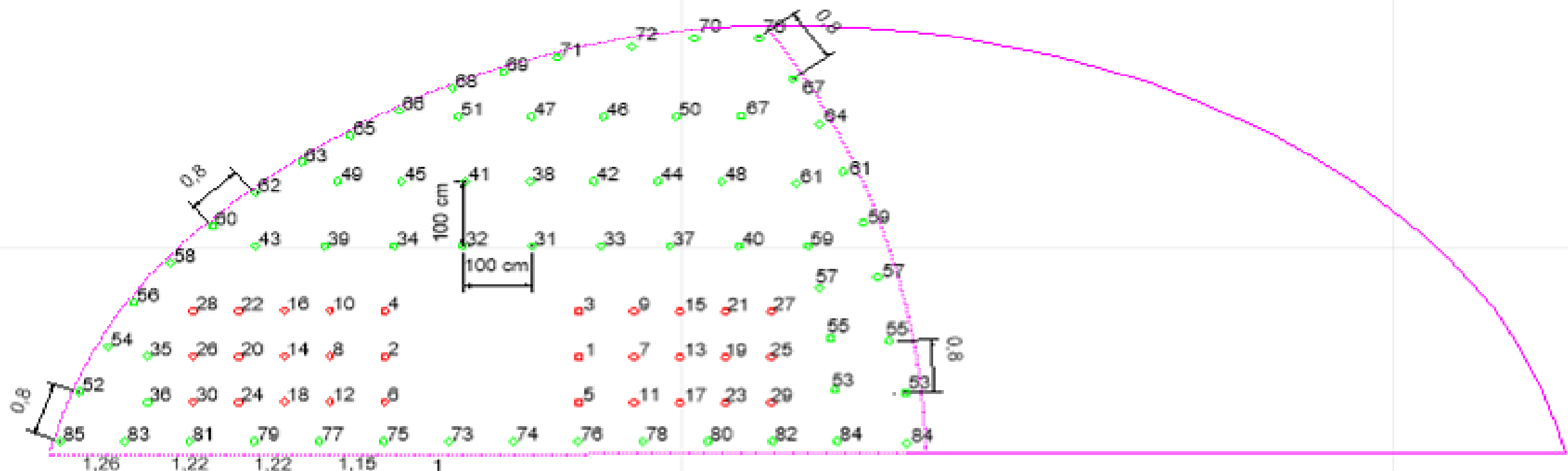
- Yetersiz sıkılama, patlama ürünü gazların tünel atmosferine kaçmasına neden olur, aynı zamanda patlayıcının bir bakıma açıkta patlaması anlamı taşıdığından gürültü ve hava şokunun yükselmesine neden olmaktadır.
- Daha verimli bir patlatma için enerjinin hapsedilmesi bakımından sıkılama büyük önem taşımaktadır.
- Risk noktalarına çok yakın bölgelerde gecikme başına düşen maksimum şarj miktarını uygulamak ve tünel aynası kayasının gevşetilmesi için yeterli miktarı karşılamayabilmektedir. Bu gibi durumlarda, ara sıkılama uygulanarak tek delik için iki veya daha fazla gecikme verilerek daha uzun delik uygulanabilir. Bu suretle ilerleme miktarının artırılması da ayrıca düşünülebilir. Sıkılama malzemesi olarak da uygun malzemelerin kullanımına dikkat edilmelidir.
- Örneğin sıkılama çamuru kullanılabileceği gibi sulu sıkılama kartuşu gibi hazır üretilmiş malzemelerde tercih edilebilir. Unutulmamalıdır ki çevresel risklerin minimize edilmesi ve kazı faaliyetinin devamlılığını sağlamak, kazı maliyetinin yükselmesinden daha fazla tercih edilir olabilmektedir.



SIKILAMA BÖYLE OLMAMALI

## 2.3.1.3. Gecikme aralığı

- Gecikme aralığının belirlenmesinde, dikkat edilmesi gereken en önemli husus, sismik dalgaları üst üste bindirmeyecek ve çok yüksek periyotlara ulaşmayacak şekilde sönümlenmiş bir spektrum elde edebilmektir.
- Tünel patlatmalarında dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri olan gecikme aralığı, parçalanma ve aynanın ötelenmesine dolayısı ile bir sonraki delik veya sıranın daha rahat iş görmesine olanak tanıyacak aralıkta olmalıdır.
- **Gecikme aralığı dar olduğunda, yeterince parçalanma, dolayısı ile ilerleme gerçekleşemez ve bu da titreşimi yükseltebilecek sonuçlar üretebilir.** Gecikme aralığının fazla seçilmesi ise, titreşim süresini artırmaktadır. Titreşim süresinin artması, psikolojik algıyı tetiklemekte ve rahatsızlıkları artırmaktadır. Aynı zamanda uzun patlama süresi, uzun titreşim süresine neden olmaktadır, bu durum yeterli büyüklükte parçacık hızı ve uygun frekans ile birleştiğinde, yapısal hasar riski yaratabileceği unutulmamalıdır.
- Ara sıkılama uygulamasının önemli bir avantajı da çift yemleme yapılmak suretiyle bir deliğe iki farklı gecikme verilebilmesidir. Böylece hasara neden olan gecikme başına şarj miktarı önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Ara sıkılama uygulamalarında, delik içi kademeler arası gecikmeler ile delikler arası gecikmelerin, çakışmalara meydan vermeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.









## 2.3.1.4. Patlatma kaynaklı titreşimi azaltmak için alınabilecek önlemler

- Patlatma kaynaklı oluşan yer sarsıntılarının karakteristiklerini etkileyen parametreler pratik olarak patlatma sonuçlarını etkileyen parametreler ile aynıdır.
- Patlatma yapılacak sahaya ait jeoloji ve kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin, yersarsıntısı üzerinde ciddi etkileri vardır.
- Homojen ve masif kaya kütlelerinde titreşim her yönde dağılır, fakat kompleks jeolojik yapıda olan kaya kütlelerinde dalga yayılımı yöne göre değişebilir ve sonuç olarak daha değişik bir sönümlenme şeklinde gözlenir veya farklı bir yayılım karakteri gösterebilir.

## **Patlatmadan kaynaklanan titreşimi azaltmak için alınabilecek önlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;**

- **Tünel güzergahının farklı bölgelerinde kullanılması gereken maksimum şarj miktarı belirlenmeli ve patlatma tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulmalıdır.**
- **Her delik ayrı gecikme aralığında patlatılmalıdır.**
- **Sıralar arası gecikme ile, delikler arası gecikmeler uyumlu olmalı ve deliklerin patlama zamanlarının çakışmaması sağlanmalıdır.**
- **Orta çekme deliklerinden başlayarak çevre deliklere doğru sıra ile patlamanın sağlanması gerekir.**
- **Kaya birimine en uygun patlayıcı türü seçilmelidir.**
- **Delikler ve sıralar arası mesafelerin, patlayıcı enerjisinin, parçalamaya ayrılabilmesine olanak tanıyacak boyutlarda olması gerekmektedir. Aksi takdirde, parçalanmaya harcanamayan enerji, kayaç içerisinde sismik enerjiye dönüşecektir.**

## 2.3.1.5. Patlatma kaynaklı hava şokunu azaltmak için alınabilecek önlemler

- Şehir içi patlatmalarda, çevresel şikayetlerin büyük bir bölümü hava şokundan kaynaklanmaktadır.
- Hava şoku, insanları psikolojik olarak rahatsız ederek, algı seviyesini arttırmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Madencilik Bürosu (USBM)'nin RI 8507 yönetmeliğine göre, patlatma kaynaklı hava şokunun 1 dB artması, algı seviyesini 10 dB arttırabilmektedir.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ise yaklaşık olarak bir sesin 6 - 10 dB yükselme ya da düşmesinin, gürültü düzeyinin 2 katına çıkması ya da inmesi gibi algılandığını vurgulamıştır.
- Bu nedenle, patlatma kaynaklı hava şoku düşürülerek algı seviyesinin düşürülmesi çok önemlidir.
- Hava şoku ve gürültünün 1 dB azaltılması bile, insan algısı açısından psikolojik sınırın kontrol edilmesine yardımcı olabilmektedir.

