

# KARŞIYAKA TÜNELLERİNİN KAZI ETÜDÜ

96179

**Dokuz Eylül Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı**

**Mustafa Emre ERTEM**

**Haziran, 2000**

**İZMİR**

## Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

Mustafa Emre ERTEM tarafından Yrd. Doç. Dr. Çelik TATAR yönetiminde hazırlanan "Karşıyaka Tünellerinin Kazı Etüdü" başlıklı tez, tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Çelik TATAR

Yönetici

EC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

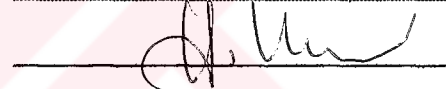


Y. Doç. Dr. M. Yalçın Koca

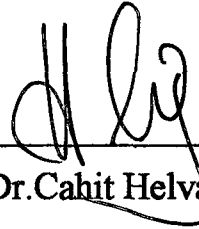


Jüri Üyesi

Prof. Dr. Halil Kocı



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Cahit Helvacı

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŐEKKÜR

Bu projenin hazırlanmasında yaptığı katkılardan, değerli önerileri ve yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Sayın Çelik TATAR'a teőekkürü bir borç bilirim.

Bununla birlikte projenin oluşmasında emeği geçen, Maden Müh. Sayın Vedat Taylan ENGİN, Jeoloji Müh. Sayın Ragıp TURHAN, Jeoloji Müh. Sayın Teyfik TANRIVER, Makina Müh. Sayın Necdet TÜRK, Maden Müh. Sayın Abdullah Kürőat EROL, Sayın Eda NEBİPAŐAGİL, Sayın Yaőar ÇETİN, Doç. Dr. Sayın Ahmet Hakan ONUR, Doç. Dr. Sayın Mehmet Sıddık KIZIL, Sayın Mehtap BURHANOĐLU, Jeoloji Müh. Sayın Reőat BOZOĐLU, Doç. Dr. Sayın Turgay ONARGAN, Y. Maden Müh. Sayın Hüseyin KARAOĐLAN ve Maden Müh. Sayın Halil MURAT'a çizimlerdeki katkılarında dolayı İnşaat Teknikeri Sayın İbrahim ÇİĞDEM'e ve maddi ve manevi desteklerinden dolayı annem Hülya ERTEM, babam Halil İbrahim ERTEM ve kardeőim Eda Gül ERTEM'e őükran ve teőekkürlerimi sunarım.

**Mustafa Emre ERTEM**

## ÖZET

İzmir, 3.5 milyonu aşan nüfusu ile ülkemizin üçüncü büyük şehridir. Tüm ülkede olduğu gibi İzmir’de de hızlı nüfus artışı ile beraber trafiğe giren araç sayısında da ciddi artışlar olmuştur. Bu gerçek, karayollarının geliştirilmesini, özellikle, sürüş rahatlığı ve güvenliği açısından otoyolların yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. İstanbul-Ankara, Pozantı-Adana-Mersin-İskenderun, İzmir-Çeşme otoyollarına ek olarak, 2000’li yılların başında bitirilmesi planlanan 165 km’lik İzmir-Aydın Otoyolu ve İzmir Çevre Yolu inşasına 90’lı yıllarda başlanmıştır.

Aydın-İzmir Otoyolu ve İzmir Çevre Yolu kapsamında Türkiye’nin önde gelen otoyol tünellerinden Selattinler (~3 km) ve Karşıyaka (~2 km) tünelleri açılmıştır. Bu tüneller; dünyada bir çok ülke tarafından da tercih edilen, tünel açmada yeni ve ileri teknolojiye dayanan Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu ile inşa edilmişlerdir.

Bu çalışmada, Karşıyaka Tünellerinde uygulanan, Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin uygulanışı ve başarısı, tünellerin genel jeolojisi, tünel açmada kullanılan makinaların genel yapıları incelenmiştir. Bu çalışmalarla birlikte Tek Eksenli Basınç Deneyleri ile, etüd safhasında işletmede yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyleri karşılaştırılmıştır. Yine, etüd safhasında işletmede yapılan diğer deneylere de ayrıca yer verilmiştir. Diğer yandan, farklı formasyonlardaki iş/zaman etüdü yapılarak, kazı hızı, çalışmanın verimi ve zaman kayıpları araştırılmıştır. Bununla birlikte, işletmede ateşçi inisiyatifi ile yapılan patlatmalar için bir düzen belirlenmiş ve uygulamaya konulmuştur. Kazı sırasındaki işlemler ve işlemlerin kalitesi şantiye sahasında incelenerek buraya aktarılmıştır.



---

## ABSTRACT

---

İzmir is the third biggest city in Turkey that has the population of more than 3.5 million. There has been a rapid increase in traffic system because of the growing population as it is seen in an over the country. This reality brings the necessity of construction of new motorways for their driving safety and comfort. In addition to İstanbul-Ankara, Pozantı-Adana-Mersin-İskenderun, İzmir-Çeşme motorways, İzmir-Aydın Motorway and İzmir Ring Road construction were started in 1990 and it was planned to be finished in 2000.

Selattinler (approx. 3 km long) and Karşıyaka (approx. 2 km long) Tunnels have been constructed as a part of Aydın-İzmir Motorway and İzmir Ring Road. Those tunnels were constructed by the New Austria Tunnelling Method, which has being used all over the world since its technological in tunnelling.

In this study, Application and success of New Austria Tunnelling Method for Karşıyaka Tunnels, general geology of tunnels, general structure of machineries used in tunnels excavation, were studied. In addition, The Uniaxial Compressive Strength of the rock was compared with the results obtained from company's original experiments. Additionally, the experiments done in the planning stage of the tunnels have been analysed. On the other hand, for different formations, scheduling studies have been performed and excavation speeds, efficiencies and idle time distribution was investigated. The blast pattern was taken under control from the initiative of workers and new blasting pattern was applied. The operations in excavation and their quality have been investigated at construction site.

# **İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
İçindekiler .....	I
Tablolar Listesi.....	VI
Şekiller Listesi.....	IX
Ekler .....	XII

## **Bölüm Bir**

### **GİRİŞ**

1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tünelcilik.....	1
1.2. Karşıyaka Tünelleri.....	2

## **Bölüm İki**

### **YENİ AVUSTURYA TUNEL AÇMA YÖNTEMİ**

2. YENİ AVUSTURYA TUNEL AÇMA YÖNTEMİ.....	3
---	---

2.1. Yöntemin Tanımlanması.....	3
2.2. Enine Kesitlerde Kolaylık.....	6
2.3. Yöntemde Tahkimatın Boyutlandırılması .....	7
2.4. Ölçümler ve Ölçüm Araçları.....	8
2.5. Kullanılan Ekipmanlar.....	10
2.6. Yöntemin Avantajları ve Dezavantajları .....	11
2.7. Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde Kaya Sınıflandırması.....	15
2.7.1. Sınıflandırmanın Amacı .....	15
2.7.2. Sınıflandırma .....	17
2.8. Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin Özellikleri.....	18

## Bölüm Üç

### KARŞIYAKA TÜNELLERİNİN JEOLJİK ETÜDÜ

3. KARŞIYAKA TÜNELLERİNİN JEOLJİK ETÜDÜ .....	24
3.1. Projenin Tanımı.....	24
3.2. Jeolojik Haritalama.....	26
3.3. Karotlu Sondajlar .....	26
3.4. Jeofizik Araştırmalar .....	26
3.5. Laboratuvar ve Arazi Deneyleri.....	27
3.6. Genel Jeolojik Şartlar .....	27
3.7. Tünel Güzergahının Jeolojik ve Jeoteknik Durumu.....	29

3.8. İşletmede Yapılan Ölçüm ve Testler .....	30
3.9. Laboratuvarda Yapılan Testler.....	34
3.9.1. Tek Eksenli Basınç Dayanım Deneyi .....	34
3.9.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	36
3.10. Karşıyaka Tünelleri Projesine Göre Kaya Kütle Sınıfı Tanımı .....	40
3.11. Karşıyaka Tünelleri Jeolojisi.....	46

### Bölüm Dört

### KARŞIYAKA TÜNELLERİNİN KAZI ETÜDÜ

4. KARŞIYAKA TÜNELLERİNİN KAZI ETÜDÜ .....	51
4.1. Genel Bilgiler .....	51
4.2. Kaya Sınıflarına Göre Kazı Çalışmaları.....	53
4.2.1. Kaya Sınıfı P.....	53
4.2.2. Kaya Sınıfı 5 .....	59
4.2.3. Kaya Sınıfı 4.....	65
4.3. İşlem Zamanları.....	72
4.4. Zaman Kayıpları.....	91
4.5. Aylara Göre İlerleme Miktarları .....	93
4.6. Karşıyaka Tünellerinde Delme ve Patlatma .....	96
4.6.1. Kaya Sınıfı 4 Patlatma Düzeni .....	96
4.6.2. Kaya Sınıfı 4-5-P için Rampa Patlatma Düzeni .....	97

4.6.3. Kaya Sınıfı 4 Alt Yarı Patlatma Düzeni.....	99
4.6.4. Kaya Sınıfı 5 için Patlatma Düzeni.....	100
4.6.5. Kaya Sınıfı 5 Alt Yarı Patlatma Düzeni.....	102
4.6.6. Patlatmalarda Orta Çekme ve Sıkılama Esasları .....	102
4.6.7. Patlayıcı Madde ve Özellikleri .....	105
4.6.8. Aylara Göre Kullanılan Patlayıcı Madde Miktarları.....	106
4.7. Tünel Açmada Kullanılan Makina ve Ekipmanlar.....	108
4.7.1. CAT 963B Paletli Kepçe.....	109
4.7.2. CAT 966E Lastikli Yükleyici.....	112
4.7.3. CAT 988B Lastikli Yükleyici.....	113
4.7.4. Komatsu HD 325 Kaya Kamyonları.....	114
4.7.5. CAT 428 Kırıcı, Yükleyici.....	115
4.7.6. Püskürtme Beton Makinası.....	116
4.7.7. Jumbo .....	117
4.7.8. Enjeksiyon Seti .....	119
4.8. Tünel Desteklemesinde Kullanılan Malzemeler .....	120
4.8.1. İksa (Çelik I Profili).....	120
4.8.2. Çelik Hasır.....	120
4.8.3. Süren Borusu .....	120
4.8.4. Bulon.....	120
4.8.5. Püskürtme Beton.....	120
4.9. Kaya Sınıflarına Göre 1 m lik İlerleme Tutarları.....	122

**Bölüm Beş****EK PROJELER**

5. EK PROJELER .....	125
5.1. Çapraz Geçişler .....	125
5.1.1. Ağız Yapısı ve Hazırlık Çalışmaları .....	125
5.1.2. Kazı Çalışmaları .....	126
5.2. Jeolojik Nedenli Fazla Açılmalara Uygulanan Destekleme İşlemleri.....	127

**Bölüm Altı****SONUÇ**

6. SONUÇ .....	129
KAYNAKLAR.....	133

## **TABLO LİSTESİ**

	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1. Yeni Avusturya Yönteminde Kaya Sınıflandırması.....	17
Tablo 3.1. K1 Tüneli Yeraltı Suyu Akışı .....	29
Tablo 3.2. K2 Tüneli Yeraltı Suyu Akışı .....	29
Tablo 3.3. K2 Tüneli-Orta Sondaj Kaya Mekaniği Deneş Sonuçları B40/92.....	31
Tablo 3.4. K2 Tüneli-Orta Sondaj Kaya Mekaniği Deneş Sonuçları B41/92.....	31
Tablo 3.5. K2 Tüneli-Doğu Portal Sondaj Kaya Mekaniği Deneş Sonuçları .....	32
Tablo 3.6. K2 Tüneli-Orta Sondaj Kaya Mekaniği Deneş Sonuçları B39/92.....	32
Tablo 3.7. K2 Tüneli-Batı Portal Sondaj Kaya Mekaniği Deneş Sonuçları .....	33
Tablo 3.8. K1 Tüneli Doğu Portal Sondaj Kaya Mekaniği Deneş Sonuçları .....	33
Tablo 3.9. K2P1SB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basınç Deneş Sonuçları .....	38
Tablo 3.10. K2P1NB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basınç Deneş Sonuçları .....	39
Tablo 3.11. Karşiyaka K2P2SB Tüpü (Bornova Tarafi).....	41
Tablo 3.12. Karşiyaka K2P1SB Tüpü (Karşiyaka Tarafi) .....	41
Tablo 3.13. Karşiyaka K2SB Tüpü.....	42
Tablo 3.14. Karşiyaka K2P2NB Tüpü (Bornova Tarafi) .....	42
Tablo 3.15. Karşiyaka K2P1SB Tüpü (Karşiyaka Tarafi) .....	43
Tablo 3.16. Karşiyaka K2NB Tüpü .....	43
Tablo 3.17. Karşiyaka K1P1SB Tüpü (Yamanlar Tarafi).....	44
Tablo 3.18. Karşiyaka K1P2SB Tüpü (Karşiyaka Tarafi) .....	44
Tablo 3.19. Karşiyaka K1SB Tüpü.....	44
Tablo 3.20. Karşiyaka K1P1NB Tüpü (Yamanlar Tarafi) .....	45

Tablo 3.21. Karşıyaka K1P2NB Tüpü (Karşıyaka Tarafı).....	45
Tablo 3.22. Karşıyaka K1NB Tüpü .....	45
Tablo 3.23. Tünel Güzergahı SB Hattındaki Genel Durum .....	46
Tablo 3.24. Tünel Güzergahı NB Hattındaki Genel Durum.....	46
Tablo 4.1. Deformasyon ve Yapım Toleransları .....	52
Tablo 4.2. Portal Kaya Sınıfı Teorik Malzeme Miktarı .....	56
Tablo 4.3. Portal Kaya Sınıfı Üst Yarı Kazı Verileri.....	58
Tablo 4.4. Portal Sınıfı Alt Yarı Kazı Verileri .....	58
Tablo 4.5. Kaya Sınıfı 5 Teorik Malzeme Miktarı .....	63
Tablo 4.6. Kaya Sınıfı 5 Üst Yarı Kazı Verileri .....	64
Tablo 4.7. Kaya Sınıfı 5 Alt Yarı Kazı Verileri.....	65
Tablo 4.8. Kaya Sınıfı 4 Teorik Malzeme Miktarı .....	69
Tablo 4.9. Kaya Sınıfı 4 Üst Yarı Kazı Verileri .....	70
Tablo 4.10. Kaya Sınıfı 4 Alt Yarı Kazı Verileri.....	70
Tablo 4.11. K2SB Tüneli 600+803.60, Zaman Etüdü .....	73
Tablo 4.12. K2SB Tüneli 601+048.20, Zaman Etüdü .....	74
Tablo 4.13. K2SB Tüneli 601+298.45, Zaman Etüdü .....	75
Tablo 4.14. K2SB Tüneli 601+475.45, Zaman Etüdü .....	76
Tablo 4.15. K2SB Tüneli 601+694.95, Zaman Etüdü .....	77
Tablo 4.16. K2SB Tüneli 601+900.00, Zaman Etüdü .....	78
Tablo 4.17. K2SB Tüneli 602+260.54, Zaman Etüdü .....	79
Tablo 4.18. K2SB Tüneli 602+567.29, Zaman Etüdü .....	80
Tablo 4.19. K2NB Tüneli 500+851.70, Zaman Etüdü.....	81
Tablo 4.20. K2NB Tüneli 501+273.25, Zaman Etüdü.....	82
Tablo 4.21. K2NB Tüneli 501+556.75, Zaman Etüdü.....	83
Tablo 4.22. K2NB Tüneli 501+801.85, Zaman Etüdü.....	84
Tablo 4.23. K2NB Tüneli 502+336.50, Zaman Etüdü.....	85
Tablo 4.24. K2NB Tüneli 502+524.00, Zaman Etüdü.....	86
Tablo 4.25. K1SB Tüneli 600+239.45, Zaman Etüdü .....	87
Tablo 4.26. K1NB Tüneli 500+064.40, Zaman Etüdü.....	88



Tablo 4.27. İş Zamanları Ortalaması.....	89
Tablo 4.28. 01.04.1998-01.05.1998 Tarihleri Arası Zaman Kayıpları (SB).....	91
Tablo 4.29. 01.04.1998-01.05.1998 Tarihleri Arası Zaman Kayıpları (NB).....	92
Tablo 4.30. Karşıyaka Tünelleri Aylık Kazı İlerlemesi.....	94
Tablo 4.31. Kaya Sınıfı 4'te Kullanılan Patlatıcı Madde ve Kapsül Miktarları.....	97
Tablo 4.32. Kaya Sınıfı 4 Patlatma Düzeni Bilgileri.....	97
Tablo 4.33. Kaya Sınıfı 4-5-Portal Rampa Patlatma Düzeni.....	99
Tablo 4.34. Kaya Sınıfı 4'te Alt Yarıda Kullanılan Patlayıcı ve Kapsül Miktarları .	100
Tablo 4.35. Kaya Sınıfı 5'te Kullanılan Patlayıcı Madde ve Kapsül Miktarları .....	101
Tablo 4.36. Kaya Sınıfı 5 Patlatma Düzeni Bilgileri.....	101
Tablo 4.37. Kaya Sınıfı 5'te Alt Yarıda Kullanılan Patlayıcı ve Kapsül Miktarları .	102
Tablo 4.38. Patlayıcı Madde teknik Özellikleri.....	105
Tablo 4.39. Patlayıcı Madde Boyutları.....	106
Tablo 4.40. Aylara Göre Kullanılan Birim Patlayıcı ve Kapsül Miktarları.....	106
Tablo 4.41. Tünel Şantiyesi Makina Parkı.....	108
Tablo 4.42. CAT 963 Paletli Kepçe Boyutları.....	109
Tablo 4.43. CAT 963 Paletli Kepçe, Kova Boyutları.....	111
Tablo 4.44. CAT 963 Paletli Kepçe Özellikleri.....	111
Tablo 4.45. 966 E lastikli Yükleyici Boyutları.....	112
Tablo 4.46. 988 B Lastikli Yükleyici Boyutları.....	113
Tablo 4.47. CAT 428 Yükleyici Boyutları.....	115
Tablo 4.48. Püskürtme Beton Makinası Özellikleri.....	116
Tablo 4.49. Saximatic HS 305 B Tamrock Jumbo Teknik Özellikleri.....	117
Tablo 4.50. Enjeksiyon Seti Özellikleri 1.....	119
Tablo 4.51. Enjeksiyon Seti Özellikleri 2.....	119
Tablo 4.52. Pompa Özellikleri.....	119
Tablo 4.53. Aylara Göre Kullanılan Birim Püskürtme Beton Miktarları.....	122
Tablo 4.54. Karşıyaka Tüneli Sınıf 4, 1 m lik İlerleme Tutarı.....	123
Tablo 4.55. Karşıyaka Tüneli Sınıf 5, 1 m lik İlerleme Tutarı.....	123
Tablo 4.56. Karşıyaka Tüneli Sınıf Portal, 1 m lik İlerleme Tutarı.....	124