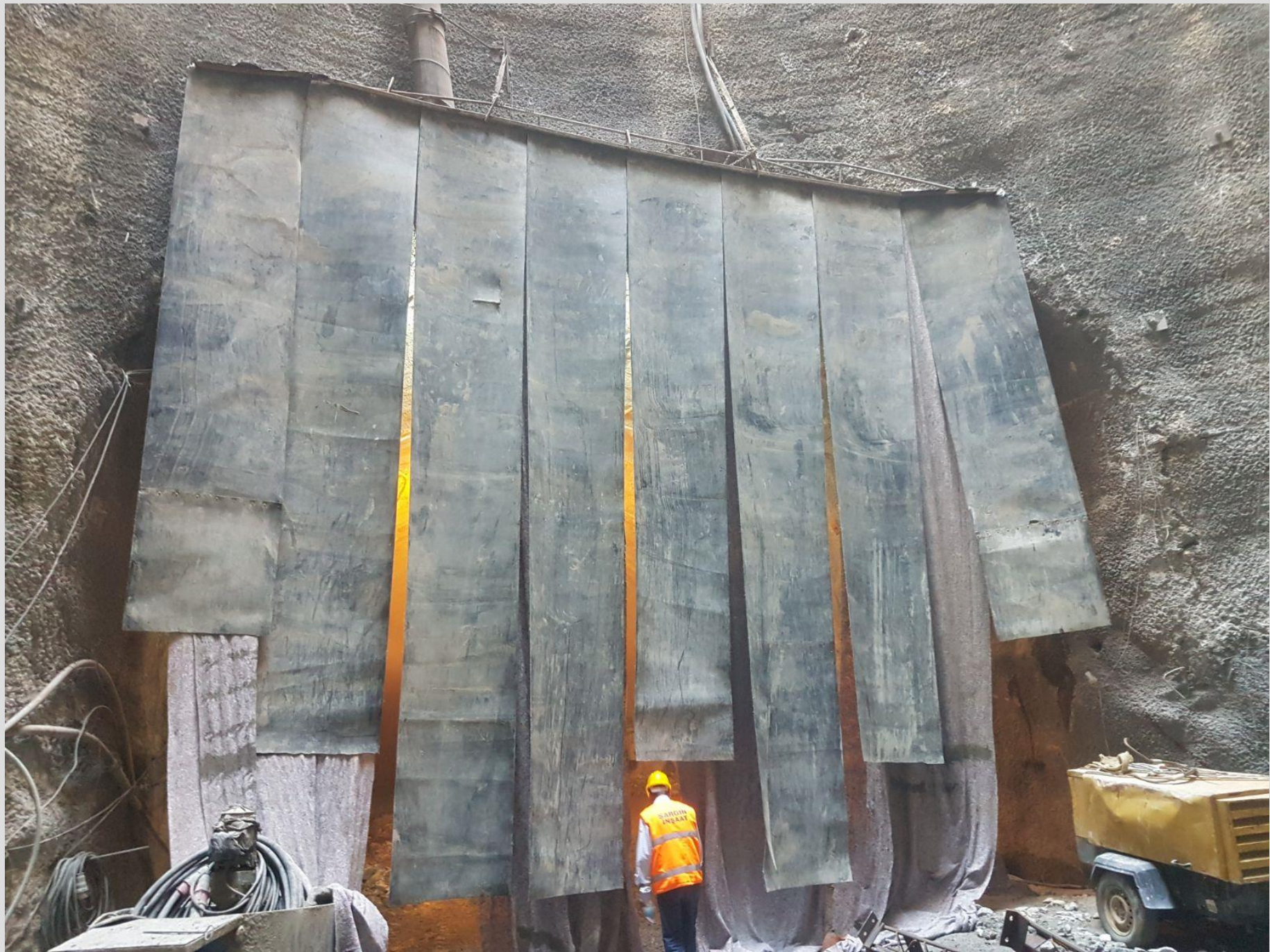
## **Patlatmadan kaynaklanan hava şokunu azaltmak için alınabilecek önlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;**

- **Uygun delik geometrisi, uygun sıkılama malzemesi, sıkılama boyu ve gecikmeli ateşleme sistemi kullanılmalıdır.**
- **Delme öncesi patlatma aynası incelenerek gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelenmelidir. Böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgeye daha az patlayıcı madde şarjı yapılmalıdır.**
- **İnfilaklı fitil zorunlu olmadıkça kullanılmamalıdır, infilaklı fitil kullanımı hava şokunu artırdığı gibi farklı aralıklarda LP kapsül kullanımını zorunlu kıldığından, titreşim süresini de artırmaktadır,**
- **Çok kritik durumlarda, yüzey kapsüllerinin patlama seslerinin algıyı artırdığı da düşünülürse, elektronik kapsül alternatif ateşleme sistemi olarak kullanılabilir.**
- **Tünel ağızlarının, uygun malzemelerden yapılmış perdeler ile kapatılması, gürültü ve hava şokunu en azından birkaç dB düşürecektir.**
- **Şaft ve kuyuların ağız kısımlarının uygun malzemeler ile kapatılması gürültü ve hava şokunu kontrol altına alabilmek açısından önemlidir.**

**Unutulmamalıdır ki, yapılan tahminler, yaklaşık değerler vermektedir. Herhangi bir yerdeki gerçek hava şoku ve gürültü seviyeleri atmosferik ve topoğrafik şartlarla birlikte atım geometrisine bağlı olmaktadır. Bu nedenle, çok ciddi şikayetlerin yaşandığı bölgelerde, bu tahminlere ek olarak hava şoku ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.**

















## 2.3.1.6.İşçi sağlığı ve iş güvenliği

İşçi Sağlığı ve iş güvenliği, tüm iş kollarında ve çalışma alanlarında önem arz etmekle birlikte konu ile ilgili tüzük ve yönetmelikler, uyulması gereken işçi sağlığı ve iş güvenliği kurallarını tanımlamaktadır. Ancak şehir içi patlatmalarda dikkat edilmesi gereken ilave bazı hususları hatırlamak gerekmektedir;

- **Patlatma yapılacak bölgeye, yetkili ve ehliyetli kişilerin haricindekilerin girişi engellenmelidir,**
- **Şarj sırasında, sahada elektrik kaçağına olanak tanıyacak, uzatma kablosu, kaynak makinası v.s. enerji kaynağı bulundurulmamalıdır.**
- **Patlatma öncesi çevre halk anons, siren vs gibi yöntemlerle bilgilendirilmelidir,**
- **Patlatma anında, tünel ağzına, shaft veya kuyuya yakın çevre yollar, araç ve yaya trafiğine kapatılmalıdır,**
- **Çevrede okul var ise okul dağılma zamanlarında, fabrika vs iş yeri var ise mesai bitiş saatlerinde patlatma yapmaktan kaçınılmalıdır.**

- Tünel içerisinde akaryakıt tankı vb. var ise patlatma yapılmamalıdır,
- Çevre binalarda meraklı insanların olabileceği unutulmamalı ve izlemeye çıkılmasına izin verilmemeli, balkon ve pencerelerden uzaklaşılması yönünde uyarılar yapılmalıdır,
- Kapsül ve patlayıcılar, kontrol altında ve güvenli bir yerde muhafaza edilmelidir,
- İş makinası vs, güvenli mesafe ve bölgeye alınmalı, içerisinde kimsenin olmadığından emin olunmalıdır,
- Elektrikli kapsülün, tünel tamamen boş olduğundan emin olunduktan sonra bağlanması gerekmektedir,
- Patlatma sonrası tünele girişe, yetkililerin kontrolünden sonra izin verilmelidir.
- Psikolojik kökenli rahatsızlıkları tetiklememek, yaşlı ve kalp hastalarının olabileceğini düşünerek, sabah erken ve akşam geç saatlerde patlatmalar yapılmamalıdır.