## **ŞEKİL LİSTESİ**

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Karşıyaka Tünellerinin Genel Görünümü.....	2
Şekil 2.1. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi.....	3
Şekil 2.2. Eski Avusturya Yöntemi.....	4
Şekil 2.3. Püskürtme Beton ile Yüzey Stabilizasyonu.....	5
Şekil 2.4. Tünel Çevresindeki Ölçümler .....	9
Şekil 2.5. Delici Makina.....	10
Şekil 2.6. Püskürtme Beton Makinası .....	11
Şekil 2.7. Yeni Avusturya Yönteminde Kazı .....	14
Şekil 2.8. Kaya Bulonlarının Kemerlenmeye Biçim Vermesi.....	21
Şekil 2.9. Kaya Bulonları .....	22
Şekil 3.1. Tünel Bölgesi Genel Görünümü .....	24
Şekil 3.2. Karşıyaka Tünelleri Şantiyesi .....	25
Şekil 3.3. Numunelerden Alınan L/D Oranı 2 Olan (5×10 cm) Karotlar Alınması	37
Şekil 3.4. Tek/Üç Eksenli Basınç Deney Makinası ve Deneyi.....	37
Şekil 3.5. K2P1SB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basınç .....	
Dayanımları.....	38
Şekil 3.6. K2P1NB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basınç .....	
Dayanımları.....	39
Şekil 3.7. K2SB Tüpünün Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri.....	42
Şekil 3.8. K2NB Tüpünün Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri .....	43
Şekil 3.9. K1SB Tüpünün Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri.....	44
Şekil 3.10. K1NB Tüpünün Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri .....	45
Şekil 3.11. İzmir Körfezi Kuzeyinin Genel Stratigrafik Kesiti .....	47

Şekil 4.1. Karşıyaka Tünellerinin Adlandırılması .....	51
Şekil 4.2. Deformasyon ve Yapım Toleransları .....	52
Şekil 4.3. Komatsu D75-S İle Yapılan Taban Tarama Çalışması.....	54
Şekil 4.4. Portal Kaya Sınıfı Tahkimat Sistemi .....	55
Şekil 4.5. Hasır ve İksa Montajı Tamamlanmış Bir Roundun, Püskürtme Beton.. Öncesi Son Hali.....	57
Şekil 4.6. Püskürtme Beton Atılması .....	60
Şekil 4.7. Bulon Deliğine Enjeksiyon (Çimento-Su Karışımı) Basma İşlemi.....	61
Şekil 4.8. Plaka sıkma İşlemi Tamamlanmış Bir Kaya Bulonu .....	61
Şekil 4.9. Kaya Sınıfı 5 Tahkimat Sistemi .....	62
Şekil 4.10. Jumbo Aynada Delgi Yaparken .....	67
Şekil 4.11. Jumbo Alt Yarıda Delgi Yaparken.....	67
Şekil 4.12. Kaya Sınıfı 4 Tahkimat Sistemi .....	68
Şekil 4.13. Kaya Sınıfları İçin Kazı ve Tahkimat Sırası .....	71
Şekil 4.14. Kaya Sınıfı 4 Patlatma Düzeni .....	96
Şekil 4.15. Kaya Sınıfı 4-5-Portal Rampa Patlatma Düzeni .....	98
Şekil 4.16. Kaya Sınıfı 4 Alt Yarı Patlatma Düzeni .....	99
Şekil 4.17. Kaya Sınıfı 5 Patlatma Düzeni.....	100
Şekil 4.18. Kaya Sınıfı 5 Alt Yarı Patlatma Düzeni .....	102
Şekil 4.19. Tünel Kazısı Boy Kesiti (Orta Çekme ve Kazı Kademeleri).....	103
Şekil 4.20. CAT 963 Paletli Kepçe Boyutları .....	110
Şekil 4.21. CAT 963 Kova Boyutları.....	110
Şekil 4.22. CAT 966 E Lastikli Yükleyici .....	113
Şekil 4.23. CAT 988 B Lastikli Yükleyici .....	114
Şekil 4.24. CAT 428 Kırıcı Kollu Yükleyici Boyutları .....	116
Şekil 4.25. Nozzle Dönüş Biçimleri.....	117
Şekil 4.26. Saximatic HS 305 B Tamrock Jumbo .....	118
Şekil 4.27. Enjeksiyon Seti.....	119
Şekil 5.1. Çapraz Geçiş Etrafına Uygulanan Çevre Yapısı Çalışmaları .....	126
Şekil 5.2. Çapraz Geçiş Ağız Çalışmaları .....	127

Şekil 5.3. Aşırı Açılmalara Uygulanan İşlemler.....	128
---	-----



## **EKLER**

		<b>Sayfa</b>
Ek 1	Karşıyaka Tünelleri Güzergahının Jeolojisi.....	135
Ek 2	Aydın Otoyolu, İzmir Çevre Yolu Projesi.....	136



---

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

---

### 1.1. Tünelcilik

Madencilik, enerji, ulaşım, sulama v.b. alanlarda yeni yapıların hızla çoğalmasının nedeni, dünya nüfusunun artan bir ivme içinde olması ve insanların, gereksinimlerini karşılamak için çözüm arayışlarına girmeleridir. Ulaşım, sulama ve madencilikte temel yapı taşlarından olan tünelcilik, son yıllarda gelişen teknoloji ile beraber, giderek artan bir önemle uygulama alanları bulmaktadır.

Genel olarak, tüm yeraltı yapıları tek bir kelime ile özetlenebilir, "tünel". Mühendislikte, bu tür yeraltı yapıları, yapım metodları ve ölçülerine göre ayrılırlar.

Dünya üzerindeki büyük toplulukların genel problemleri arasında yeni yerler inşaa etmek için gerekli boş alan bulunması yer almaktadır. Yani mevcut yapı yoğunluğu, yeni gelişmelere izin vermemektedir. Bunun ötesinde, trafikte yüksek ve karmaşık bağlantılar kullanmak yerine, daha basit ve kısa bağlantılar tercih edilmektedir.

Araç geçişi için inşaa edilmiş olan tüneller, gerçek trafik bağlantıları olmaktadır. Böylelikle, bir tünel, bir yolun veya demiryolunun önemli bir parçası olarak görev almaktadır. Boş alan azlığı ve çevre sorununun yaşanmadığı önceki yıllarda tünelcilik sadece, zorlu dağ engellerini aşmak için düşünülürken günümüzde yer yokluğu ve çevre etkisi daha kolay yöntemlerle (örneğin hafriyat) çözümlenebilecek yapılarda bile insanları tünellere yöneltmektedir.

## 1.2. Karşıyaka Tünelleri

Nüfusu 3.5 milyona yaklaşan İzmir'de de son yıllarda artan taşıt sayısı ile beraber trafik sorununun baş göstermesi alternatif yol seçenekleri aranmasını zorunlu kılmıştır. Bu düşünce ile şehir içerisinde birçok viyadük, alt geçit ve sahil yolları inşaa edilmiş, İzmir-Çeşme otoyolu, İzmir-Aydın otoyolu tamamlanmış, İzmir-Turgutlu devlet yolu genişletilmiştir. Halen çalışmaları devam eden ve tamamlandığında İzmir trafiğine rahat bir nefes alıracak olan çevre yolu çalışmaları, Kutlutaş-Dillingham Ortak Girişimi tarafından büyük bir hız ve titizlikle devam ettirilmektedir. Karşıyaka tünelleri de çevre yolu projesi kapsamında yapılmakta ve Karşıyaka'yı Bornova'ya Yamanlar Dağı'nın altından bağlamaktadırlar (Şekil 1.1). İzmir-Aydın Otoyolu ve İzmir Çevre Yolu Projesi Ek 2'de verilmiştir.



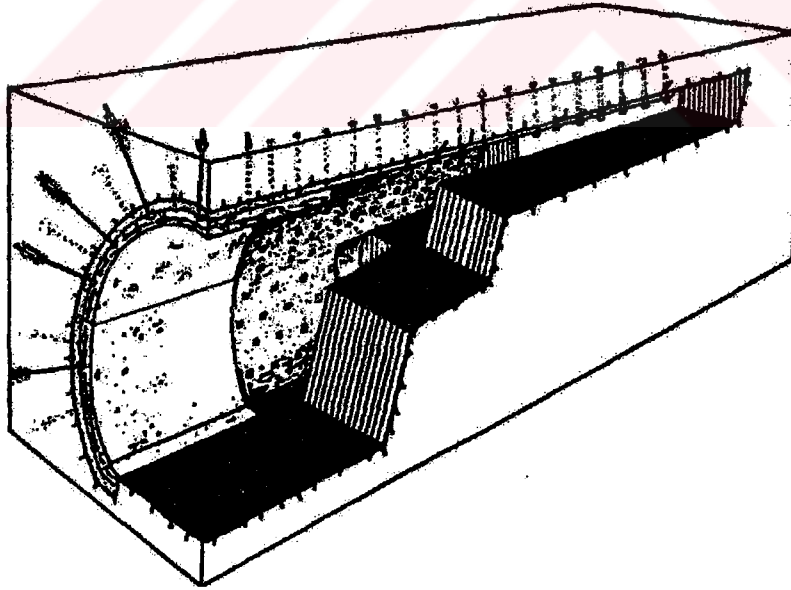
Şekil 1.1 Karşıyaka Tünellerinin Genel Görünümü

## BÖLÜM İKİ

# YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA YÖNTEMİ

### 2.1. Yöntemin Tanımlaması

*Tünelcilikte, yeni bir anlayışın ortaya çıkmasına yol açan "Yeni Avusturya Yöntemi" özellikle çürük taş ve zeminlerde diğer yöntemlere göre büyük başarı göstermiştir. Yeni Avusturya Yöntemi; tünelin kendisini açıldığı kaya ortamına taşıma ilkesine dayanmaktadır. Açılan boşlukta, boşluğu çevreleyen yan taşlarda ortaya çıkan yeni kuvvetlerin kontrolü ile seçilen tahkimatın uygulanması bu yöntemin ana dayanakları olmaktadır. Koruyucu tahkimat olarak adlandırılan destek, zeminin dengelenmesini sağlar. Zemini taşımak için kaya bulonları, püskürtme beton ve/veya beton kaplama ve invert betonu ile tahkimatın diğer bölümleri oluşturulur. (Şekil 2.1.)(Köse ve diğ. 1992)*



Şekil 2.1 Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (Köse ve diğ., 1992)



Tahkimatın ikinci bölümünde, beton içi kemer oluşturmada önce, dış kemerin dengeye ulaşmasına özen gösterilir. Bu yöntem diğer tünel açma yöntemleriyle birlikte de uygulanabilir.

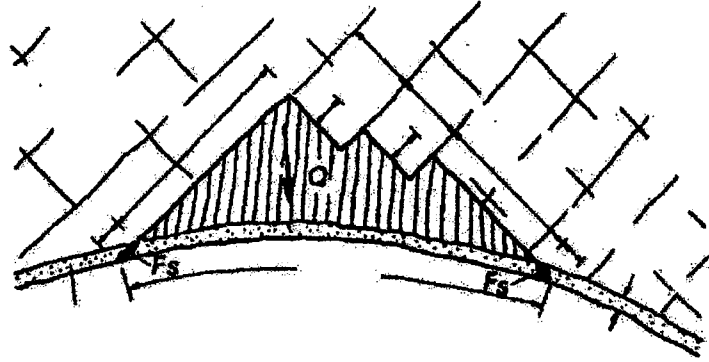
Geçmişte, tünelcilik yöntemi, duvarcılıkta sağlam olmayan kayaların tuğla veya diğer taşlarla astarlanmasından başka birşey değildi. Astarla kaya yüzeyi arasındaki boşluk, masif ağaç tahkimatla, destekleniyordu. Eski Avusturya Tünel Açma Yönteminde, çift şeritli demir yolu tünelinin son 9 metrelik bölümünü bitirmek için yaklaşık iki aylık bir süre göz önünde bulundurulmaktaydı. (Şekil 2.2.)



Şekil 2.2 Eski Avusturya Yöntemi (Jodl, 1995)

2. Dünya Savaşı'ndan kısa bir süre sonra tünelciler, püskürtme beton ve tavan civatası yöntemlerini daha fazla kullanmaya başladılar. "Torcret" diye adlandırılan verimli püskürtme beton makinalarının bulunması püskürtme beton yönteminin yaygın olarak uygulanmasını sağladı. Püskürtme beton yöntemi, (Şekil 2.3) her yüzeyde uygulanabilmesiyle ve belli hızlandırıcı kimyasallarla yeni ve hızlı ilerleme çevrimlerini kuvvetle olağan kılmıştır. Kaya etkileşimlerini ortaya çıkararak, tavan civatası ve püskürtme beton yöntemiyle en iyi yüzey stabilizasyonunu sağlayan geçici tahkimat büyük bir buluştur. Kayalardaki ayrılma ve gevşek zonların artması bu yöntemle sınırlandırılmıştır. Birçok usta mühendis geçmişteki uygulamalarında bu problemin çözümü için uğraştılar ancak Yeni Avusturya Tünelcilik Yönteminin yaratıcılarından

olan Prof. Dr. Rabcewicz ve meslektaşları tüm teorik fikirleri ortaya çıkarıp pratiğe uygulayarak başarıyı elde ettiler.



**Şekil 2.3 Püskürtme Beton ile Yüzey Stabilizasyonu (Jodl, 1995)**

Rabcewicz Yeni Avusturya Yöntemi'ni şu şekilde tanımladı: "Tünel hatlarındaki yeni ve eski metotlarla kaya mekaniği karşılaştırmalarını en iyi gösteren yöntem olması bu yöntemin avantajlarından. Tüm eski yöntemlerde ayrıcalıksız, -geçici destekte birleşirken- tahkimatın çeşitli parçalarında gevşeklik ve boşluk oluşmaktaydı. Bu sorunun çözümü için, ince bir püskürtme beton tabakasının, uygun bir tavan civatası sistemiyle kaya yüzeyine uygulanması, doğrudan patlatma sonrası çözümlerin önlenmesi ve şok basıncın yüksek değerlere çıkmasının azaltılarak, kaya çevresinde kendiliğinden bir basınç kemeri oluşturulması düşünülmüştür.

Yeni Avusturya tekniklerinin uygulanması güçlü bir yapı ve yaygın, kesin prosedürler gerektirir. Ayrıca bunlar kaliteli-güvenli bir sistemin anahtar özellikleridir. Bunun anlamı; Yeni Avusturya Yöntemi'nin beklenmeyen risklerden arındırılmış başarılı uygulamaları, katı prensipler içinde ve kaliteli-güvenli bir sistemi gerektirir. Bu disiplin, güvenli yapı için doğru ortamı sağlar, ayrıca yeraltındaki yapının üstün ve önemli bir yanındır.

## 2.2. Enine Kesitlerde Kolaylık

Hareket hızı, enine kesitlerdeki çeşitlilik ve kavşaklara kolay şekil verebilme Yeni Avusturya Yöntemi'nin avantajlarından biridir. Makineli tünel açma metodlarıyla karşılaştırıldığında şekil ve boyutun her enine kesitte değiştiği ve özel koşullara uyduğu görülür. Bu, özellikle kanal tüneli projesinde, öncelikle karmaşık tünellerde (Shakespeare Cliff ve sonrakiler Manş denizaltı projesinde) uygulanmıştır.

Tüm tünel kesiti, masif kayada aynı zamanda açılabilir. Ancak, güvenlik, delme düzeninin optimizasyonu, patlatma ve tahkimat sistemi sebepleri yüzünden genellikle tüm kesit üç parçaya bölünerek kazılmaktadır; üst yarı, alt yarı ve taban. Genellikle tüm enine kesit bu üç kısımda kazılmaktadır. Her iş periyodunun arasındaki mesafe ve zaman, tünelin kendini destek yapılıncaya kadar, ayakta tutma zamanına ve bizzat destek halkasının püskürtme betonu ile tamamlanması gereksinimine bağlı olarak seçilmektedir. Bu tam püskürtme betonu halkası, kemerlenmeye yardımcı olarak çalışmaktadır ve kaya kalitesine bağlı olarak belirlenen en kısa zamanda uygulanmalıdır.

Kaya kalitesinin kesin değerlendirme kriteri üst yarının tahkimsiz stabil kalabildiği zamandır. Yeni Avusturya standartında periyod, kaya yüzeyinin desteksiz ayakta kalabilme süresi olarak tanımlanmaktadır. Desteksiz stabil durma zamanını üç önemli faktör etkilemektedir; kaya kalitesi, enine kesitin boyutu, ilerleme uzunluğu.

Kaya stabilitesi ile ilgili karakterizasyon ve sınıflandırma için, deformasyon ve dayanma gücü kayıpları üç önemli tipte tanımlanmaktadır. Kaya formasyonunun bu üç anahtar tipi, desteksizlik, stabil olmayan sıkışmışlık ve tünel yüzeyi açıldığında hesaplanan risktir.

Yeni standart, NATM üst yarı periyodu için, bir matris içinde karşılıklı ilişkisi olan sıradan iki sayı göstermektedir. Birinci sıradan sayı ilerleme uzunluğu, diğeri ise

tahkimat ölçülerinin sayısıdır. Tüm kaya destek ölçüleri için gereken toplam zamanı, bu anahtar görevindeki tahkimat ölçüleri göstermektedir.

Makine ile sürülen tünellerde tüm kesitin bir kerede açılması gerekmektedir. Tahkimat ölçüleri sadece kazıcı kafanın arkasından uygulanabilmektedir. Bu sebepten makina ile kazıda, ilerleme uzunluğu, destekleme yerinin en erken başlama zamanını tanımlar.

### 2.3. Yöntemde Desteklemenin Boyutlandırılması

Tünel sürülürken, kaya kütlelerinde dengede olan primer basınç kuvveti, kazıdan sonra yeni stabil olan sekonder kuvvetlere dönüşecektir. Bu sekonder kuvvetlere dönüşüm çeşitli streslerin kazıdan sonra tekrar dağılım yoluyla birlikte oluşmuş ara bölümlerin birbirini izlemesiyle ortaya çıkmaktadır. Sistem, desteklenmesi tamamlanmış tünelde, kaya kemerlenmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Tünel sistemi için kaya formasyonu çevresindeki boşlukta değişken, ortalama, devamlı bileşik bir yapı tasarlanır. Örneğin demir kazık, beton astarı, çelik kazıklar uygun zamanda yerleştirilmeli ve kaya çevresindeki bileşik yapıyı destekleyecek formda olmalıdır. Tahkimattaki esneklik önemlidir. Eğilme momentlerinden korunmak için beton astar ince olmalıdır.

Sistemde en önemli tahkimat boyutlandırmalarından biri tavan civatalarıdır. Delik çapı yüzeye dikey açılmalı ve tavan civatası farklı zamanlarda yerleştirilmelidir. Tavan civatalarının sayısı, uzunluğu, taşıma kapasitesi ve düzeni; kaya kalitesine, uzunluğuna, enine kesitin boyutuna ve ilerleme uzunluğuna bağlıdır. Tavan civatası gerilmelere, kesme kuvvetlerine ve yan basınca karşı kuvvetlendirici olarak çalışır.

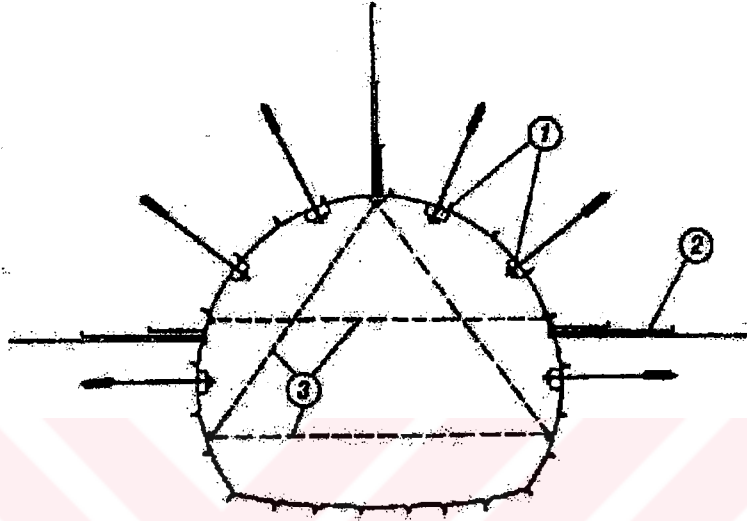
Bozuk kayalarda çelik direkler (I profiller) yerleştirilmelidir. Bu kemerler, kazı çizgisiyle birlikte elastik astar ve kaya yapısındaki gevşeklikleri kuvvetlendirir. Tavanın desteksiz durma süresi ve püskürtme beton halkasının prizlenmesinde gözönünde

bulundurulması gereken nokta şudur: Kaya basıncı dağılımıyla hesaplanan ve fonksiyon şeklinde verilen değer, zemin ve ilerleme sınıflandırması değerleri arasında olmalıdır. Tavan civataları, I profiller ve kuvvetlendirici püskürtme betonun astar formu mukavemet desteği için gereklidir. Gerektiğinde bu mukavemet büyütülerek veya azaltılarak, tahkimat boyutlandırmasının derinlik ve sıklığına göre uyarlanmalıdır. Çok kötü zeminlerde tahkimata, çelik levha kaplaması, forekazık, çelik hasır teli veya diğer özel önlemlerle destekleme gerekebilmektedir. Özel önlemler, ayakta durma zamanını veya zemin özelliklerini geliştirebilir. Basıncılı hava kazısı, jet püskürtücüler, zemin sıkıştırıcıları ve su çekme bu önlemlerdendir. Desteksiz başlıkların boyutları yüzeyin dayanıksızlığını önleyebilecek gerekli minimum boyutlarda olmalıdır. Kazıdan hemen sonra, her korumasız yüzey, püskürtme betonla desteklenmelidir. Tavan civataları aynaya yerleştirilmiş olmalıdır, bu en zor jeolojik durumdur. Tüm bu esnek işlemler, tüneli bu jeolojik durumlara karşı optimize edebilmektedir.

#### 2.4. Ölçümler ve Ölçüm Araçları

Yeni Avusturya Yöntemi, raund (ilerleme) boylarını ayarlayarak ilk destek ve yerleştirme zamanını ve zemindeki kazı ilerlemelerinden doğan basınç dağılımını dengelemektedir. Jeomekanik özelliklerle bulunabilen üç boyutlu basınç dağılımı ve gerilmeler mümkün olduğunca aynadan uzakta tutulmaya çalışılmalıdır. Kaya yüzeyindeki zararlı boşluklardan kaçınılmalıdır. Sabit ölçümler ve tünel davranışlarının gözlemsel denetlemeleri kadar elverişli çeşitli tahkimat uygulamaları da Yeni Avusturya Yöntemi'nin bir parçasıdır. Bu ölçümler operasyonel güvenliğin garantisidir. Tahkimat boyutlandırması ön hesapları karşılaştırılabilir ve gerekirse tünel ilerlemesi gereğince eski haline getirilebilir. Bunun için kabul edilebilir deformasyona göre tahkimat optimizasyonu veya güvenlik kriterleri elde edilebilmektedir. Bu ölçümler sadece optimizasyona izin vermez operasyonel safhaları da ilgilendirir fakat jeomekanik belgelemede objektif değerlendirme sağlar. (Şekil 2.4)

Ekstansometre (uzama ölçerler), özellikle mühendislikte aksiyal gerilmelerin uzun zaman içerisinde incelenmesi gereken yeraltı inşaatlarında, tünel yapılarında, shaft inşaatlarında; yani her türlü zemin içerisindeki açık veya kapalı inşaatlarda kullanılır. Örneğin, rod ekstansometre ile zemin ve inşaat yüzeylerindeki gerilme, basınç kuvvetlerinin şiddeti ve etkisi izlenebilir.



**Şekil 2.4 Tünel Çevresindeki Ölçümler (Ekstansometreler) (Jodl, 1995)**

Bundan başka; tavanın geometrik biçiminin düzenli ölçülebilmesi sağlanır, taban ve duvar noktalarının da küçük hareketleri ölçülebilmektedir. Tavan civatasının bir kesin period zarfındaki gelişmesi, tekrar basınç dağılımının deformasyonunu gösterir. Modern ölçüm metodları ile ek yüklemeler kestirilip, acil destek gerektiğinde kazı hattındaki deformasyon ve tepkiler en kısa zamanda hesaplanabilir ve yorumlanabilir.

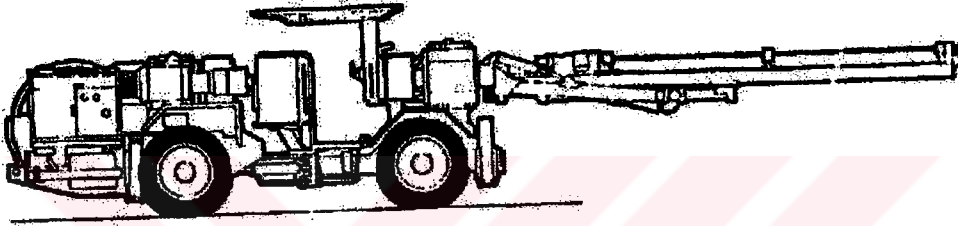
Özellikle yumuşak zemin tünelticiliğinde ek ölçümler gereklidir. Yatay ve dikey ekstansometreler tünel yakınındaki farklı zemin deformasyonlarını gösterir.

Yüzeye yakın gevşek zeminli tünellerde, zor jeolojik şartlar veya yerleşim yeri sınırlandırmaları gibi diğer sınır koşulları, jeolojik ölçümler, tünelin gerçek stabilitesi için gerekli temel değerlendirmeler kadar yorum ve inceleme gerektirmektedir.

Jeoteknik deformasyon analizi boşluktaki zararları güçlü tahminlerle ortaya koyar ve gerekli reaksiyonu zamanında olanaklı kılar.

## 2.5. Kullanılan Ekipmanlar

Modern tünelcilik, ekipmanlar ve onların çalışmalarının düzenlemesini gerektirmektedir. Kazı işi, delme/patlatma veya tünel açma makineleri ile olabilir. (Şekil 2.5.) Boşlukta zemin kazısı zemin ekskavatörleri ile veya yol araçları ile yapılır.



Şekil 2.5 Delici Makina (Jodl, 1995)

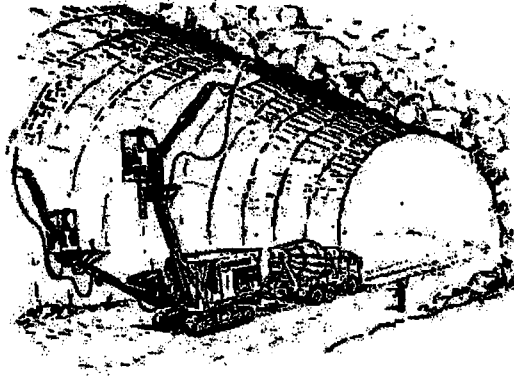
Yeraltı su seviyesinin altındaki tünelcilik ya yeraltı su seviyesinin Yeni Avusturya Yöntemi'nin uygulanabileceği seviye altına indirilmesini ya da diğer metodlar veya çeşitli tiplerdeki kalkanlı makinalarla ilerlemeyi gerektirmektedir. Kalkanlı makineler eş zamanlı ve sürekli astarlama gerçekleştirdiklerinden tümüyle muhafazalı ve çevredeki suya karşı nispeten daha güvenlidir.

Çelik kemerler, tavan civatalarını yerleştirme makinaları, beton püskürtme makinaları, genellikle bağımsız çalışan makinalardır veya bunlar kalkanlı kazı makinalarıyla bütünleştirilmişlerdir.

Yeni Avusturya Yöntemi tünelcilikte, hızlı ve verimli bir pasa nakli gerektirmektedir. Lastik tekerlekli yükleyiciler ve kaya kamyonları gibi nakliye araçları genellikle geniş enine kesitlerde pasa nakliyesinde kullanılmaktadırlar. Enine kesit boyutları manevralara



izin vermediğinde pasa nakliyatı için, sabit pasa boşaltıcı vagonlar alternatif olabilir. Aslında bugün dar tünellerdeki pasa boşaltma zorlukları süratle çoğalmaktadır.



**Şekil 2.6 Püskürtme Beton Makinası (Jodl, 1995)**

Hemen hemen bütün ekonomik alternatifler tükendiğinden beri pasa nakli ve malzeme temini yerüstünden yapılmak zorundadır. Son astarlama genellikle yerleşim yerlerindeki geçici deformasyonlardan sonra yapılır. Kural olarak son astarlama belirli bölümlerde seyyar taşıma vagonlarıyla (tünel kalıbıyla) yapılır. Pratik sebeplerden dolayı, düzenli astarlama uygulaması, konstrüksiyonun yönetiminin çeşitli hallerde ilerleme sıklığının değişmesi ve baştaki boşluğun baş taraf ve vantilatörün ayrılmasının tamamlanması için uygulanabilmektedir.

## **2.6. Yöntemin Avantajları ve Dezavantajları**

Tünelciliğin çok karışık işlemleri olmasından dolayı her jeolojik formasyona uyum sağlayabilen yöntem en iyi yöntem olacaktır. En uygun yöntem başlangıçta, tünele etki eden bütün çevresel koşullar ve tünelin çevreye olan etkileri mutlaka hesaba katılarak seçilmelidir. Her koşulda ekonomik üretim ve ekonomik operasyon dikkate alınmalıdır.



Yeni Avusturya Yöntemi'nin avantaj ve dezavantajlarının kısa bir karşılaştırması, ancak birkaç temel teknik ve ekonomik yön dikkate alınarak yapılabilir. Her tünel yapısının kendine özgü değişmeyen durumlarından ötürü seçim ölçütleri diğer tünellere doğrudan uygulanmamalıdır.

Aşağıdaki karşılaştırma önem sırasına göre değildir ancak önemli karakteristikleri ifade ederler:

*Avantajlar:*

- Çok değişik zemin şartlarına uyumludur
- Farklı enine kesitlere kolaylıkla ve esnek olarak uygulanabilir
- Gerekli tahkimat boyutlandırmasında ekonomik olarak optimizasyon sağlanabilir
- Kısa ve küçültülmüş bölümlere ekonomik uygulamalar yapılabilir
- Tam kesit galeri açma makineleri ile kombinasyonları kolaydır
- Göreceli küçük maliyetler ile hızlı amortizasyon

*Dezavantajlar:*

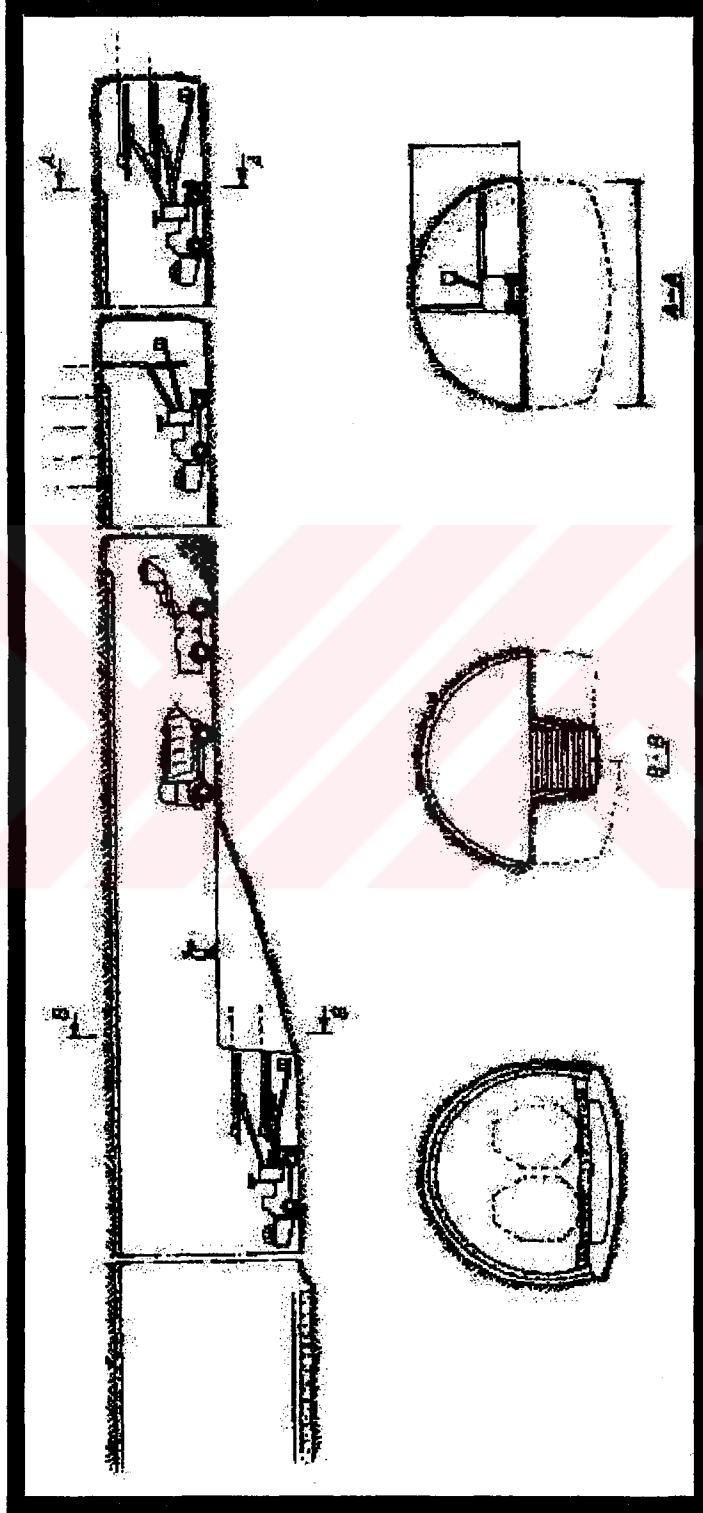
- Yeraltı suyunun altında uygulanması sadece ek ölçümlerle olabilir
- İlerleme oranı nispeten küçüktür ve önemli artışlar sağlanamaz
- Personel eğitimi, yetiştirilmesi ve pratik kazandırılması kolay değildir
- Yöntemin uygulamasının ve materyallerinin kalitesi yüksek olmalıdır
- Projeyi yaptıran ve yapan açısından anlaşma ve risk dağılımı zordur
- Otomasyon olasılığı sınırlıdır

Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi, üstün bir özen ve uygulama ile birincil yöntem olarak görülmelidir. Bilim bu yöntemi dikkatli hesaplama ve gerekli planlamada her zaman desteklemektedir. Teorik hususlar vazgeçilemez özellikler olarak kalmalı ancak asla tek başına uygulama ve deneyim yerine geçmemelidir. Yerinde yapılan ölçümleri gerekli yorum ve reaksiyonlara taşıyarak, gerçek zemin koşullarındaki sürekli kararlarla

güvenli uygulamalar gerçekleştirilebilir. Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi projesinin başarısı, ofisten alınan kararlara değil başlangıçtan beri süreklilik gösteren kararlara bağlıdır.