## 2.3.2. Tünel Projelerinde Açık saha patlatmaları



# Kazı Sahasının Farklı Bölgelerine Uygulanacak Patlatma Tasarımlarının Yapılması

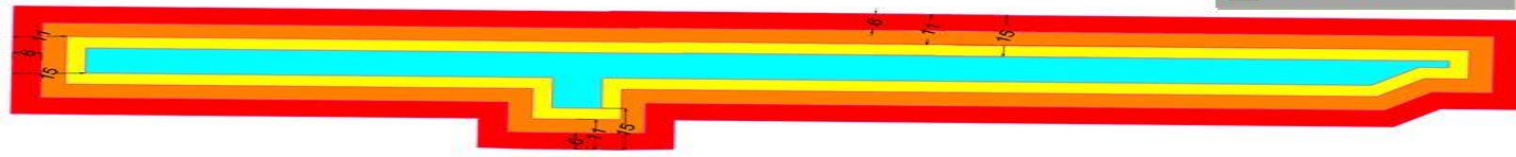


➤ Kentsel alanda yapılacak faaliyetlerde, risk noktalarının çokluğu, optimum parça boyutunun elde edilmesinde kısıtlayıcı bir parametredir.



➤ Bu nedenle, şehir içi kazı sahalarında risk noktalarını korumaya yönelik gevşetme patlamaları yapılarak kaya kazısına devam edilebilir.

■ Kritik Bölge  
■ Tasarım 1  
■ Tasarım 1-2  
■ Tasarım 1-2-3



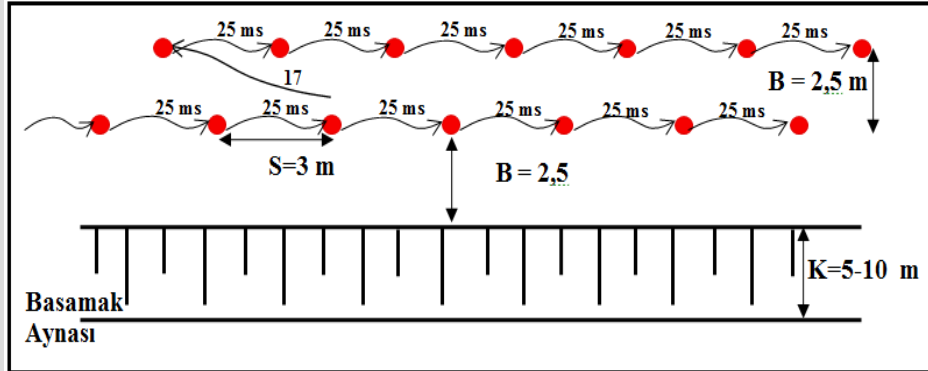
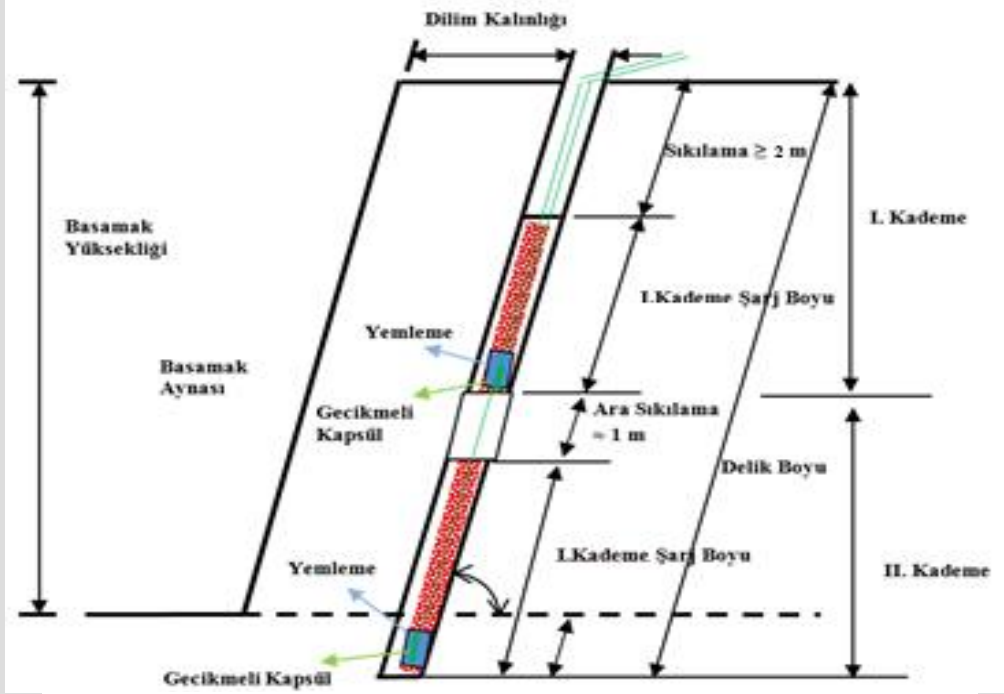


## 2.3.2.1.Şarj hesabı ve delik boyu

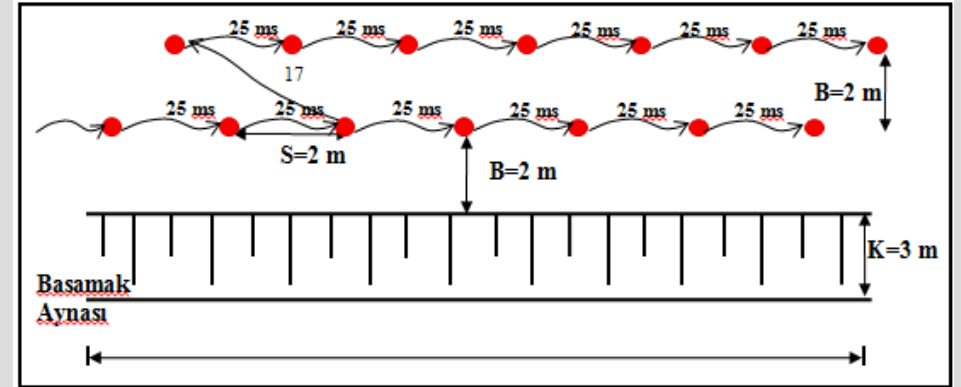
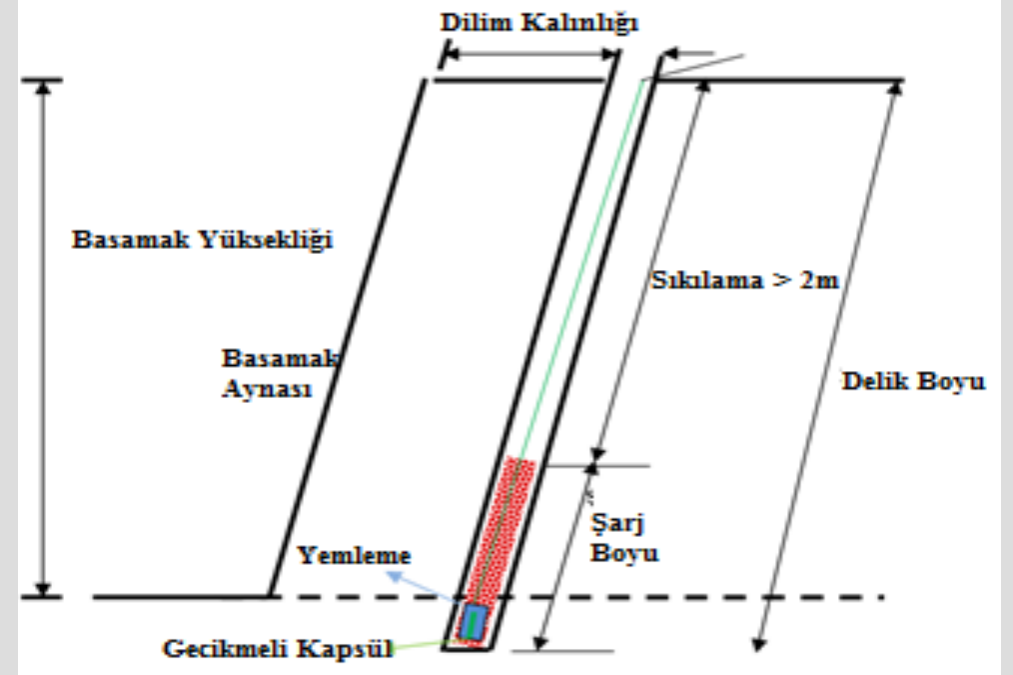
- Deneme atımları veya önceki çalışmalar sonucu, ilgili saha için elde edilmiş saha sarsıntı yayılım katsayıları ( $k$  ve  $\beta$ ) belirlendikten sonra, ölçekli mesafeye dayalı parçacık hızı tahmin denkleminde (Eşitlik 1) risk noktasının mesafesi ve türüne bağlı hasar limit değerleri yerine konularak, o noktada gecikme başına kullanılması gereken en yüksek patlayıcı madde miktarı belirlenir.
- Tasarımlarda bu patlayıcı madde miktarı dikkate alınarak basamak boyu ve delik çapı tespit edilir. Diğer tasarım parametreleri, seçilen basamak boyu ve delik çapından faydalanılarak literatürdeki eşitlikler ile hesaplanır.
- Deneme atımları yapmanın mümkün olmadığı koşullarda, uygulanacak ilk patlatmalarda literatürde yer alan ve çalışılacak saha ile benzeşim gösteren sahalara ait denklemlerden faydalanılabilir. İlk atımların sonucuna balı olarak gerekli revizyonlar yapılabilir.