Tahkimat boyutlandırmasındaki süreklilik, geniş kapsamlı kararlar ve bu kararlardaki mümkün değişikliklerin anında yapılmasını gerektirmektedir. Yapı planları meselenin ana noktaları olarak görülmeli ama müşterilerin yapı mühendisleri ve projeyi yürüten şirket gerekirse kararlarında özgürce davranabilecek şekilde yetkilendirilmelidirler. Bu yapı yönteminde verimin ve uygulamanın sürekli denetimi gereklidir. Yeni Avusturya Yöntemi'nin felsefesi olan bu esaslar, bütün ortakların kendilerine özgü riskleri karşılayan kesin biçimde bir anlaşmayı gerekli kılmaktadır. Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi'nin anlamında, risklerin eşit paylaşımından kaçınmak verimi düşürecek, çünkü bu, etkili kontrolü önleyebilir. Sonuç olarak, mühendis ve yüklenici yapıda eşit uygulama sorumluluğu üstlenmeli, yapının inşası koordinasyonlu olarak devam ettirilmelidir.

Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi amaçların yüksek performans ve yüksek kalitede belirlenmesini ister. Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi kaya özelliklerinin karşılaştırılmasına göre adapte edilmelidir. İşlerlik ve ekonomik bakımdan uygulanabilir yöntem seçildiğinde, yüzey stabilitesinin ve ayakta durma zamanının kararı, başlangıç için yüzeylerde ve ilerleme oranında önemli bir rol oynar. Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi'nin en üst derecedeki gereksinimlerinin sağlanmadan projelendirilmesi, uygulama ve denetimde, bir takım organizasyonu gibi üstünlüğe ulaşılmamasına, önceden öngörülmeleyen bütün risklerin ve gereksiz maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.



Şekil 2.7 Yeni Avusturya Yöntemi'nde Kazı (Tamrock, 1986)

## 2.7. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'nde Kaya Sınıflaması

### 2.7.1. Sınıflandırmanın Amacı

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'nin (NATM) belirleyici özelliklerinden biri, tünel açımı sırasında kaya sınıflandırma işlemlerinin hesaba katılmasıdır. Yöntem, bu sınıflara göre değişkenlik göstermektedir. Burada asıl olan; yöntemin, kayaların yük altındaki davranışlarını ve kazı esnasındaki performanslarını hesaba katarak değişkenlik göstermesidir. Yeni Avusturya Yöntemindeki "Metod" kelimesi, İngilizce tercümelerinden ötürü yanlış anlaşılmaktadır. Aslında NATM bir özel kazı veya tahkimat tekniği değildir. Birçok kişi, yöntemde kullanılan püskürtme betonun ve kaya bulonlarının yöntemden kaynaklanan bir tahkimatlandırma sistemi olduğunu düşünse de bu, gerçekten uzaktır. NATM, bilinen diğer tünelcilik ve kazı yöntemlerinin bir kombinasyonudur fakat buradaki fark, kaya hareketlerinin sürekli izlenmesi ile -tahkimat sistemin hareketlerin durumuna göre yenilenmesi- daha stabil, ekonomik bir tahkimat elde edilmesidir.

NATM 1957 ve 1965 yılları arasında Avusturya'da geliştirilmiştir. İsmi 1962 yılında Avusturya yönteminden farkı gözlenerek verilmiştir. Yöntemin gelişiminde Ladinlaus von Rabcewicz, Leopold Müller ve Franz Pacher'in rolü büyüktür.

Her ne kadar Müller tarafından yöntemle dair 22 prensip belirlense de, aşağıda bunlardan en önemli 7 tanesi verilmiştir.

1- Kaya Kütlesinin Doğal Dayanımı: Yöntemde; tünel tahkimatının ana bileşeni, çevrelenmiş kaya kütlesinin doğal dayanımını korumasıyla oluşturulur. Birincil tahkimat, kayanın doğrudan kendi kendini tutmasıyla olanaklı kılınmaktadır. Bundan sonraki tahkimat, uygun deformasyon karakteristikleri ile birlikte doğru yere ve doğru zamanda yapılmaktadır.

- 2- Püskürtme Beton Koruması: Kaya kütlelerinde yüklenme taşıma kapasitesinin püskürtme beton ile artırılması ve deformasyonun minimize edilmesi gereklidir. Bu kemerlenme, püskürtme beton ile sağlanır, bazen de bu kemerlenme kaya bulunu ile kuvvetlendirilebilir. Bu yöntemde, sadece püskürtme beton kullanılması zaman zaman istenilen stabiliteyi sağlamakta fakat her zaman tahkimatın sadece püskürtme betonu ile yapılacağı anlamını taşımamaktadır.
- 3- Ölçümler: Yöntem, ilk püskürtme beton ve sonrasında yapılan diğer tahkimatlarda deformasyon ölçümlerinin zamanında yapılması ve bunların (kazıda, yük altında, tahkimattan sonra) izlenmesi ile değişkenlikler gösterebilmektedir. Tünel stabilitesindeki bu ölçümlerden sağlanan bilgiler, kaya kemerlenme formasyonunun optimizasyonuna izin vermektedir. Yer değiştirmenin zamanı çok önemlidir. Ölçümlerin önemiyle ilgili en iyi örnek olarak da, Alberg Tüneli'nin inşaatı sırasında yapılan (John, 1980) ölçümler verilebilir.
- 4- Esnek Tahkimat: Yöntem, yük altında rijit tahkimatı sağlamak üzere çok yönlü ve yüke uygun bir tahkimat modeliyle karakterize edilmiştir. Böylece pasif tahkimata göre aktif tahkimat savunulmuştur. Bu savunma, aktif tahkimatta püskürtme betonun yanında, kaya bulunu, I profili ve çelik hasır kullanılarak kuvvetlendirilmiştir. Bu doğrultuda ilk tahkimat, kazıdan sonra gereken birincil destekleme için yapılmakta, ikincil tahkimata ise, yapılan ölçümler sonucu gereksinim duyulması halinde başvurulmaktadır.
- 5- Omurga Kaplama: Tünel kalın duvarlı bir tüp olduğundan beri, invert kaplama kaya kütlelerinin yük taşıma halkasının temelini oluşturur. Bu, sert olmayan yumuşak formasyonlarda bir dönüm noktasıdır. İvert kaplama çabucak yapılmalı ve kazılmış tünel yüzeyinde geçici tahkimatla bırakılmış kısım olmamalıdır. Tünel kemerlenme halkası bir an önce tamamlanmalıdır. Her ne kadar, kayada sürülen tünellerde destek, kayanın yük taşıma kapasitesinden önce kurulmasa da bu tamamen mobilize edilmeyebilir.
- 6- Sözleşme Anlaşmaları: NATM'in yukarıda sayılan ana prensipleri sadece, özel anlaşmalar (yüklenici ile mühendis arasında) yapılırsa başarıya ulaşabilmektedir. NATM, izleme ölçümlerine göre uygulandığından beri, desteklemedeki değişiklikler

ve yapım yöntemi değişiklikleri mümkün olabilmektedir. Bu tür değişikliklere yapım sırasında aktif olarak da izin verilebilmelidir.

- 7- Kaya Sınıfının Tahkimat Ölçülerini Belirlemesi: Destekleme karşılığı yapılan ödeme, her delme-patlatmadan sonra ortaya çıkan kaya sınıfına göre belirlenmelidir. Bazı ülkelerde bu, sözleşme kabul edilebilir olmamaktadır, bu da yöntemin neden Amerika'da daha az seçildiğini göstermektedir.

### 2.7.2. Sınıflandırma

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntem'inde yapılacak birim ilerlemeler dinamik bir proseste planlanmaktadır. Kayacın yapısı, mukavemeti, su muhteviyatı şartlarının etkili olduğu bu sınıflandırma işlemi Tablo 2.1. de verilmiştir.

**Tablo 2.1 Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde Kaya Sınıflandırması**

Kaya Sınıfı	Tanımı	Deformasyon	Gereken İksa
1 <i>Sağlam ve Sert</i>	Zemin, en iyi kalitede mermer veya andezit gibi son derece sağlam ve bozmuş kayadan oluşur. Zemin, masif, eklemler arasındaki mesafe 1 m.den fazla. Patlatma konkoid kırılma düzlemleri oluşturur. Zemin basıncı izi yok.	Kayda değer deformasyon yok.	Püskürtme beton, seyrek kaya bulonlama.
2 <i>Sağlam Kaya "Sonradan Kırılan"</i>	Zemin, çok iyi kalite mermer, gnays, andezit veya kireçtaşı gibi bozmuş ve sağlam kayadan oluşur. Zemin masiften blokluya kadar değişebilir. Eklemler arasındaki mesafe 0.3-1.0 m. arasında değişir. Eklemler genellikle sıkı. Patlatma kısmen konkoid kırılmalara kısmen de eklem düzlemleri boyunca kırılmaya yol açar.	Zemin basıncı izi yok. Deformasyonlar orta düzeyde.	Tünel yüzeyini düzeltmek ve emniyete almak için çelik hasır takviyeli püskürtme beton, bulonlama
3 <i>Biraz Gevrek</i>	Zemin sağlamlığı kuşkulu, şist, fillit veya kireçtaşı gibi kısmen bozmuş kayadan oluşur. Zemin eklemlerle kesilmiştir ve tabakalı olabilir. Bazı eklemler yumuşak malzeme ile dolmuş olabilir. Patlatma kayayı eklem düzlemi boyunca ayırır ve zeminin zayıf kısımlarını ayırır.	Orta düzeyde deformasyon.	Çelik hasırla takviyeli birkaç kat püskürtme beton ve sistematik bulonlama. Marjinal stabilite kesimlerinde çelik iksa montajı gerekir.

Tablo 2.1 (Devamı) Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde Kaya Sınıflandırması

Kaya Sınıfı	Tanımı	Deformasyon	Gereken İksa
<b>4</b> <i>Gevrek veya Hafif Basınç Açığa Çıkaran</i>	Zemin düşük kalitede, şist, fillit, gnays veya kireç taşı gibi bozmuş kayadan oluşur. Zemin yoğun olarak eklemli, eklemli kırık malzeme ile dolu. Cilalı yüzeyler sıkça görülür. Zeminin bazı kısımları deforme yapraklanma halinde.	Deformasyonlar 0.1 m ile 0.2 m. Arasında, ani çökme tehlikesi var.	Çelik iksa, çelik hasırla takviyeli birkaç kat püskürtme beton, sistematik bulonlama. Raundlar arasında aynanın püskürtme beton ile takviyesi gerekebilir. Ayrıca kazılmadan bırakılan malzeme ile iksa kaması oluşturulması gerekir. Marjinal durumlarda betonun tabandan yapılması gerekebilir.
<b>5</b> <i>Çok Gevrek veya Basınç Açığa Çıkaran</i>	Zemin, kırılmış ve makaslanmış, tamamen metamorfik kayadan oluşur. Patlatma gerekli değildir. Kazı mekanik araçlar veya el araçları ile yapılır. Zemini kontrol altına almak güçtür. Bu nedenle ard arda püs.beton uygulaması gerekir.	Deformasyonlar 0.2 m ile 0.3 m. arasında. Ani çökme tehlikesi var.	Çelik iksa, çelik hasırla takviyeli birkaç kat püskürtme beton. Serbest yüzeylerin alanını küçültmek için tünel bir üst ayna ve iki kademeye bölünmeli. Raundlar arasında aynanın püskürtme betonla takviyesi ve kazılmamış malzemedeki iksa kaması bırakılması gerekir. Beton taban yapımı muhtemelen gerekir.
<b>6</b> <i>Fazla Basınç Açığa Çıkaran veya Plastik</i>	Zemin kırılmış ve makaslanmış tamamen ayrılmış metamorfik kayadan, fay zonlarından ve yumuşak kilden oluşur, akıcı zemin niteliğindedir.	Deformasyonlar 0.3 m ile 0.4 m. arasında veya daha fazla.	Sık aralıklı ağır çelik iksa, çelik hasır takviyeli birkaç kat püskürtme beton. Zemin deformasyonlarını kontrol altına almak için ek yerleri plastik mafsal oluşmasına imkan tanıyan TH çelik iksalar gerekebilir. Bir kerede bir adet çelik iksa monte etmek için tavan askıları kullanılması gerekebilir. Kazı üstüarı, iki alt yarı ve üzenge hattı kotundan geçici bir taban veya yan galeri yöntemiyle. Raundlar arasında aynanın püskürtme betonla takviyesi ve kazılmamış malzemedeki iksa kaması bırakılması gerekir.
<b>Tünel Girişi (Portal)</b>	Zemin yukarıda tanımlanan sınıf 4-5'e denk düşen malzemedeki oluşmaktadır. Örtü tabakasının sığ olması kabul edilebilir. Deformasyonların sınırlı tutulması gerektirmektedir.	Deformasyonlar 0.1 m ile sınırlıdır.	Sık aralıklı ağır çelik iksa, çelik hasır takviyeli birkaç kat püs.beton, ek yerleri rijit GI çelik iksa. Bir kerede bir adet çelik iksa montesi için tavan askısı kullanılması gerekebilir. Kazı, üst ayna ve iki kademe şeklinde ve üzenge hattı kotunda beton taban yapılarak veya yan galeri yöntemiyle yapılır. Raundlar arasında aynanın püs.betonla takviyesi ve kazılmamış malzemedeki iksa kaması bırakılması gerekir. Beton taban yapımı gerekir.

## 2.8. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'nin Özellikleri

*Yöntemin özellikleri şöyle sıralanabilir:*

- İlk destek ve kalıcı destek ince duvarlı olmalıdır. Böylece eğilme momentleri en aza indirilir.
- Açılan tünel, bir tüp şeklinde kapalı olmalıdır. Tabanda bırakılacak açıklıklar, taban kabarmasına neden olabilir.
- Tüneli destekleyen kaya kütlelerinin direnci korunmalıdır.
- Kaya kütlelerinin tanınması için deneysel çalışmalara özen gösterilmelidir.



- *Gevşemeler kaya direncini azalttığı için önlenmelidir.*
- *Tek ve iki eksenli gerilme durumu önlenmelidir.*
- *Sağlamlaştırma tam zamanında ve gerekli esneklikte yapılmalıdır.*
- *Yuvarlatılmış kesitler kullanılmalıdır. Kesitte çentik ve çıkıntılar bulunmamalıdır.*
- *Ön sağlamlaştırma işlemleriyle, yapının duyarlılığı sağlanmalıdır.*
- *Drenaj yapılarak, yeraltı suyu kontrol altına alınmalıdır.*
- *Boşluğun boyutu ve biçimini değiştirmek için kazıda fazla değişiklik yapılmamalıdır. Aksi takdirde sekonder gerilmelerde artış beklenebilir.*

*Bu yöntemde; tünel kazısı ve destekleme çalışmaları şöyle yapılır.*

*Kazı, büyük parçalar halinde yapılır. Bu işlemin amacı; değişik sekonder gerilmelerin oluşmasını önlemektir. Bu yöntemin uygulandığı bir tünel açma işleminde, kazı işlemi üç aşamada gerçekleştirilir. Birinci kademe kazıda (kalot), tünel profilinin üst kısmı, yarım daire şeklinde alınır. İkinci kademe kazı (stros), birinci kademe kazıyı 25-30 m geriden izler. Üçüncü kademe kazı veya taban kazısı, ilk iki kademeyi takiben son olarak yapılır. (Köse ve diğ., 1992)*

*Kazı, delme-patlatma veya mekanize olarak yapılır. Delme-patlatma yöntemiyle yapılan kazıda, tavan kayasının deforme olmamasına özen gösterilmelidir. Mekanize kazı ise, yumuşak ve akışkan olmayan kayalarda uygulanır. İlerleme hızı yüksek olduğundan, uzun tünellerde ekonomiktir. Kayanın yapısına göre kullanılan destekleme elemanları değişebilir. Aşağıda, genelde masif yapılı, çatlak ve eklem sistemleri az gelişmiş kayada kullanılan destek elemanları ve görevleri sıralanmıştır. (Köse ve diğ., 1992)*

✓ *Birinci kat püskürtme beton:*

*Eklem çatlaklarını kapamak, hava ile teması kesmek, duyarlılığı arttırmak (5 cm)*

✓ *Tel kafes:*

*Kemerlenmeyi sağlamak ve tabana iletmek, tavan kayasının bir bütün halinde deformasyonunu sağlamak.*



✓ *Kaya Bulonu:*

*Plastik deformasyon bölgesini, elastik deformasyon bölgesine yaklaştırmak, doğal dengesi bozulan kayaları sağlamlaştırmak, ankraj görevini sağlamak.*

✓ *İkinci kat püskürtme beton.*

*Bu dört elemanla, geçici destek oluşturulur. Kaya bulonu yardımıyla kayacı kayaca taşıma olayı gerçekleştirilir. (Şekil 2.8-2.9) Diğer elemanlar yardımıyla kaya bulonu uzunluğunda, kaya içinde bir kemerlenme halkası oluşturulur.*

*Eğer kaya daha çürük bir yapıya sahip ise (akışkan ve plastik olmamak koşuluyla) destekleme elemanlarına üçüncü kat püskürtme beton eklenebilir.*

*Yeni Avusturya Yönteminin yanlış uygulanması sonucu, teknik ve ekonomik sorunlar ortaya çıkabilir. Bu yanlış uygulamalar şu konularda yoğunlaşmaktadır.*

☞ *Destekleme elemanları arasındaki uzaklığın iyi belirlenmemesi.*

☞ *Gecikmeli halka kaplaması, kalot kazısı ve desteklemesi ile desteklemesi tamamlanmış tünel halkası arasındaki uzaklığın farklı tutulması.*

☞ *Taban kapanma hatası, kalot kazısının uzun tutulması. (Köse, ve diğ., 1992)*

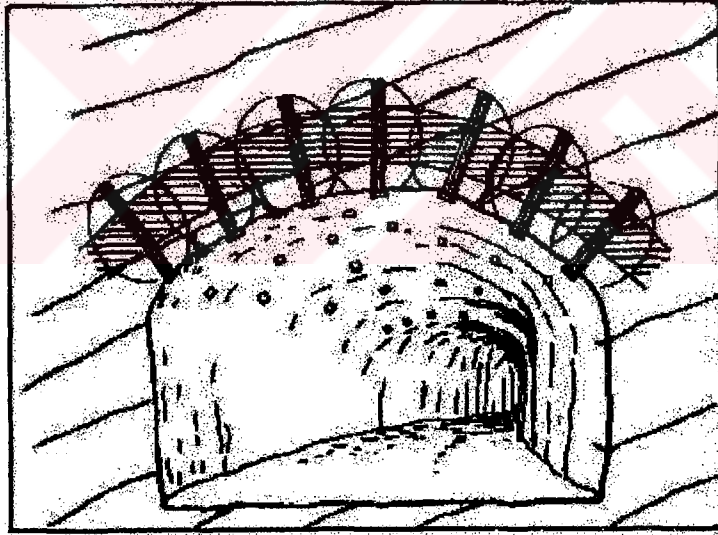
Bununla birlikte Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminde;

☞ *Patlayıcı ile yeni açılmış tünel etrafındaki duvarlar, (kırılma öncelikle eklenen veya yapraklanma düzlemleri boyunca olduğundan) gevşek eklemli zeminlerde çentikli bir yüzey hattı arzeder. Püskürtme betonu öncelikle, zayıf düzlemler boyunca olan kopmalarla meydana gelen köşe ve çukurluklar, bu yerlerde oluşan gerilme konsantrasyonuna mukavemet sağlamak üzere tatbik edilir. Sert blokların uçlarının kaplanması veya ince olarak kaplanmış olması önem taşımaz. Püskürtme betonu, tünel perimetresini yumuşak ve sürekli bir eğriye dönüştürmesi halinde en etkilidir.*

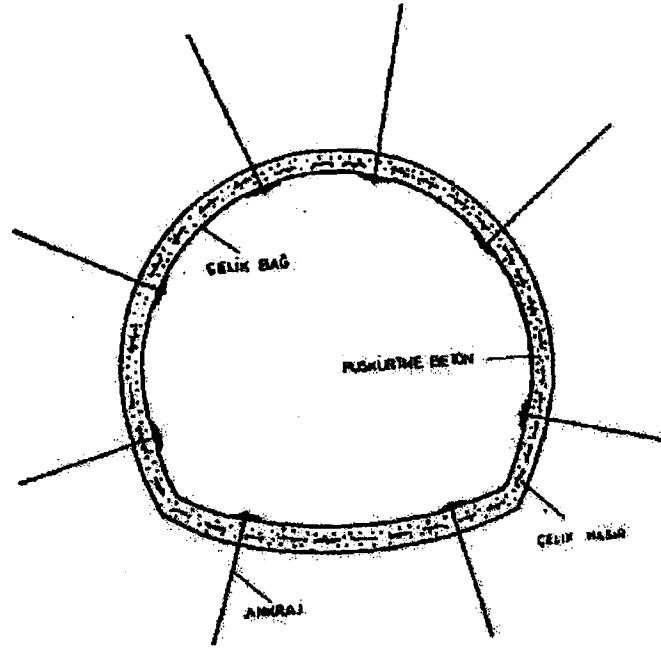
☞ *Püskürtme beton tatbikatının zamanlaması önemlidir. İlk tabakanın kazıdan hemen sonra tatbik edilmesi gerekmesine rağmen, püskürtme beton mukavemeti artarken*

zemindeki deformasyonun azalan bir hızda oluşmasına izin vermek için günlük veya haftalık aralıklarla ilave tabakalar tatbik edilebilir.

- ☞ Aynı merkezli zemin deformasyonları tünel perimetresinin kışalmasına neden olur. Bu kışalma tünel etrafındaki zemin kütlelerinde tavanın gevşemesine veya eklem düzlemleri boyunca harekete neden olan kayma gerilmelerini doğurur. Püskürtme betonu ile, zemin yüzeyinin kayma mukavemetini artırarak bu gevşemenin önlenmesi amaçlanır. Kuvvetlerin bir ortamdan diğerine aktarılabilmesi için sonuçta zemin ile püskürtme beton kaplaması arasında sağlam bir aderans oluşmalıdır.
- ☞ Püskürtme betona gömülen çelik hasırın asıl fonksiyonu gevşek malzemenin tutulması ve sıva çitası işlevi görmesi değil püskürtme beton kaplamanın kesme mukavemetini arttırmasıdır.
- ☞ Klasik tünelcilikte, kaya bulonları gevşek haldeki dilim veya blokları durdurma için kullanılır. NATM'a göre ise, kaya bulonları durdurma için kullanılır. Bu nedenle, kaya bulonlarının sadece uçlarından ankrajlanıp bırakılmaması, bulon plakalarının tüm yüzeyi ile zemine aderansı (yapışması) sağlanmalıdır.



**Şekil 2.8 Kaya Bulonlarının Kemerlenmeye Biçim Vermesi (Tamrock, 1986)**



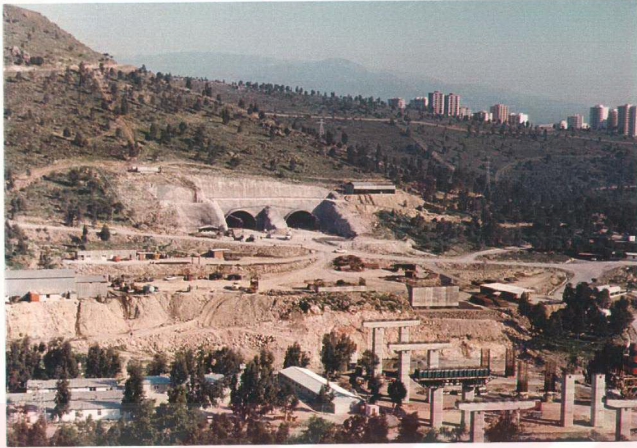
**Şekil 2.9 Kaya Bulonları (Köse, Kahraman, 1993)**

- ☞ Klasik tünelticilik çelik iksaları zemine inşa edildikleri yerlerde nokta yüklere maruz kalan yapısal kemerlenme olarak düşünmektedir. NATM yönteminde ise çelik iksaların asıl işlevi püskürtme betonun kesme donatısı olmalarıdır. Bu nedenle, gerilmelerin tam olarak aktarılmasını sağlamak ve iksanın yanal burkulmasını önlemek için çelik iksaların püskürtme betona tam olarak gömülmesi gerekir. Çelik iksalar genelde eğilme ile değil daha zayıf eksenleri boyunca plastik mafsalları oluştururken aksenal basınçla kırılırlar.
- ☞ Tünel tabanı da, tünel perimetresinin üst kısımlarında olduğu gibi aynı zemin kuvvetlerine maruzdur. Tünel tabanı genelde takviyesiz olarak bırakılır, zira tabandaki malzemenin ağırlığı, ilerleyen gevşemeyi tutmaya yeterlidir. Plastik zeminde veya tünel tabanında kabarma veya tünelin alt kısımlarında deformasyonlar gözlemlendiğinde, erken bir alt püskürte beton taban inşaatı, tünel üst perimetresinde oluşturulacak bir erken püskürtme beton tatbikatı kadar önemlidir.
- ☞ Ön ve nihai kaplamaların kalınlıkları, bir jeoteknik analiz sonucunda belirlenmelidir. Birçok durumda, böyle bir hesap için yeterli jeoteknik veri üretmenin mümkün

olmaması nedeniyle hesaplar daha çok kabuller ve tecrübelerle dayandırılmaktadır. Buna bağlı olarak, tünel inşaati sırasında zeminde ve ilk kaplamada oluşan deformasyonların ölçülmesi bir NATM uygulamasıdır. şiddetli deformasyonlar bazen çalışma yöntemlerinin değiştirilmesi ile nötralize edilebilir veya karşılaşılan zeminin durumuna göre ilk ve bazen de son kat kaplamalarda değişiklikler yapılabilir.







**Şekil 3.2 Karşıyaka Tünelleri Şantiyesi**

***Kuzey Yönlü***

:

Tünel K1 (boy 270 m)

: P1 (Batı Tünel Girişi)

Km. 500+050'de

P2 (Doğu Tünel Girişi)

Km. 500+320'de

Tünel K2 (boy 1815 m)

: P1 (Batı Tünel Girişi)

Km. 500+785'de

P2 (Doğu Tünel Girişi)

Km. 502+600'de

***Güney Yönlü***

:

Tünel K1 (boy 267.2m)

: P1 (Batı Tünel Girişi)

Km. 600+049.48'de

P2 (Doğu Tünel Girişi)

Km. 600+316.68'de

Tünel K2 (boy 1825.19)

: P1 (Batı Tünel Girişi)

Km. 600+785.60'ta

P2 (Doğu Tünel Girişi)

Km. 602+610.79 'da

### 3.2. Jeolojik Haritalama

Karşıyaka sahasında (Km. 15+300-19+500) güzergah koridoru Spektra Jeotek Geology Engineering Construction Services Inc. tarafından 1:5000 ölçekte, Karşıyaka Tünelleri portal sahaları (K1P1, K1P2, K2P1 ve K2P2) 1:1000 ölçekte haritalanmıştır. Süreksizlik verilerinin istatistiksel analizleri (tabakalanma yüzeyi, dilinim, eklem, fay kayma yüzeyi) ve bölgesel yapısal jeolojinin yorumu için sonuçların gelişimi Spektra J. ve Geoconsult tarafından sağlanmıştır.

### 3.3. Karotlu Sondajlar

Arazi haritalamasından sonra, test numunesi, gerekli detaylı bilgi sağlamak için sondaj programı hazırlanmıştır.

Sondajların derinlikleri ve gösterimleri aşağıda listelenmiştir.

Karşıyaka Tüneli 1	:
Batı Tünel Girişi K1P1	: B30/92 (25 m)
Doğu Tünel Girişi K1P2	: B31/92 (24 m), B33/92 (23m), B34/92 (52 m)
Karşıyaka Tüneli 2	:
Batı Tünel Girişi K2P1	: B35/92 (16 m), B36/92 (13 m), B37/92 (55 m)
Güzergah K2	: B40/92 (107 m), B41/92 (113 m)
Doğu Tünel Girişi K2P2	: B38/92 ( 25 m), B39/92 (30 m), B42/92

### 3.4. Jeofizik Araştırmalar

Özel önemi nedeniyle portal alanlarında jeofizik araştırmalar yapılmıştır. 27 hat üzerinde 53 refrakşın sismik profili yapılmış, 3 sondaj kuyu kesiti ve 6 sondaj kuyusu kullanılarak jeoelektrik metodu ile sekiz adet ölçüm yapılmıştır.

### 3.5. Laboratuvar ve Arazi Deneyleri

Tahmini dizayn parametrelerinin doğrulanması için, detaylı arazi araştırması ve laboratuvar deney programı hazırlanmıştır. Bu programın içinde sondaj programı SPT ve Presiyometre deneyleri de yapılmıştır. Laboratuvar test programı, üç eksenli sıkışma, serbest basınç deneyi, nokta yükleme deneyi, birim ağırlığı, Ataberg limit analizleri, kesme deneylerini kapsar.

Bundan başka, özel önemi olan kil mineralleri üzerinde petrografik araştırmalar gibi minerolojik analizler yapılmıştır.

### 3.6. Genel Jeolojik Şartlar

Jeolojik şartlar, "Karşıyaka Tünel sahası hakkında Mühendislik-Jeolojik Haritalama Raporu" ismi ile aralık 1991 de Spektra Jeotek Jeoloji Mühendislik tarafından tanımlanmıştır. Özel alanlarda jeolojik şartların yorumu, aşağıdaki bölümlerde tarif edildiği gibi, jeofizik araştırma programına ve sondajlara dayanılarak açıklanmıştır.

Bu sahada, Üst Miyosen magmatik kayalar piroklastlar erozyon sonucu oluşmuş geç tortullar tarafından örtülmüştür. Karşıyaka tünel güzergahı boyunca karşılaşılan kaya birimlerinin tanımı aşağıda özetlenmiştir.

#### *-Andezit Elemanı1 (Mib 1)*

Bu birim, pekçok mikrodioritik dayklar ve daha sonradan iç püskürtmelerle bölünmüştür. Bu nedenle birim oldukça-tamamiyle bozuşmuştur. Bitişik müteakip püskürtmeler yoğun deformasyona sebep vermişler ve mukavemetini son derece azaltmışlardır. Bozuşma derinliği 25 m'yi bulmaktadır. Oldukça yüksek ayrışma, bozuşma ve deformasyon nedeniyle, Mib1 yumuşak-çok yumuşak zemin olarak



sınıflandırılabilir. Bununla beraber, özellikle yukarıda bahsedilen bölgelerden uzak yerlerde orta derecede, zayıf-orta derecede mostralara da rastlanmaktadır.

#### *-Andezit Elemanı 2 (Mib 2)*

Andezit Elemanı 2, göreceli olarak daha genç ve esas itibariyle andezit kompozisyonlu tüm kayaları kapsamaktadır. Kalın lav tabakası silisleri ve püskürük merkezi kayalar, birimin büyük kısmını oluşturur. Hemen tüm lav silisleri, akıntı altında teşekkül etmiş ve birkaç metre kalınlıkta otobresyaya haizdir. Otobresli bölge hariç, birimin büyük kısmı "orta derecede sert-sert" andezitli kayaları ihtiva etmektedir.

#### *-Piroklas Elemanı (Mib P)*

Bu birim, esas itibariyle, polilitolojik aglomeradan ibarettir. Sınıf ebadı, tuf ebadından iri taş parçası ebadına kadar değişmektedir. Bunlar, hızlı bir tortullaşma aksettirmektedirler. Daneler az köşeli-köşelidir. Ana dağılım K1P2 sahasındadır. Birim, zayıf-orta kalitede olarak tanımlanabilir. Mukavemet zayıf orta serttir.

#### *-Kuvarterner Tortullar*

Koherent olmayan yüzeysel erozyon tortulları, kolüvyon/alüvyon olarak özetlenmiştir. Bunlar yerçekim etkisi altında dağ ve yamaç etekleri boyunca birikirler. Kalınlık birkaç metreyi geçmez (maksimum ~10 m). Danelilik, oluştuğu birime bağlıdır. Mib 2 ile ilgili olanlar genellikle köşeli-az köşeli ve gevşek GW-SM malzemesi, öte yanda Mib 1'den türeyenler ince daneli yumuşak-sıkı malzemedен oluşmuşlardır.

#### *Hidrojeolojik Şartlar*

Tünel güzergah koridoru boyunca küçük derelerin yüzeyinde yıl boyunca yağış suları ve pınar gözlenmemiştir. Tünel içine drene olacak yeraltı suyunun maksimum miktarını

tahmin için, yağış bilgileri (İzmir'de 1981-1990 arasında gerçek yağış ortalaması =662 mm) buharlaşma-terleme oranı %57 dir. Karşıyaka tünelleri için tahmini yeraltı suyu akışı miktarı Tablo 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.

**Tablo 3.1 K1 Tüneli Yeraltı Suyu Akışı**

İstasyon (Yaklaşık)	Yağış Alan (m <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Akış (l/sn)	Özgül Akış (l/sn.km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama GW (l/sn)	Maks. GW Akışı (l/sn)
500+050-500+320	0.096	0.9	9.0	0.3	3.5

**Tablo 3.2 K2 Tüneli Yeraltı Suyu Akışı**

İstasyon (Yaklaşık)	Yağış Alan (m <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Akış (l/sn)	Özgül Akış (l/sn.km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama GW (l/sn)	Maks. GW Akışı (l/sn)
500+785-501+400	0.071	0.6		0.3	2.6
500+850-501+750	0.218	2.0		0.8	7.9
501+400-502+269	0.944	8.5		3.4	34.1
Toplam	1.233	11.1	9.0	4.4	44.5

Yıllık Ortalama Yağış (mm/) :662

Buharlaşma-Terleme Oranı (%) :57 (tahmini)

Yıllık Ortalama Yeraltı Suyu Akışı :0.4 l/sn (tahmini)

### 3.7. Tünel Güzergahı-Jeolojik ve Jeoteknik Durum

#### *K1 Tüneli (Km. 500+050-500+320 /Kuzey Tüp-NB)*

Bu alan içinde morfoloji ve yüzey koşullarından dolayı, mostra nadir görülür. Tünelin önemli bir kısmı çok fazla altere olmuş Mib 1 kaya birimindedir. Tepenin doğu yamaçlarında Mib 2 andezit kaya tipinin birkaç mostrası gözlenmiştir. Bundan başka, tünel güzergahında bu kaya biriminin varlığını gösteren büyük andezit bloklarından oluşan birikintiler vardır.