- Ayrıca, risk analizi yapılarak elde edilen değişik mesafelerde gecikme başına kullanılması gereken en yüksek patlayıcı madde miktarları dikkate alınarak, kazı sahasının farklı bölgelerinde uygulanacak patlatma tasarımları yapılmalıdır.
- Bu tasarımlar, kullanılabilecek gecikme başına maksimum şarj miktarını temel alan bir yaklaşım üzerine inşa edilir.
- Ekonomik, çevresel, teknik ve psikolojik nedenlerle, şehir içi çalışmaların çoğunlukla kısa sürede tamamlanması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında, kazı sahası içerisindeki farklı zonlara bağlı gecikme başına düşen şarj miktarı uygulama zorunluluğu göz önünde bulundurularak farklı patlatma tasarımları uygulanması gerekebilmektedir.
- Bazı durumlarda kısa basamak yükseklikleri veya kısa delik boyu uygulama zorunluluğu doğabilmektedir. Bu durumda düşük gecikme başına şarjların uygulanmasında sıkıntılar olmazken, yüksek basamaklarda veya uzun patlatma deliklerinde, gecikme başına düşen maksimum şarjı uygulayabilmek için kademeli şarj uygulanması zorunlu olabilir.

- Şekil 5 ve 6'da sırasıyla tek ve çok kademeli şarj uygulaması şekli görülmektedir. Kademeli şarj uygulamasında, ateşleme sırasında aynı delikte bulunan her bir kademenin gecikme verilerek farklı zamanlarda patlamasına dikkat edilmelidir. Böylece hasara neden olabilen gecikme başına şarj miktarı önemli ölçüde düşürülebilmekte ve patlatma kaynaklı çevresel riskler minimize edilebilmektedir.



Şekil 6. Ara Sıkılamalı Kademeli Şarj Uygulaması

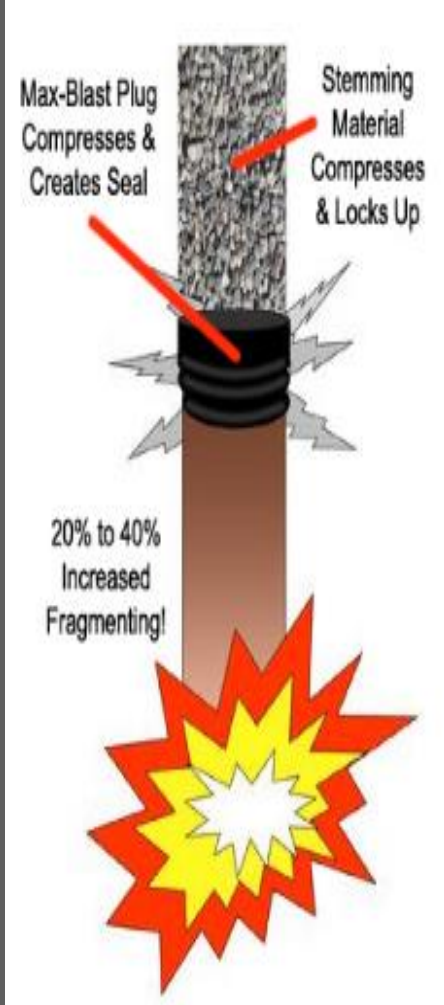


Şekil 5. Mini Basamak Uygulaması (Basamak Yüksekliği, 2-3 m arasında değişebilir)

## 2.3.2.2.Sıkılama ve ara sıkılama

- Yetersiz sıkılama, taş savrulmasına, gürültü ve hava şokunun yükselmesine neden olabilmektedir.
- Aynı zamanda, daha verimli bir patlatma için enerjinin hapsedilmesi bakımından sıkılama büyük önem taşımaktadır.
- Deneyimler sonucu sıkılama boyunun 2 metreden az olmaması gerektiği tespit edilmiştir. Risk noktalarına çok yakın bölgelerde gecikme başına düşen maksimum şarj miktarı, bir mini basamağın gevşetilmesi için yeterli miktarı karşılamamaktadır.
- Böyle durumlarda, ara sıkılama uygulanarak tek delik için iki veya daha fazla gecikme verilebilir (Şekil 5).
- Sıkılama malzemesi olarak da uygun malzemelerin kullanımına dikkat edilmelidir.