***K2 Tüneli (Km. 500+785-502+600 /Kuzey Tüp-NB)***

K2 tüneli, Doğançay Vadisi ile Bayraklı'nın kuzeyi arasında Mib 1 ve Mib 2 kayalarından oluşan dağ sırtını kesmektedir.

İşletme tarafından hazırlanan ön jeolojik-jeoteknik raporda önerilen tahmini dizayn parametrelerini deneylerle (B 35/92, B 36/92, B 37/92-Batı Portalı/K2P1) teyit edilmiştir. İşletme tarafından yapılan deneylerde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Kayacın serbest basınç dayanımı :6.03-32.11 MN/m<sup>2</sup>  
 Nokta yük deneyinin I50 değeri :0.78-1.73 MN/m<sup>2</sup>  
 Tek eksenli basınç dayanımı :187.2-415.2 kg/cm<sup>2</sup>

K2P2 doğu portaline yapılan çalışmalarda ise, (B 38/92, B 39/92, B 42/92) aşağıdaki veriler bulunmuştur.

Kayacın serbest basınç dayanımı :1.68-15.20 MN/m<sup>2</sup>  
 Nokta yük deneyinin I50 değeri :0.48-2.30 MN/m<sup>2</sup>  
 Tek eksenli basınç dayanımı :115.2-552.0 kg/cm<sup>2</sup>

### **3.8. İşletmede Yapılan Ölçüm ve Testler**

Ek 1. deki, jeolojik kesit, tünel güzergahı ve sondaj noktalarından elde edilen veriler aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir.

**Tablo 3.3 K2 Tüneli-Orta Sondaj Kaya Mekanik Deneç Sonuçları B40/92 (Mayreder Geoconsult, 1992)**

Sondaj No	Alınan Karot	Derinlik (m)	Birim Ağırlık		Serbest Basiç Dayanımı (MN/m <sup>2</sup> )	3 Eksenli Basiç Dayanımı			Nokta Yükleme		Basiç Testi	
			Bulk (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru (kN/m <sup>3</sup> )		Yn KN/m <sup>3</sup>	C KN/m <sup>2</sup>	Phi $\phi$	150 (MN/m <sup>2</sup> )	EM MN/m <sup>2</sup>	PL MN/m <sup>2</sup>	
B 40/92	Re-49	70.70/73.20	23.50	23.10		23.80	5000	29		1.75		
	Re-53	79.70/82.20	22.40	21.00	27.55					2.45		
	Re-59	87.70/90.70	15.70	15.00		15.70	1500	30		0.95		
	Re-67	104.80/106.40	18.90	18.10		17.90	2500	33		2.45		

**Tablo 3.4 K2 Tüneli-Orta Sondaj Kaya Mekanik Deneç Sonuçları B41/92 (Mayreder Geoconsult, 1992)**

Sondaj No	Alınan Karot	Derinlik (m)	Birim Ağırlık		Serbest Basiç Dayanımı (MN/m <sup>2</sup> )	3 Eksenli Basiç Dayanımı			Nokta Yükleme		Basiç Testi	
			Bulk (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru (kN/m <sup>3</sup> )		Yn KN/m <sup>3</sup>	C KN/m <sup>2</sup>	Phi $\phi$	150 (MN/m <sup>2</sup> )	EM MN/m <sup>2</sup>	PL MN/m <sup>2</sup>	
B 41/92	Re-22	35.05/37.30	24.30	24.20	39.31							
	Re-57	90.20/92.60	21.34	20.67	17.70				1.60			
	Re-66.66	102.50/106.70		24.10		24.70	12000	35				
	Re-69	110.00/112.00	22.10	21.30	14.35							

**Tablo 3.5 K2 Tüneli-Doğu Portal Sondaj Kaya Mekanığı Deneç Sonuçları B38/92 (Mayreder Geoconsult, 1992)**

Sondaj No	Alınan Karot	Derinlik (m)	Birim Ağırlık		Serbest Basınç Dayanımı (MN/m <sup>2</sup> )	3 Eksenli Basınç Dayanımı			Nokta Yükleme		Basınç Testi	
			Bulk (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru (kN/m <sup>3</sup> )		Yn (kN/m <sup>3</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	φ	150 (MN/m <sup>2</sup> )	EM (MN/m <sup>2</sup> )	PL (MN/m <sup>2</sup> )
B 38/92	Rc-6	7.00/8.50	20.10	18.90						1.36		
	Rc-12	16.00/17.50	21.20	20.60	14.70					1.06		
	Rc-15	20.50/22.00		18.60		18.90	10000	15		0.54		
	Rc-17	23.50/25.00	18.70	17.50	6.19							

**Tablo 3.6 K2 Tüneli-Orta Sondaj Kaya Mekanığı Deneç Sonuçları B39/92 (Mayreder Geoconsult, 1992)**

Sondaj No	Alınan Karot	Derinlik (m)	Birim Ağırlık		Serbest Basınç Dayanımı (MN/m <sup>2</sup> )	3 Eksenli Basınç Dayanımı			Nokta Yükleme		Basınç Testi	
			Bulk (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru (kN/m <sup>3</sup> )		Yn (kN/m <sup>3</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	φ	150 (MN/m <sup>2</sup> )	EM (MN/m <sup>2</sup> )	PL (MN/m <sup>2</sup> )
B 39/92	Rc-12	14.50/16.10	18.01	17.83	15.21							
	Rc-15	18.25/19.75	19.46	19.01	1.69							
	Rc-16	19.75/20.75	18.00	16.90						0.48		
	Rc-23	28.50/30.00		19.60		20.30	3500	28				

**Tablo 3.7 K2 Tüneli Batı Portal Sondaj Kaya Mekanîği Deneç Sonuçları B35/92-36/92 (Mayreder Geoconsult, 1992)**

Sondaj No	Alınan Karot	Derinlik (m)	Birim Ağırlık		Serbest Basınç Dayanımı (MN/m <sup>2</sup> )	3 Eksenli Basınç Dayanımı			Nokta Yükleme		Basınç Testi	
			Bulk (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru (kN/m <sup>3</sup> )		Yn KN/m <sup>3</sup>	C KN/m <sup>2</sup>	Phi φ	I50 (MN/m <sup>2</sup> )	EM MN/m <sup>2</sup>	PL MN/m <sup>2</sup>	
B35/92	Rc-6	7.80/8.00			6.03							
	Rc-11	14.80/15.20	20.67	19.68	8.12							
B36/92	Rc-7	9.00/9.50	20.37	19.82	13.85							
	Rc-9	11.00/12.50	21.75	21.07	22.92							

**Tablo 3.8 K1 Tüneli Doğu Portal Sondaj Kaya Mekanîği Deneç Sonuçları B31/92-34/92 (Mayreder Geoconsult, 1992)**

Sondaj No	Alınan Karot	Derinlik (m)	Birim Ağırlık		Serbest Basınç Dayanımı (MN/m <sup>2</sup> )	3 Eksenli Basınç Dayanımı			Nokta Yükleme		Basınç Testi	
			Bulk (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru (kN/m <sup>3</sup> )		Yn KN/m <sup>3</sup>	C KN/m <sup>2</sup>	Phi φ	I50 (MN/m <sup>2</sup> )	EM MN/m <sup>2</sup>	PL MN/m <sup>2</sup>	
B31/92	Rc-15	15.50-15.80	20.27	21.27	4.86							
	Rc-18	20.00-21.30		19.50		20.30	7500	28				
B34/92	Rc-27	32.00-33.80	20.90	20.10	16.89							
	Rc-39	50.00-52.00	2.51	24.70	59.02				0.95			

### 3.9. Laboratuvarda Yapılan Testler

#### 3.9.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

*Tek eksenli basınç direnci kayaç numunelerinin kırılmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanmaktadır. Birimi  $kg/cm^2$  dir.*

*Kayaçların tek eksenli basınç direncini tayin etmek amacıyla ( $7 \times 7 \times 7$  cm) boyutlu küp veya  $L=2-2.5 \times D$  boyutlu silindir numuneler kullanılmaktadır. Hazırlanmış olan bu numuneler hidrolik pres, çelik plakaları arasına yerleştirilir. Kırılmaya bırakılan numunelerin kırıldığı andaki tatbik edilen yük  $P$ , numunenin yüzey alanı  $A$  ise, tek eksenli basınç direnci ( $\sigma_b$ ):*

$$\sigma_b = \frac{P}{A}$$

*Ayrıca, prese elektro balans bağlanırsa her  $P$  yükünde, bir  $L$  deformasyonu elde edilir. Elde edilen  $\Delta L$  değerleri parçanın deneyden önceki uzunluğuna bölünerek ( $\Delta L/L$ ), her bir  $P$  yükü için  $\epsilon$  değeri elde edilir ve ( $\sigma-\epsilon$ ) eğrisi çizilir.*

*Kayaçların basınç direnci, mineral birleşimi, su içeriği ve ayrışma derecesi ile azalmaktadır. Ayrıca süreksizlikler ve tabaka yüzeylerine dik veya paralel doğrultuda gelen gerilmeler ile de değişmektedir. Süreksizlik yüzeyine dik doğrultuda mukavemet, paralel doğrultuda elde edilen mukavemetten daha fazladır. Kayaçların basınç dayanımına etki eden jeolojik özellikler,*

*-Litoloji*

*-Süreksizlik*

*-Su içeriği*

*-Çimentolanma ve kristallenme derecesi*

*-Homojenite*

*-İzotropluk*

*-Ayrışma Derecesi*

*Birçok numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda; L/D (yükseklik/çap) oranı, yükleme hızı, numunenin alt ve üst yüzeylerinin nitelikleri gibi numune ve deney şartlarına bağlı faktörlerin kayacın basınç dayanımına etki ettiği hesaplanmıştır.*

#### *L/D Oranı*

*Numunenin geometrik boyutlarının oranı (L/D) doğrudan doğruya basınç direncini etkiler. Bu etki iki ayrı şekilde açıklanmaktadır.*

*Birinci açıklamaya göre, tabii malzeme olan kayalar içinde çeşitli kusurlar vardır. Bunların miktarı numune boyutlarının büyümesi ile artacak ve basınç direncinin azalmasına neden olacaktır.*

*İkinci açıklamaya göre; L/D oranı numune ile deney başlıkları arasında oluşan sürtünme kuvvetine etki eder, L/D oranı küçük olan numunelerde sürtünme kuvveti fazla olacağından, elde edilen basınç direnci daha büyüktür. L/D oranı arttıkça, sürtünme kuvvetinin basınç direnci üzerindeki etkisi azalır ve neticesinde basınç direnci düşük olur.*

*Bütün bu düşünceler somunda, en uygun değer, L/D için 2 ila 2.5 arasındadır. Böylece deney parçasında oldukça düzgün bir gerilme dağılımı elde edilir ve kesilme düzleminin oluşması kolaylaşır.*

#### *Yükleme Hızı*

*Bu faktör hem basınç dayanımı hem de elastite modülünü etkiler. Aşağıdaki çizelge farklı yükleme hızları uygulanarak, kumtaşı ve gabro taşları üzerinde gerçekleştirilen basınç deneylerinin sonuçlarını vermektedir.*



Kayaç	Basınç Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )		Dirençte Artış (%)
	30 sn	0.030 sn	
<i>Kumtaşı</i>	560	840	50
<i>Gabro</i>	2170	2800	30

*Çizelgeden görüldüğü gibi, yükleme hızının artımı ile numunenin basınç direncinde artar. Bunun nedeni kayaçların histeretik niteliğidir. Kayaç gerilmenin çok hızlı artmasına uymadığı için aldatıcı bir fazla dayanım göstermektedir.*

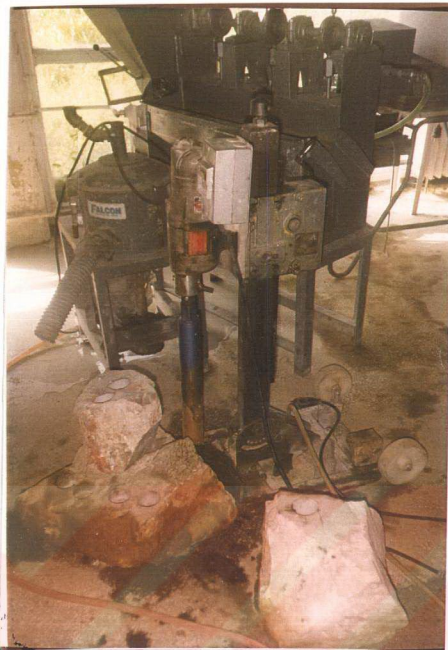
*Bu yüzden, deney şartlarına bağlı olarak uygulamada uygun yükleme hızları (üç eksenli basınç deneyinde 0.450 kg/sn) seçilmelidir. (Köse, Kahraman, 1993)*

### 3.9.2. Laboratuvar Çalışmaları

22.02.1998 günü K2P1SB tünelinin 668.R ve 601+957<sup>00</sup> km'sinde ve K2P1NB tüneli 592.R 501+783<sup>10</sup> km'sinden alınan blok halindeki numunelere Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında uygulanan tek eksenli basınç deneylerinde aşağıdaki bulgulara rastlanmıştır.

Alınan numuneler tünel güzergahının tamamını temsil etmemektedir. Sonuçta numuneler ayna yüzeyindeki masif andezit bloklarından alınmıştır, şüphesiz ki aynanın tamamında süreksizlikler ve ara malzeme görmek mümkündür. Alınan 10 adet toplam numune L/D oranları 2 olacak şekilde hazırlanmıştır. (L=10 cm, D=5 cm)

Numune almada kullanılan ve Tek Eksenli Basınç deneyinin yapıldığı makinalarda şekil 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.



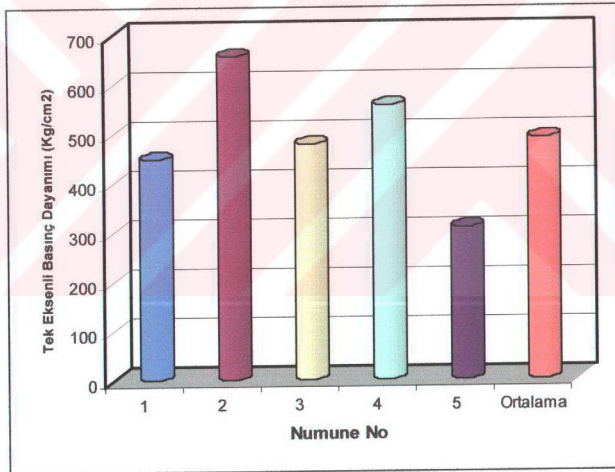
Şekil 3.3 Numunelerden L/D Oranı 2 Olan (5\*10 cm) Karotlar Alınması



Şekil 3.4 Tek/Üç Eksenli Basınç Deney Makinası ve Deney

**Tablo 3.9 K2P1SB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basıncı Deneyi Sonuçları**

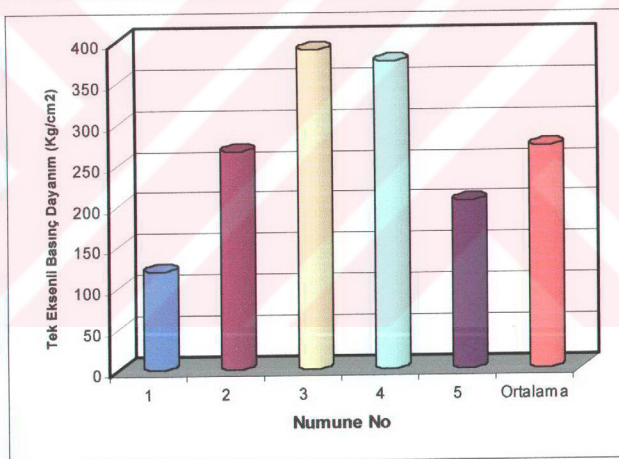
Numune No	Tek Eksenli Basıncı (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kırılma Yüğü (Kgf)
1	449,00	8810
2	658,20	12920
3	480,90	9440
4	557,30	10940
5	308,80	6060
<b>Ortalama</b>	490,84	9634
<b>Numune Alınan Yerin</b>		
<i>İlerleme Numarası</i>	688	
<i>Tünel ağzına mesafesi</i>	957,00 m	
<i>Tabii zemine olan mesafesi</i>	105 m	



**Şekil 3.5 K2P1SB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basıncı Dağılımı**

**Tablo 3.10 K2P1NB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları**

Numune No	Tek Eksenli Basınç (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kırılma Yüklü (Kgf)
1	121,30	2380
2	266,90	5240
3	389,00	7640
4	375,60	7370
5	205,50	4040
<b>Ortalama</b>	<b>271,66</b>	<b>5334</b>
<b>Numune Alınan Yerin</b>		
<i>İlerleme Numarası</i>	592	
<i>Tünel ağzına mesafesi</i>	783,10 m	
<i>Tabii zemine olan mesafesi</i>	94,74 m	



**Şekil 3.6 K2P1NB Tünelinden Alınan Numunelerin Tek Eksenli Basınç Dağılımı**

Deneylerde bulunan tek eksenli basınç aralığı (271.66 kg/cm<sup>2</sup>-490.84 kg/cm<sup>2</sup>), işletmenin değerleri (115.2 kg/cm<sup>2</sup>-552.0 kg/cm<sup>2</sup>) olarak görülmektedir. Deneylerden de görüleceği üzere işletmenin verileri ile laboratuvarlarında yapılan testlerin sonuçları birbirleriyle benzerlikler göstermektedirler.

### 3.10. Karşıyaka Tünelleri Projesine Göre Kaya Kütle Sınıflarının Tanımı

Bu bölümde, rastlanan kayaların jeolojik özellikleri Avusturya standartları ÖNORM B 2203'e göre özet olarak verilmiştir. Bu standartlar, delme ve patlatma özellikleri açısından kayaların davranışlarını 7 sınıfa ayırmaktadır. Bunlardan kaya türlerine uygun bulunan 4. 5. 6. sınıflarla, Karşıyaka tünellerinde karşılaşılmış ve tahkimat sistemleri bu sınıf kayalara göre dizayn edilmiştir. Portallerin bazı kısımlarındaki özel şartları içermesi için ilave bir "P" sınıfı tanımlanmıştır.

*Sınıf 4 :Kırılğan (Gevrek) -Kısmen basınç yapan kaya kütleli*

Belirgin özelliği, desteklenmemişse sürekli kopmalar ve/veya sürekli deformasyon göstermesidir. Bu tür, esas olarak Mib2'nin andezitlerinin az bozuşmuş kısımlarına uymaktadır. Ayrıca, Mib P'nin çoğu parçalarına ve Mib 1'in önemli bir bölümüne uymaktadır.

*Sınıf 5 : Çok kırılğan veya basınç yapan kaya kütleli*

Bu sınıf kaya kütleli esasta plastik davranış gösterir. Desteklenmezse (iksa ile), kazıdan hemen sonra yeni açılan kazı yüzeyleri dengeyi kaybedecektir. Bu sınıf 4. sınıfta bahsedilen kaya birimlerindedir. Farklı Mib 1 türlerinin çok bozuşmuş andezitlerinde ve/veya fay kısımlarında daha fazla bozulma göstermesidir.

*Sınıf 6 : Çok basınç yapan kaya kütleli*

Bu sınıfın özelliği, kazıdan sonra konulan ilk desteklemeye (iksa) yüksek basınç yapması ve aynı zamanda, kazı çevresinde derin plastik yöreler oluşturmasıdır. 6. sınıf kayaların belirleyici koşulları, çok bozuşmuş ve değişmiş kayalar ve aynı zamanda yük taşıyan, çok su işlemiş geniş fay bölgeleridir.



P Sınıfı : Portal Sınıfı (Tünel Girişi)

P sınıfı, tünele başlama koşullarının göz önüne alındığı (portal kazısı, çatlak veya bozmuş kaya, şev stabilitesi, vs..) sınıfıdır. Karşıyaka tünelleri (K1 ve K2) çift taraflı kazı ile açılmıştır. Bu sebeple kazı yapılan 8 ayrı ayna yüzeyi bulunmaktadır. Karşıyaka tünellerinde gözlenen kaya sınıfları dağılımı aşağıdaki gibidir,

**Tablo 3.11 Karşıyaka K2P2SB Tüpü (Bornova Tarafı)**

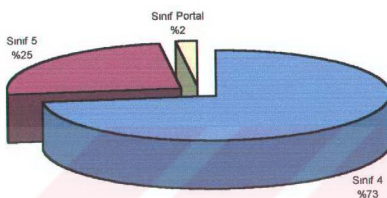
Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
602+608.19	602+599.79	-	-	8.40	8.40
602+599.79	602+319.04	-	280.75	-	280.75
602+319.04	602+114.54	204.50	-	-	204.50
602+114.54	602+108.29	-	6.25	-	6.25
<b>Genel Toplam</b>		204.50	287.00	8.40	499.90

**Tablo 3.12 Karşıyaka K2P1SB Tüpü (Karşıyaka Tarafı)**

Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
600+788.00	600+807.20	-	-	19.20	19.20
600+807.20	600+889.20	-	82.00	-	82.00
600+889.20	601+240.95	351.75	-	-	351.75
601+240.95	601+305.95	-	65.00	-	65.00
601+305.95	602+040.50	734.55	-	-	734.55
602+040.50	602+051.00	-	10.50	-	10.50
602+051.00	602+099.00	48.00	-	-	48.00
602+099.00	602+108.29	-	9.29	-	9.29
<b>Genel Toplam</b>		1134.30	116.79	19.20	1320.29

Tablo 3.13 Karşıyaka K2SB Tüpü (1820.19 m)

	4	5	P
Toplam (m)	1338.80	453.79	27.60
Yüzde	%73	%25	%2



Şekil 3.7 K2SB Tüpünün Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri

Tablo 3.14 Karşıyaka K2P2NB Tüpü (Bornova Tarafı)

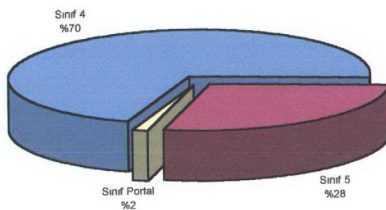
Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
502+597.40	502+589.00	-	-	8.40	8.40
502+589.00	502+335.00	-	254.00	-	254.00
502+335.00	502+061.00	274.00	-	-	274.00
502+061.00	502+054.75	-	6.25	-	6.25
Genel Toplam		274.00	260.25	8.40	542.65

Tablo 3.15 Karşıyaka K2P1NB Tüpü (Karşıyaka Tarafı)

Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
500+787.50	500+806.70	-	-	19.20	19.20
500+806.70	500+881.70	-	75.00	-	75.00
500+881.70	501+210.70	329.00	-	-	329.00
501+210.70	501+286.75	-	76.05	-	76.05
501+286.75	501+747.10	460.35	-	-	460.35
501+747.10	501+825.35	-	78.25	-	78.25
501+825.35	502+044.85	219.50	-	-	219.50
502+044.85	502+054.75	-	9.90	-	9.90
Toplam		1008.85	239.20	19.20	1267.25

Tablo 3.16 Karşıyaka K2NB Tüpü (1809.90 m)

	4	5	P
Toplam (m)	1282.85	499.45	27.60
Yüzde	%71	%27	%2



Şekil 3.8 K2NB Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri



Tablo 3.17 Karşıyaka K1P1SB Tüpü (Yamanlar Tarafı)

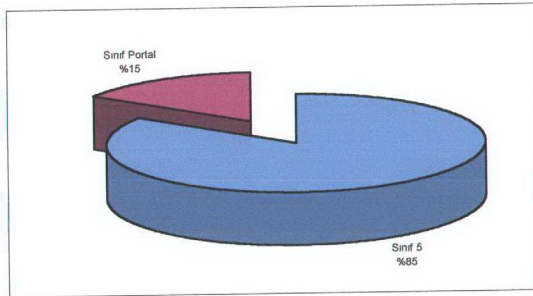
Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
600+049.48	600+071.08	-	-	21.60	21.60
600+071.08	600+080.80	-	9.72	-	9.72
Genel Toplam		-	9.72	21.60	31.32

Tablo 3.18 Karşıyaka K1P2SB Tüpü (Karşıyaka Tarafı)

Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
600+314.00	600+294.80	-	-	19.20	19.20
600+294.80	600+080.80	-	214.00	-	214.00
Toplam		-	214.00	19.20	233.20

Tablo 3.19 Karşıyaka K1SB Tüpü (264.52 m)

	5	P
Toplam (m)	223.72	40.8
Yüzde	%85	%15



Şekil 3.9 K1SB Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleeri

Tablo 3.20 Karşıyaka K1P1NB Tüpü (Yamanlar Tarafı)

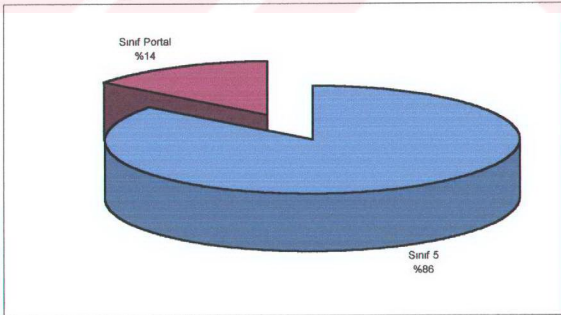
Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
500+052.40	500+071.60	-	-	19.20	19.20
500+071.60	500+117.35	-	45.75	-	45.75
Genel Toplam		-	45.75	19.20	64.95

Tablo 3.21 Karşıyaka K1P2NB Tüpü (Karşıyaka Tarafı)

Başlangıç Km	Bitiş Km	Kaya Sınıfı			Toplam (m)
		4	5	Portal	
500+317.40	500+298.20	-	-	19.20	19.20
500+298.20	500+117.35	-	180.85	-	180.85
Toplam		-	180.85	19.20	200.05

Tablo 3.22 Karşıyaka K1NB Tüpü (265.00 m)

	5	P
Toplam (m)	226.60	38.40
Yüzde	%86	%14



Şekil 3.10 K1NB Sınıflara Göre İlerleme Yüzdeleri

Tablo 3.23 Tünel Güzergahı SB Hattındaki Genel Durum

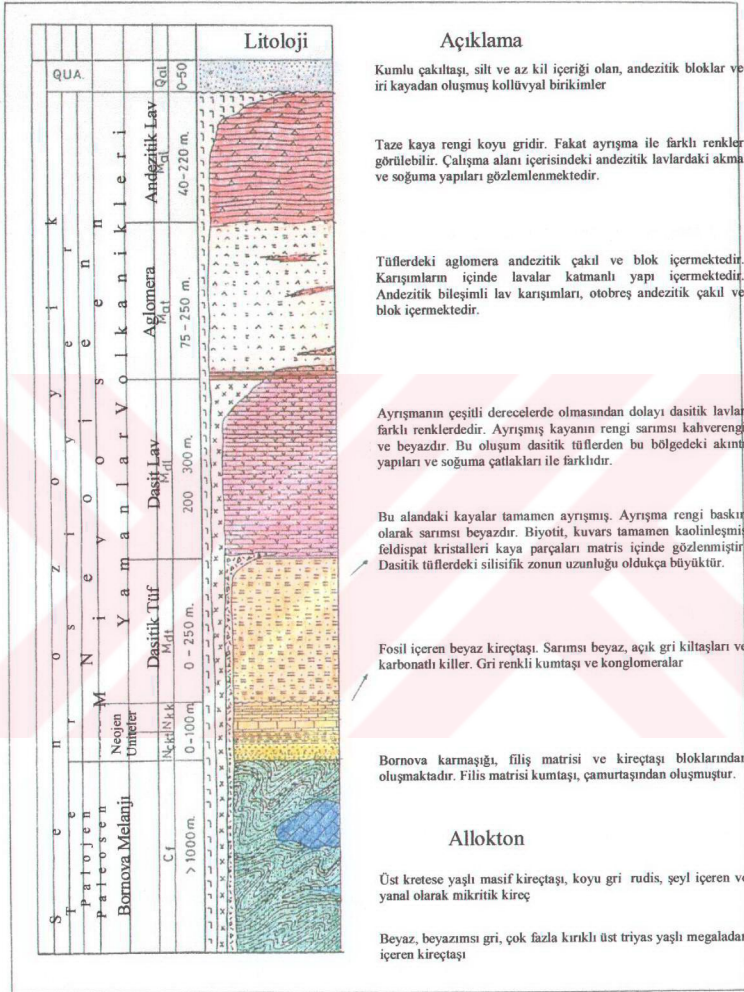
Tüp Adı	Kaya Sınıfı			Toplam	
	4	5	Portal		
<i>KIP1SB</i>	-	9.72	21.60	31.32	264.52
<i>KIP2SB</i>	-	214.00	19.20	233.20	
<i>K2P1SB</i>	1134.30	166.79	19.20	1320.29	1820.19
<i>K2P2SB</i>	204.50	287.00	8.40	499.90	
<i>Toplam (m)</i>	1338.80	687.51	68.40	2094.71	
<i>Yüzdesi</i>	0.64	0.33	0.03		

Tablo 3.24 Tünel Güzergahı NB Hattındaki Genel Durum

Tüp Adı	Kaya Sınıfı			Toplam	
	4	5	Portal		
<i>KIP1NB</i>	-	45.75	19.20	64.95	265.00
<i>KIP2NB</i>	-	185.85	19.20	205.05	
<i>K2P1NB</i>	1008.85	239.20	19.20	1267.25	1809.90
<i>K2P2NB</i>	274.00	260.25	8.40	542.65	
<i>Toplam (m)</i>	1282.85	731.05	66.00	2079.90	
<i>Yüzdesi</i>	0.62	0.35	0.03		

### 3.11. Karşıyaka Tünellerinin Jeolojisi

İzmir Çevre Yolu projesi bünyesinde yer alan ve Bornova ile Karşıyaka'yı birbirine bağlayan Karşıyaka Tünelleri, Yamanlar Volkanikleri içerisinde geçmektedir. Yamanlar Volkaniklerinden tünel kazısı esnasında; altere-çok altere andezitler (yaşlı andezitler), andezit-dasit bileşimli lav akmaları (genç andezitler), aglomeralar, dasitik tuf ve dayk girmeleri ile karşılaşmıştır.



Şekil 3.11 İzmir Körfezi Kuzeyinin Genel Stratigrafik Kesiti (Koca, 1995)

### *Andezit Lav Akmaları (Genç Andezitler)*

Yaşlı andezitlerin ve aglomeraların üzerine gelmiştir. Akma yapılarına göre belirlenen volkanik çıkışlar; Kale Tepe, Küçük Kale Tepe, Bayraklı'da yansıtıcıların bulunduğu sırtlar, Gelişdağı tepeleridir. Çıkışları farklı olmasına rağmen benzer özellikler gösteren genç andezitlerin genel özellikleri şunlardır. Koyu gri-siyah renkli, sert-çok sert, az-orta-taze bozuşma, 1-50 cm tabakalı yapı (akma yapısına bağlı) ve tektonik etkilere bağlı olarak da kırıklı-parçalı özelliği artmıştır. Bu birim içerisindeki sağlam andezitler bloklar şeklinde 0.1-0.5 cm lik bozuşma ürünü zayıf dolgulu süreksizliklerle birbirinden ayrılmıştır. Buna bağlı olarak kazı sırasında önlenemeyen aşırı açılmalar en fazla bu birimde meydana gelmiştir.

Oluşumları gereği; aglomeraların üzerine  $\sim 25^\circ$  olarak ve miyosende çukur olan bölümlere doğru akarak ilerlemiştir. Bu sebeple tünel girişleri diagonaldir (dar açılı). Bazı bölümlerde tavandan alçalmaya başlayıp tünel ortasında tekrar yükselerek yok olmuştur.

Genç andezitler, tünel haritalamasında bozuşmaya bağlı olarak bloklu altere andezit veya altere bloklu andezit olarak isimlendirilmiştir.

### *Aglomeralar*

Tünel güzergahında 4 farklı aglomera geçilmiştir.

- a- K2 tünellerinin Bornova tarafında görülen ve sistematik süreksizliklerle kesilmiş  $\sim 55'$ lerde andezit blokları ve bozuşmanın ilerlemesine bağlı olarak killeşmiş bantlar içeren aglomeralar, altere andezit aglomera olarak isimlendirilmiştir.
- b- K2 tünellerinin Bornova tarafında görülen,  $\sim 65'$ lerde andezit blokları ve  $35'$ lerde tüf sel bağlayıcı içerip homojen davranış gösteren aglomeralar, andezitik aglomera olarak isimlendirilmiştir.

- c- K2 tünellerinin ortalarında görülen, ~%35'lerde andezit blokları, ~%65'lerde tüf sel bağlayıcı içerip homojen davranış gösteren aglomeralar da andezitik aglomera olarak isimlendirilmiştir.
- d- Bozuşmanın ilerlemesi andezit bloklarının belirsizleşmesiyle oluşanlara altere aglomera isimlendirilmesi yapılmıştır.

Aglomeralarda, fay zonları dışında kazı sırasında problem yaşanmamıştır. Kayanın homojen davranışı nedeniyle genelde kazı profiline yakın ölçülerde kazı yapılmıştır. Fay zonu veya kontaklarda, özellikle tüf sel bağlayıcılardaki bozuşma etkili olmuş ve RC 5 kazı-desteklemesi yapılmıştır.

#### *Andezit Lav Akmaları (Yaşlı Andezitler)*

K2 tünellerinin Karşıyaka tarafında ilk ~150 m'sinde bulunmaktadır. Gerçekte sağlam olan birim, soğan kabuğu şeklinde bozuşmanın ilerlemesiyle yeşilimsi gri renkten kahve-sarı renk ve orta-zayıf sertliğe dönüşmüştür. Bazı bölümlerde çekirdek kaya hala mevcuttur. Bu birimin hakim olduğu bölümlerde, farklı özellikteki kayalar bloklar halinde ve düzensiz şekillerde beraber bulunmaktadır. Bu yapı sebebiyle kontaklar ve sağlam olan blokların beraber hareket etmesiyle (zayıf kayadan ayrılması) bloklar şeklinde lokal aşırı açılmalar meydana gelmiştir.