## Sıkılama malzemesi olarak agrega (kırmataş) kullanmak

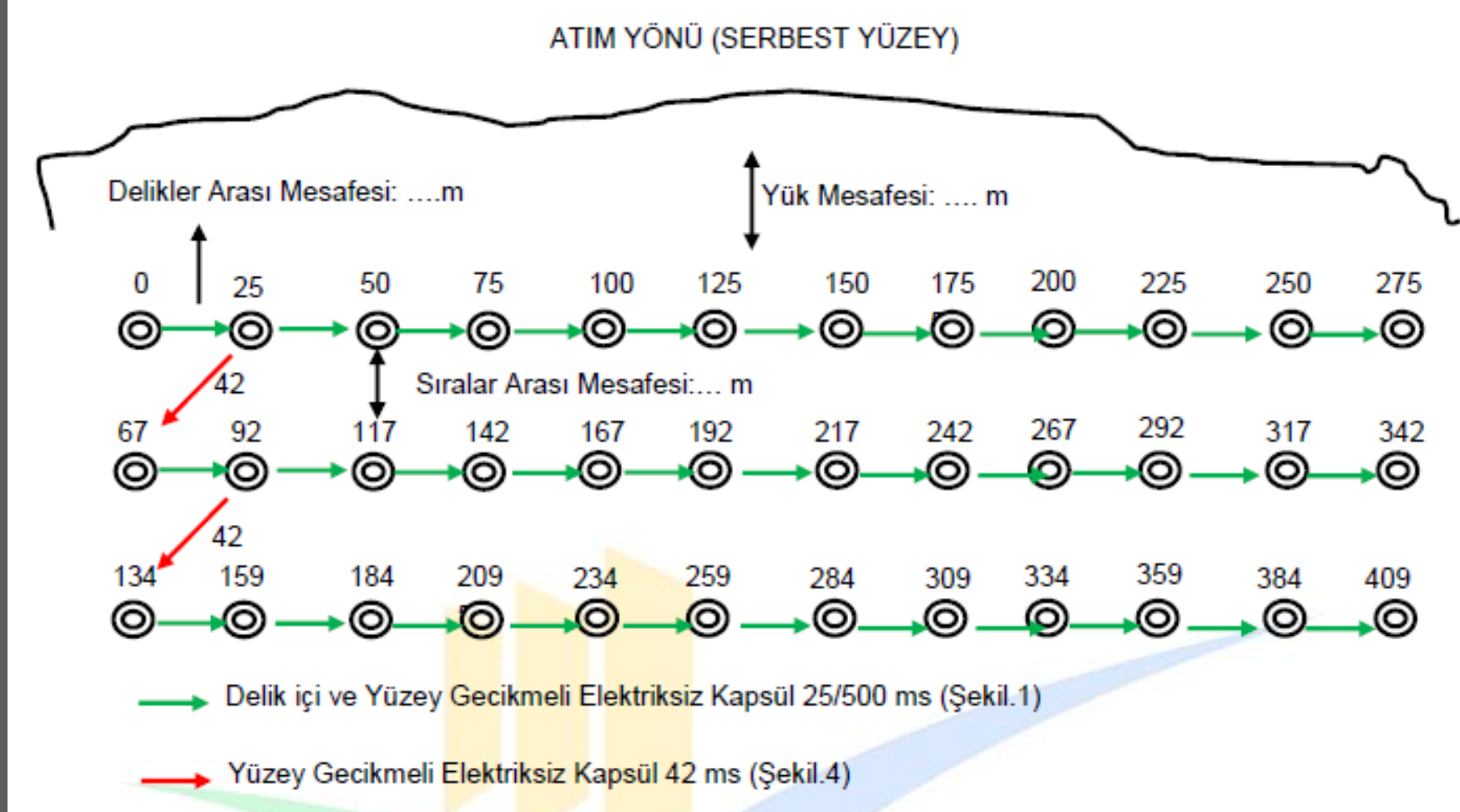




## 2.3.2.3. Ateşleme Sistemi ve Gecikme aralığı

- Gecikme aralığının belirlenmesinde, dikkat edilmesi gereken en önemli husus, sismik dalgaları üst üste bindirmeyecek ve çok yüksek periyotlara ulaşmayacak şekilde sönümlenmiş bir spektrum elde edebilmektir. Bu hususta ilk çalışmalar Duvall (1963) tarafından ortaya atılmış ve bu çalışmalarda kireçtaşı sahasında yapılan testlere göre gecikme aralıkları 8 ve 9 ms olarak önerilmiştir.
- Langefors ve Kihlström (1963) gecikme aralıkları 3 kat fazla olan zincirleme şekilde patlatılan bitişik haldeki patlatma deliklerinde patlatmadan kaynaklanan titreşim periyodları arasında sanki sinyaller absorbe edilmişçesine hiçbir etkileşim olmadığını varsayılabilceğine dikkat çekmiştir.
- Ara sıkılamalı kademeli şarj uygulamasının önemli bir avantajı da çift yemleme yapılmak suretiyle bir deliğe iki farklı gecikme verilebilmesidir. Böylece hasara neden olan gecikme başına şarj miktarı önemli ölçüde düşürülebilir.

➤ Ateşlemede gecikmeli kapsüller kullanmak.







# Örnek: Bir Metro Projesi Açık saha patlatması



- Şekil 3'te çevresinde yerleşim birimleri, altyapı hatları, şehir içi yol ve kazı sahası çevresinde yapımı devam eden fore kazık sisteminin olduğu bir tünel projesinin istasyon kazısı sahası görülmektedir.

Şekil 3. Çevresinde farklı risk unsurları barındıran metro projesi istasyon açık kazı sahası

- Şekil 4'te ise aynı kazı sahası içerisinde risk analizine bağlı olarak belirlenmiş olan gecikme başına düşen maksimum patlayıcı madde miktarını tanımlayan zonlar görülmektedir.
- Patlama delikleri, içerisinde bulunduğu zona göre şarj edilmelidir. Dolayısı ile bu tür projelerde, her bir patlatma deliğinin konumu ve koordinatının takip edilmesi önem arz etmektedir.
- Aynı atım grubu Şekil 4'te görüldüğü gibi farklı zonlar içerisinde olabilir. Bu durumda da yine her bir delik, şarj açısından atım grubundan bağımsız düşünülmeli, ancak ateşleme, delikler ve sıralar arası bağlantı açısından bağımsız düşünülmemelidir.



Şekil 4. Bir şehir içi metro projesi istasyon kazısı sahasına ait patlatma zonları

# Kazı Sahasının Farklı Bölgelerine Uygulanacak Patlatma Tasarımlarının Yapılması

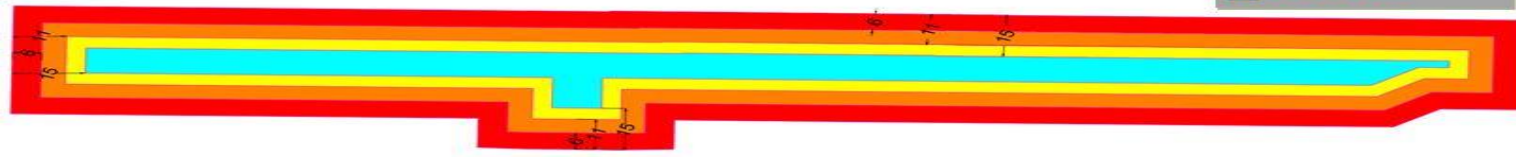


➤ Kentsel alanda yapılacak faaliyetlerde, risk noktalarının çokluğu, optimum parça boyutunun elde edilmesinde kısıtlayıcı bir parametredir.



➤ Bu nedenle, şehir içi kazı sahalarında risk noktalarını korumaya yönelik gevşetme patlamaları yapılarak kaya kazısına devam edilebilir.

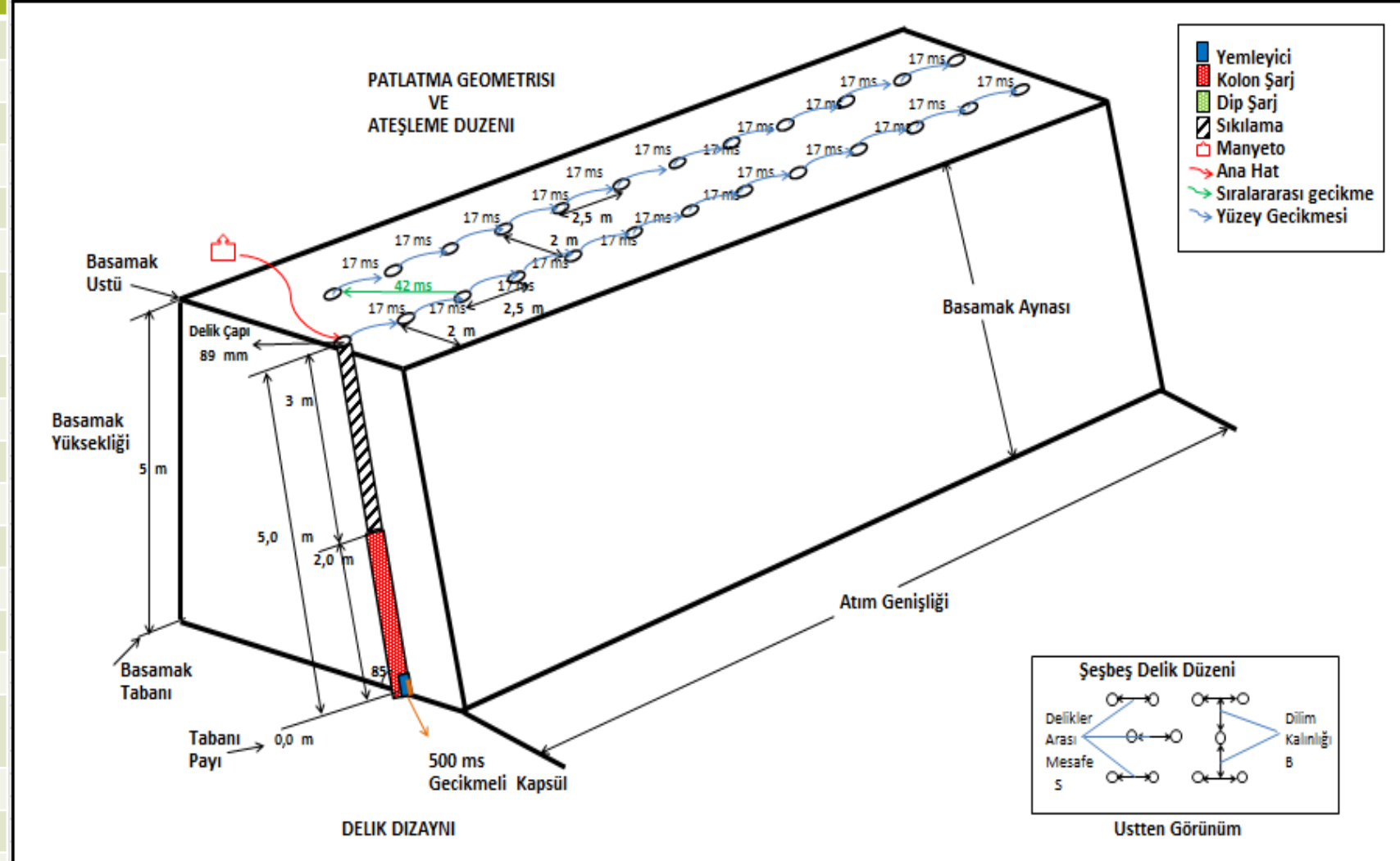
■ Kritik Bölge  
■ Tasarım 1  
■ Tasarım 1-2  
■ Tasarım 1-2-3





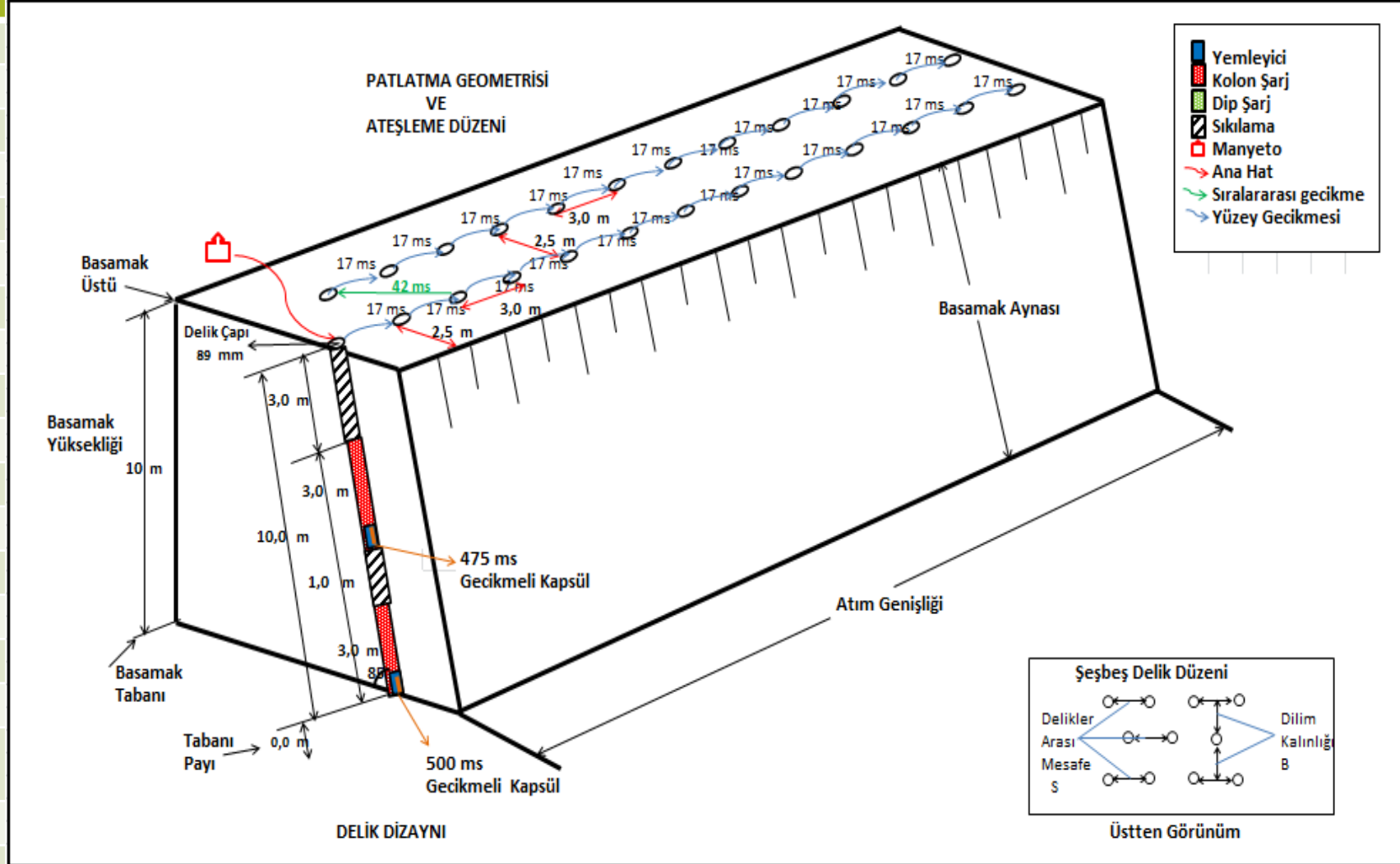
# Saha şartlarına göre önerilen Patlatma Tasarımı-2

	TASARIM 2
Patlayıcı Madde Türü	ANFO
Patlayıcı Mad.Yoğunluğu (kg/dm <sup>3</sup> )	800
Delik Eğimi (°)	85
Şarj Konstarasyonu, I <sub>b</sub> (kg/m)	5
Delik Çapı, (mm)	89
Basamak Yüksekliği K (m)	5
Delik Taban Payı, U (m)	-
Delik Uzunluğu, H (m)	5
Dilim Kalınlığı, B (m)	2
Delikler Arası Mesafe, S (m)	2,5
Sıkılama Boyu, h <sub>o</sub> (m)	3
Ara Sıkılama Boyu (m)	-
Yemleme (kg)	0,5
1. Kademe Şarj Boyu h <sub>2</sub> (m)	2
2. Kademe Şarj Boyu (m)	-
Delik Şarj Miktarı Q (kg)	10,5
Gecikme Başına Maks. Şarj Miktarı (kg)	10,5
Özgül Şarj (kg/m <sup>3</sup> )	0,42
Özgül Delme (m/m <sup>3</sup> )	0,21
Risk Noktasına En Yakın Mesafe (m)	>11



# Saha şartlarına göre önerilen Patlatma Tasarımı-3

	TASARIM 3
Patlayıcı Madde Türü	ANFO
Patlayıcı Mad.Yoğunluğu (kg/dm <sup>3</sup> )	800
Delik Eğimi (°)	85
Şarj Konstarasyonu, I <sub>b</sub> (kg/m)	5
Delik Çapı, (mm)	89
Basamak Yüksekliği K (m)	10
Delik Taban Payı, U (m)	-
Delik Uzunluğu, H (m)	10
Dilim Kalınlığı, B (m)	2,5
Delikler Arası Mesafe, S (m)	3
Sıkılama Boyu, h <sub>o</sub> (m)	3
Ara Sıkılama Boyu (m)	1
Yemleme (kg)	0,5
1. Kademe Şarj Boyu h <sub>2</sub> (m)	3
2. Kademe Şarj Boyu (m)	3
Delik Şarj Miktarı Q (kg)	31
Gecikme Başına Maks. Şarj Miktarı (kg)	15,5
Özgül Şarj (kg/m <sup>3</sup> )	0,41
Özgül Delme (m/m <sup>3</sup> )	0,14
Risk Noktasına En Yakın Mesafe (m)	>15







## 2.3.2.4. Patlatma kaynaklı titreşimi azaltmak için alınabilecek önlemler

- Patlatma kaynaklı oluşan yer sarsıntılarının karakteristiklerini etkileyen parametreler pratik olarak patlatma sonuçlarını etkileyen parametreler ile aynıdır.
- Patlatma yapılacak sahaya ait jeoloji ve kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin, yersarsıntısı üzerinde ciddi etkileri vardır.
- Homojen ve masif kaya kütlelerinde titreşim her yönde dağılır, fakat kompleks jeolojik yapıda olan kaya kütlelerinde dalga yayılımı yöne göre değişebilir ve sonuç olarak daha değişik bir sönümlenme şeklinde gözlenir veya farklı bir yayılım karakteri gösterebilir.

## Patlatmadan kaynaklanan titreşimi azaltmak için alınabilecek önlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;

- Sahanın farklı bölgelerinde kullanılması gereken maksimum şarj miktarı belirlenmeli ve patlatma tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulmalıdır.
- Her delik ayrı gecikme aralığında patlatılmalıdır.
- Sıralar arası gecikme ile, delikler arası gecikmeler uyumlu olmalı ve deliklerin patlama zamanlarının çakışmaması sağlanmalıdır.
- Ön sıra deliklerin önce patlaması sağlanmalıdır.
- Delik boyuna uyumlu, serbest bir aynanın oluşturulması gereklidir. Serbest bir aynası olmayan patlatma gruplarından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
- **Kaya birimine en uygun patlayıcı türü seçilmelidir.**
- Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığının, patlayıcı enerjisinin, parçalamaya ayrılabilmesine olanak tanıyacak boyutlarda olması gerekmektedir. Aksi takdirde, parçalanmaya harcanamayan enerji, kayaç içerisinde sismik enerjiye dönüşecektir.

## 2.3.2.5. Patlatma kaynaklı hava şokunu azaltmak için alınabilecek önlemler

- **Çevresel şikayetlerin büyük bir bölümü hava şokundan kaynaklanmaktadır.** Hava şoku, insanları psikolojik olarak rahatsız ederek, algı seviyesini arttırmaktadır.
- Amerika Birleşik Devletleri Madencilik Bürosu (USBM)'nin RI 8507 yönetmeliğine (Siskind vd., 1989) göre, **patlatma kaynaklı hava şokunun 1 dB artması, algı seviyesini 10 dB arttırabildiği ifade edilmektedir.**
- **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ise yaklaşık olarak bir sesin 6 - 10 dB yükselme ya da düşmesinin, gürültü düzeyinin 2 katına çıkması ya da inmesi gibi algılandığını vurgulamıştır. Bu nedenle, patlatma kaynaklı hava şoku düşürülerek algı seviyesinin düşürülmesi çok önemlidir.**
- Hava şoku ve gürültünün 1 dB azaltılması bile, insan algısı açısından psikolojik sınırın kontrol edilmesine yardımcı olabilmektedir.

## Patlatmadan kaynaklanan hava şokunu azaltmak için alınabilecek önlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;

- **Uygun delik geometrisi, uygun sıkılama malzemesi, sıkılama boyu ve gecikmeli ateşleme sistemi kullanılmalıdır.**
- **Delme öncesi patlatma aynası incelenerek gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelenir. Böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgeye daha az patlayıcı madde şarjı yapılmalıdır.**
- **Rüzgar yönünün kritik olduğu zamanlarda ateşleme yapılmamalıdır. Zira rüzgar, şiddetine bağlı olarak hava şokunu yükseltebilir veya daha uzak noktalara taşıyabilir.**
- **İnfilaklı fitil zorunlu olmadıkça kullanılmamalı, kullanılırsa da üzeri 7-10 cm kum ile örtülmeli.**
- **Çok kritik durumlarda, yüzey kapsülü patlama seslerinin algıyı artırdığı düşünülürse, elektronik kapsül alternatif ateşleme sistemi olarak kullanılabilir.**

Unutulmamalıdır ki, yapılan tahminler, yaklaşık değerler vermektedir. Herhangi bir yerdeki gerçek hava şoku ve gürültü seviyeleri atmosferik ve topoğrafik şartlarla birlikte atım geometrisine bağlı olmaktadır. Bu nedenle, çok ciddi şikayetlerin yaşandığı bölgelerde, bu tahminlere ek olarak hava şoku ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.

## 2.3.2.6. Patlatmadan kaynaklanan taş savrulmasını azaltmak için alınabilecek önlemler

- Patlayıcı maddenin, kaya kütlesi içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlesinde bir kısım yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar.
- Taş savrulmasını denetleyebilmek için şu önlemler alınır;
- Şehir içi patlatmalarda atım grubunun üzerinde mutlak suretle uygun nitelikte çelik ve/veya kauçuk hasır örtüler (mat) kullanılmalı, bazı durumlarda ise kum torbalarıyla destekli olarak kullanılabilceği düşünülmelidir. Şekil 6'da mini basamak uygulanan bir temel kazısı sahasında, taş savrulmasını önlemek için kullanılan örtü ve patlatma sonrası kaya görüntüsü ise Şekil 7'de yer almaktadır.



Şekil 6. Mini basamak uygulanan bir temel kazısında taş savrulmasını önlemek için kullanılan örtü.

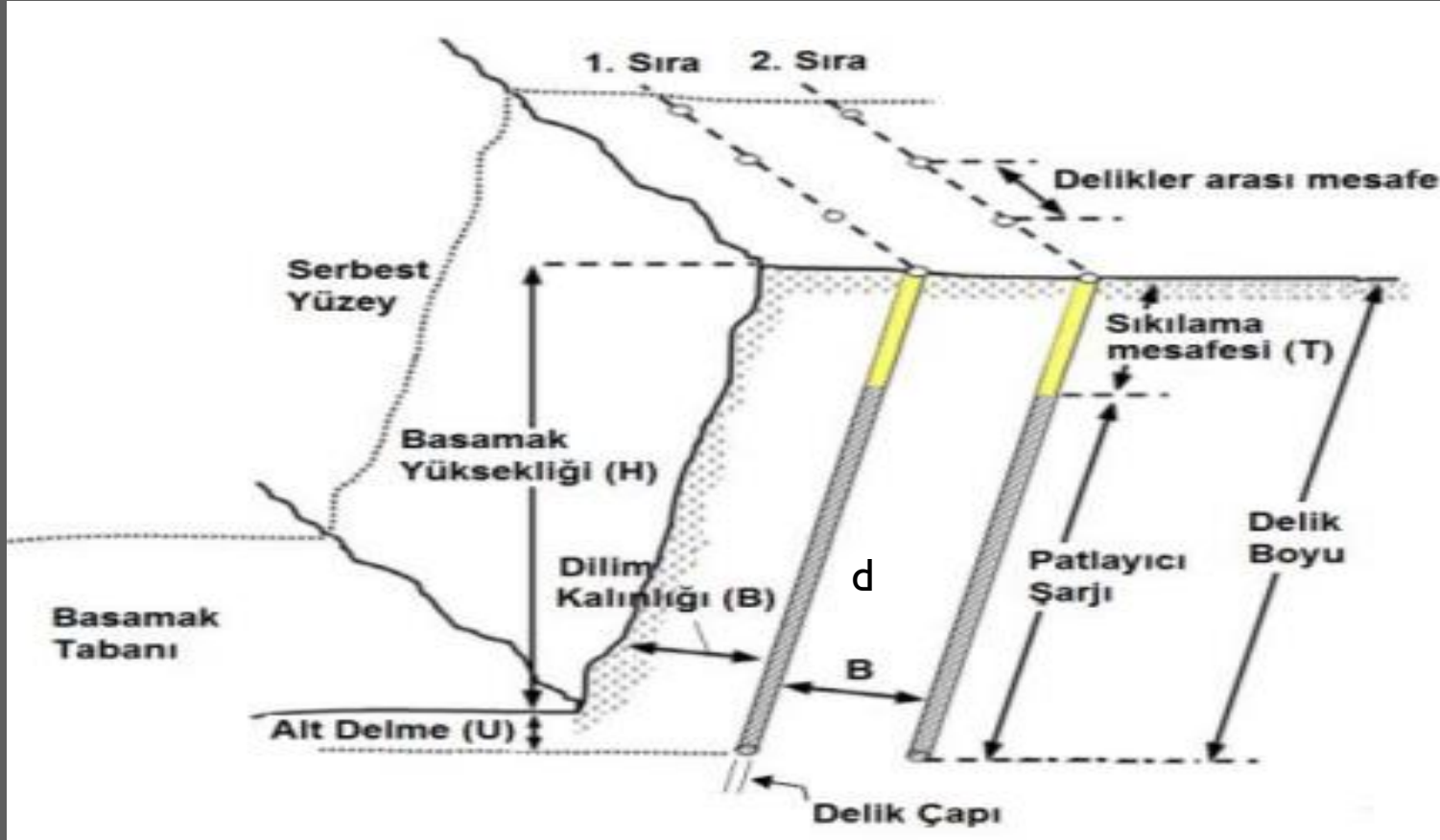


Şekil 7. Şekil 6'da verilen gevşetme amaçlı patlatma sonrası görüntü

## **Taş Savrulmasını Kontrol Edebilmek İçin Aşağıdaki Önlemler Alınır;**

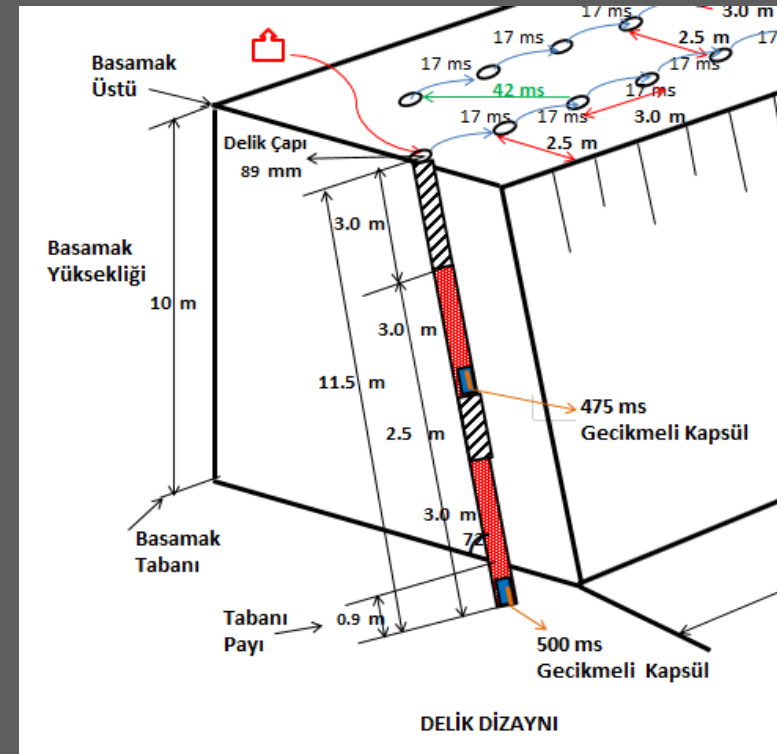
- **Patlayıcı madde, uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya yapısı içinde olabildiğince homojen dağıtılmalıdır.**
- **Uygun delik geometrisi belirlenmelidir, böylelikle deliklere uygun yükler verilmiş olur.**
- **En az delik-ayna yük mesafesi boyutunda sıkılama boyu bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak sıkılması yapılmalıdır.**
- **Ateşlemede gecikmeli kapsüller kullanılmalıdır.**
- **Birden fazla sıra varsa, ön sıra deliklerinin önce patlamasına dikkat edilmelidir.**
- **Ayna önünün açık olmasına özen gösterilmelidir.**

- Yük mesafesini (delik dibi ile basamak önyüzünün dibi arası) delik çapının 22 katından az uygulamamak.



$$B \geq 22 \times d$$

- Delikler delinmeden önce aynada (basamak ön yüzünde) jeolojik arıza, açık eklem, kil damarı, kırık ve ezik zon bulunup bulunmadığını kontrol etmek ve arıza varsa,
  - Arızalı kesimde bulunan delik veya deliklere olağandan daha az patlayıcı madde yerleştirmek
  - Deliği/delikleri kademeli şarj etmek
  - Arızalı çıkan deliği iptal etmek





➤ Patlatma örtüleri kullanmak



## 2.3.2.7.İşçi sağlığı ve iş güvenliği

İşçi Sağlığı ve iş güvenliği, tüm iş kollarında ve çalışma alanlarında önem arz etmekle birlikte konu ile ilgili tüzük ve yönetmelikler, uyulması gereken işçi sağlığı ve iş güvenliği kurallarını tanımlamaktadır. Ancak şehir içi patlatmalarda dikkat edilmesi gereken ilave bazı hususları hatırlamak gerekmektedir;

- Patlatma yapılacak bölgeye, yetkili ve ehliyetli kişilerin haricindekilerin girişi engellenmelidir,
- Şarj sırasında, sahada elektrik kaçağına olanak tanıyacak, uzatma kablosu, kaynak makinası v.s. enerji kaynağı bulundurulmamalıdır.
- Patlatma öncesi çevre halk anons, siren v.s gibi yöntemlerle bilgilendirilmelidir, gerekirse kolluk kuvvetlerinden konu ile ilgili destek istenmelidir,
- Yakın çevre yollar, araç ve yaya trafiğine kapatılmalıdır,
- Çevrede okul var ise okul dağılma zamanlarında, fabrika v.s iş yeri var ise mesai bitiş saatlerinde patlatma yapmaktan kaçınılmalıdır.

- **Saha içerisinde akaryakıt tankı vb. var ise patlatma yapılmamalıdır,**
- **Çevre binalarda meraklı insanların olabileceği unutulmamalı ve izlemeye çıkılmasına izin verilmemeli, balkon ve pencerelerden uzaklaşılması yönünde uyarılar yapılmalıdır,**
- **Kapsül ve patlayıcılar, kontrol altında ve güvenli bir yerde muhafaza edilmelidir,**
- **İş makinası v.s, güvenli mesafe ve bölgeye alınmalı, içerisinde kimsenin olmadığından emin olunmalıdır,**
- **Üst örtü malzemesi ile atım grubu üzeri örtülürken, kapsül bağlantılarının kopmamasına ve ateşleme sisteminin zarar görmemesine dikkat etmek gerekmektedir,**
- **Elektrikli kapsülün, saha tamamen boş olduğundan emin olunduktan sonra bağlanması gerekmektedir,**
- **Patlatma sonrası sahaya girişe, yetkililerin kontrolünden sonra izin verilmelidir.**
- **Psikolojik kökenli rahatsızlıkları tetiklememek, yaşlı ve kalp hastalarının olabileceğini düşünerek, sabah erken ve akşam geç saatlerde patlatmalar yapılmamalıdır.**

# 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

- **Artan şehirleşme ile; Şehir içi ulaşımı ve altyapı ihtiyacını karşılayacak karayolu, metro, su, atık su vb. gibi projelerde yapılan tünel açma çalışmalarında ve benzer projelerin açık saha kazılarında,**
  - patlatma kaynaklı titreşim,
  - hava şoku,
  - taş savrulması gibi çevresel etkilerin en aza indirilebilmesi için,
  - İstenen ilerlemelerin sağlanabilmesi,
  - Düzgün bir tünel cidarı elde edilebilmesi için,
- Projenin her aşamasında dikkat edilmesi gereken hususların doğru uygulanması,
- Hasar riski değerlendirmesinin, çalışmaların her aşamasında dinamik olarak devam etmesi,
- **Ve, her aşamada en uygun tasarımların uygulanması ile mümkün olacaktır.**
- **Değişken koşullara göre, çevreye duyarlı patlatma tasarımlarının, atım bazında değerlendirilmesi ve projelendirilmesi gerekliliği gözden uzak tutulmamalıdır.**