#### *Dasitik Tüfler*

K1 tünellerinde bulunmaktadır. Üstte daha sağlam olan sarı-kahve-beyaz renkli orta sert bölüm altta ise gri renkli zayıf-orta-sert dasitik tüfler yer almaktadır. Gri renkli birimde yer yer baskılı özellik ve kendi içindeki yaklaşık yatay kontak boyunca lokal aşırı açılmalar meydana gelmiştir.

Gri renkli birimde sızıntı şeklinde yeraltı suyu ve suya doygun özellik görülmüştür. Bu birimin tamamında RC 5 olarak ilerleme yapılmıştır.



Karşıyaka tünelleri SB tütünün kazısı sırasında volkanik yapının karmaşıklığına bağlı olarak çalışma bölgesinde (aynada) çoğunlukla birkaç farklı özelliklerdeki (davranış) birimleri beraber bulunmuş ve sık sık değişim göstermiştir. Bunlar tünel uzunluğuna göre yüzde olarak;

- . 4 farklı birim 2 ayrı bölgede %5
- . 3 farklı birim 4 ayrı bölgede %14
- . 2 farklı birim 12 ayrı bölgede %38 bulunmuştur.

Aynanın tamamının aynı olduğu bölümler ise,

- a- Andezitik Aglomeralar, Altere Aglomeralar, Altere Andezitik Aglomeralar 6 ayrı bölümde %24
- b- Bloklü Altere Andezit, Altere Bloklü Andezit 3 ayrı bölümde %6
- c- Altere Andezitler 3 ayrı bölümde %7
- d- Çok Altere Andezitler 3 ayrı bölümde %5.5 olarak toplam %43'dür.

Tüm bunlar kazı sırasında olumsuzluklara neden olmuştur. Çok sağlam olan bölümün kazısı için patlayıcı kullanılması zorunluluğu, kazı sırasında daha zayıf özelliklerdeki bölümlerde ve kontakları boyunca kazı profili dışına çıkılıp aşırı açılmalara neden olmuştur.

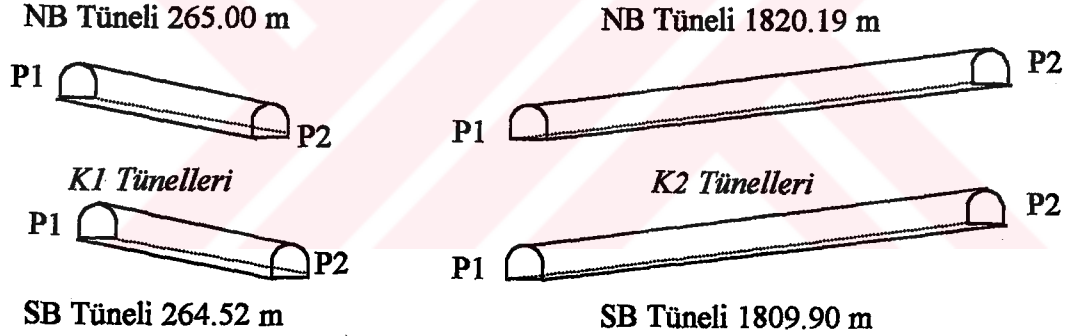
Tahmin edilmeyen bölge ve yönlerde, aynada, aglomeralar ve fay zonları dışında çoğunlukla kontakları doğrusal olmayan düzensiz şekillerdeki çok sağlam bloklar veya zayıf bozmuş bölümlerle karşılaşmıştır. Buna bağlı olarak lokal aşırı açılmalar oluşmuş, ve/veya kazı-tarama çalışmalarının uzamasına sebep olmuştur.

# BÖLÜM DÖRT

## KARŞIYAKA TÜNELLERİNİN KAZI ETÜDÜ

### 4.1. Genel Bilgiler

Karşıyaka tünelleri İzmir-Aydın Otoyolu ve İzmir Çevre Yolu projesi kapsamındaki İzmir Çevre yolu bölümünde projenin Bornova ile Karşıyaka arasında planlanan yolun Yamanlar Dağı altından 1820 m lik, gidiş 3, geliş 3 şerit olmak üzere iki tüple açılan ve Doğançay deresinin viyadükle aşıldıktan sonra 270 m lik diğer iki tüpün Çiğli'ye bağlanan yola kavuştuğu yerdeki toplam 4 tüpten oluşmaktadır. Tüneller aşağıdaki şekilde görülen sistematikle adlandırılmışlardır. (Şekil 4.1)



**Şekil 4.1 Karşıyaka Tünellerinin Adlandırılması**

K1: Karşıyaka 270 m lik iki tüpe verilen isim

K2: Karşıyaka 1820 m lik iki tüpe verilen isim

P1: Portal (Tünel ağzı kısmı 1)

P2: Portal (Tünel ağzı kısmı 2)

NB: Kuzey yöndeki tüp

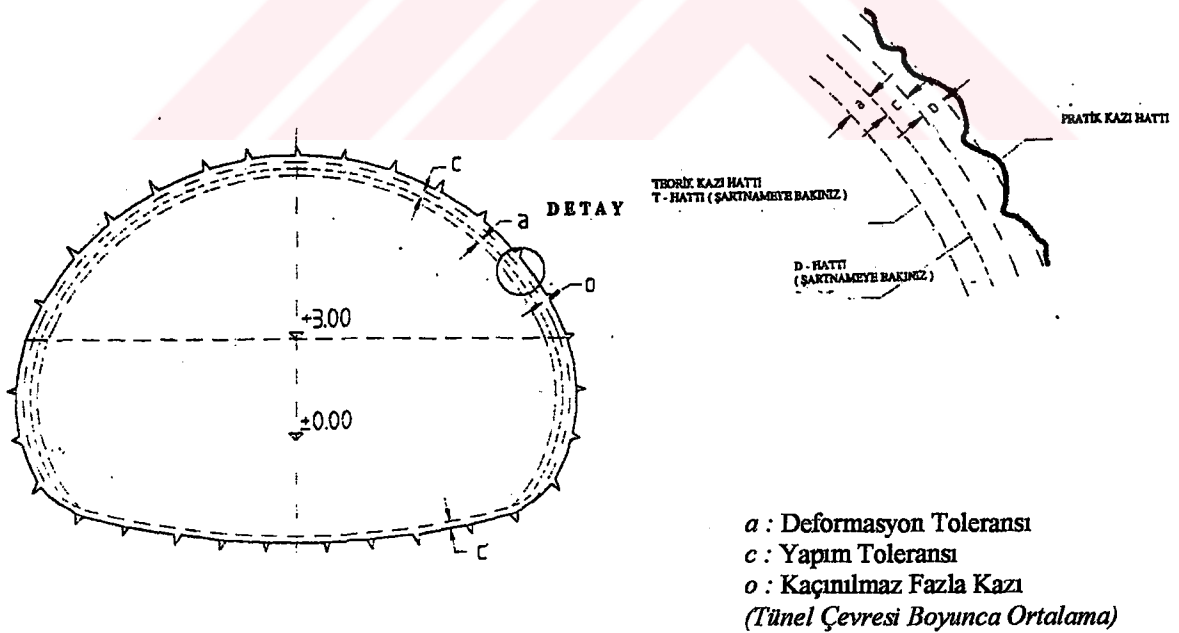
SB: Güney yöndeki tüp



Tüneller önceki bölümde de açıklandığı üzere andezitik bir formasyonda açılmış ve projede 4 sınıf kaya sınıfı belirlenmesine rağmen (4-5-6-P), uygulamada 3 sınıf kaya yapısı alınmış (4-5-P), kazı ve tahkimatlandırma bu sınıflara göre belirlenmiştir. Kazı sınıfları ile birlikte, kazı kesitleri, deformasyon toleransları, tahkimat sistemindeki elemanların sayısı, boyutları ve püskürtme beton kalınlıkları değişmektedir. Tablo 4.1. de kaya sınıflarına göre belirlenen, kazı kesitleri, deformasyon ve yapım toleransları verilmiştir.

**Tablo 4.1 Deformasyon ve Yapım Toleransları**

Kaya Sınıfı	4	5	6	P
Teorik Kazı Alanları (m <sup>2</sup> )	149.29	153.80	156.08	153.80
Radyal Deformasyon Toleransları (cm)	10.00	20.00	25.00	20.00
Yapım Toleransları (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00
Toplam Toleranslar (cm)	20.00	30.00	35.00	30.00
Kazı Alanları (Toleranslar Dahil) (m <sup>2</sup> )	158.37	167.70	172.46	167.70
Kaçınılmaz Fazla Kazı (cm) (Tahmini)	25.00	15.00	15.00	20.00
Çelik İksa Tipleri	Tip 1	Tip 2	Tip 2	Tip 2



**Şekil 4.2 Deformasyon ve Yapım Toleransları**

Karşıyaka Tünellerinde uygulanan Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'nin prensiplerine uygun olarak tünelin tüm kesiti bir periyotta açılmamaktadır. Üst yarı, alt yarı ve rampa kazıları olmak üzere üç safha halinde tamamlanan kazıda, üst yarıyı ~20 m geriden takip eden alt yarı kazıları ve rampa kazısı ile tünel kesiti tamamlanmaktadır.

## 4.2. Kaya Sınıflarına Göre Kazı Çalışmaları

### 4.2.1. Kaya Sınıfı P

Genel olarak tünel ağzlarında uygulanan bu kaya sınıfının toplam kazı miktarındaki oranı %3'tür. Tablo 4.2 ve Şekil 4.3' te Portal (Tünel Girişi) sınıfında uygulanan tahkimat sistemi verilmiştir. Tünel ağzlarına uygulanan bu kaya sınıfında patlatma ile yapılan kazıyı takiben geçilen tahkimatlandırma işlerinde sırasıyla şu işlemler yapılır.

- ☞ İlerleme uzunluğu, 1.20 m olan kaya sınıfı P kazı aralığında ayna ilgili delik düzenine göre patlatılmaktadır.
- ☞ Bununla birlikte K1 tünellerinin Yamanlar Tünel Girişi'ndeki çalışmalarda, çalışma bölgesinin yerleşim yerine olan yakınlığı sebebiyle, ilk 15-20 m'lik kazı Cat M-315 Kırıcı, Cat 428 Kırıcı ve Komatsu D 75-S paletli kepçe kombinasyonu ile yapılmış, ses ve sarsıntı etkisini azaltmak amacıyla, ayna, tek seferde değil, kademeli olarak patlatılmıştır.
- ☞ Patlatmadan sonra aynanın önünde bir öbek olarak toplanan pasanın üzerinden Komatsu D 75-S veya Cat 963 kepçeler ile aynanın taraması yapılmakta, kavlaklar düşürülmektedir. Kaya yapısına ve patlatma sırasındaki olumsuzluklara bağlı olarak kesite giren kısımlar, büyüklük ve yapılarına göre patarlanarak (delici makina ile patlatmada kazılamamış kısmın tekrar delinip patlatılması) veya Cat 428 Kırıcı-Yükleyici, Cat M-315 lastikli kırıcı-yükleyici yada Komatsu PC220 paletli kırıcı-yükleyici ile kırılarak kazı kesiti olması gereken haline getirilmektedir (Şekil 4.3.).
- ☞ Patlatılarak ve taranarak açılan kazı kesitinden çıkarılan pasa, Cat 988 ve Komatsu HD 315 kaya kamyonları ile pasa sahasına nakledilmektedir.



**Şekil 4.3 Komatsu D75-S İle Yapılan Taban Tarama Çalışması**

- ☞ Bakir olan ayna yüzeyi 5 cm kalınlığa sahip püskürtme betonu ile kaplanmakta, aynanın hava ile olan teması kesilmekte ve nihai tahkimat işlerinde daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmaktadır.
- ☞ Bu işlemi müteakip, kazı kesitine giren ufak çaplı kırım işleri, martopikör veya Cat 428 kırıcı yükleyici ile kırılarak kazı işlemi tamamlanmaktadır.
- ☞ Kırım işlerinden sonra, kemerlenmeyi sağlayacak ve tavan kayasının bir bütün halinde hareket etmesini sağlayacak olan püskürtme betonuna yüzey oluşturmak için çelik hasır montajı (Q180/80) yapılmaktadır.
- ☞ Çelik hasır montajından sonra, projede uygun görülen W 5\*19 28.24 kg/m Tip 2 iksalar (veya GI-140) monte edilmekte ve 9 adet ilerleme boylu (bir periyotluk ilerleme) + 30 cm geçme paylı işbanlarla diğer iksa ile ilişkilendirilmektedir. T biçimli demir parçaları ile iksanın arkasında kalan çelik hasır -püskürtme betonu ile yüzey arasında mesafe kalmaması ve tahkimatlandırılmış tünel yüzeyinin, kazı yüzeyi ile birlikte hareket etmesi için- yüzeye yapıştırılmaktadır (Şekil 4.4).









**Şekil 4.5 Hasır ve İksa Montajı Tamamlanmış Bir Roundun, Püskürtme Betonunun Öncesi Son Hali**

- ☞ İksa montajı ve kaynaktan sonra püskürtme betonu makinası ile raunda 25 cm, 20 N/mm<sup>2</sup> püskürtme beton atılmakta ve kemerlenme sağlanmaktadır.
- ☞ Püskürtme betonu işleminin bitince, Tamrock kaya delici makineler ile ayna bulon ve süren delgileri yapılmaktadır. Enjeksiyonlu süren montajı 37\*3 m olarak uygulanmaktadır.
- ☞ Jumbo ile yapılan ayna, süren ve bulon işlemini müteakip, kaya bulonlarının montajına başlanmaktadır. 45'lik bit ile açılan (4.5 cm çaplı) kaya sınıfına göre değişen 4-6 m uzunluğundaki bulon deliklerine, çimento ve su karışımı doldurularak 28'lik nervürlü bulon demiri montajı yapılır. Montaj işleminden 12 saat sonra bulon plakaları sıkılarak, bulonun çalışması sağlanır.
- ☞ Bulonlama işleminin ardından Kaya sınıfı P'de yapılması öngörülen 2. kat çelik hasır montajı yapılmakta ve 2. kat püskürtme beton atılmaktadır.

Tablo 4.3 Portal Sınıfı için Üst Yarı Kazı Verileri

Kaya Sınıfı P (Üst Yarı)			
<i>Standart İksa Sistemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Sınıf P</i>	<i>Notlar</i>
Atış Uzunluğu	M	1.2	-
Püskürtme Beton Kalınlığı	Cm	25	-
Çelik İksa	Tip	W5*19	Uygulamada GI-140 tip
Çelik Hasır	Kat	2	2. kat çelik hasır üzeri 2. kat püskürtme betonu
Kaya Bulonu (SN/SW/PG/RG)	Tip, Sayı	SN 6/5 L=4 m, 4 L=6 m	1 round 6, diğerine 5 ad. L=4 m ve her raunda L=6 m, toplam 9/10 adet/round SN tip kaya bulonu, şeşibeş düzende
Ayna (Ön) Püskürtme Betonu	Cm	3-5	-
Süren	Sayı, Tip	37 Adet, L=2.5 m, $\phi$ 32 Demir	-

Tablo 4.4 Portal Sınıfı İçin Alt Yarı Kazı Verileri

Kaya Sınıfı P (Alt Yarı)			
<i>Standart İksa Sistemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Sınıf P</i>	<i>Notlar</i>
Atış Uzunluğu	M	2.4	-
Püskürtme Beton Kalınlığı	Cm	25	-
Çelik İksa	Tip	W5*19	Uygulamada GI-140 tip
Çelik Hasır	Kat	2	2. kat çelik hasır üzeri 2. kat püskürtme betonu
Kaya Bulonu (SN/SW/PG/RG)	Tip, Sayı	SN 4 adet L=6 m	Şeşibeş düzende
Ayna (Ön) Püskürtme Betonu	Cm	3-5	-
İnvert	-	Var	-

#### 4.2.2. Kaya Sınıfı 5

Bu kaya sınıfının toplam kazı miktarındaki oranı %34'tür. Tablo 4.5 ve Şekil 4.9'da 5 sınıfında uygulanan tahkimat sistemi verilmiştir. Patlatma ile yapılan kazıyı takiben geçilen tahkimatlandırma işlerinde sırasıyla şu yol izlenir.

- ☞ Bir seferlik ilerleme miktarı 1.0-1.50 m arasında olan kaya sınıfı 5'te ayna, bu kaya sınıfı ile ilgili delik düzenine göre patlatılmaktadır.
- ☞ Patlatmadan sonra aynanın önünde bir öbek olarak toplanan pasanın üzerinden Komatsu D 75-S veya Cat 963 kepçeler ile aynanın taraması yapılmakta, kavlaklar düşürülmektedir. Kaya yapısına ve patlatma sırasındaki olumsuzluklara bağlı olarak kesite giren kısımlar, büyüklük ve yapılarına göre patarlanarak (delici makina ile patlatmada kazılamamış kısmın tekrar delinip patlatılması) veya Cat 428 kırıcı-yükleyici, Cat M315 lastikli kırıcı-yükleyici yada Komatsu PC220 paletli kırıcı-yükleyici ile kırılarak kazı kesiti, olması gereken haline getirilmektedir.
- ☞ Patlatılarak ve taranarak açılan kazı kesitinden çıkarılan pasa, Cat 988 ve Komatsu HD 315 kaya kamyonları ile pasa sahasına nakledilmektedir.
- ☞ Bakir olan ayna yüzeyi 5 cm kalınlığa sahip püskürtme betonu ile kaplanmakta, aynanın hava ile olan teması kesilmekte ve nihai tahkimat işlerinde daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmaktadır.
- ☞ Bu işlemi müteakip, kazı kesitine giren ufak çaplı kırım işleri, martopikör veya Cat 428 kırıcı yükleyici ile kırılarak kazı işlemi tamamlanmaktadır.
- ☞ Kırım işlerinden sonra, kemerlenmeyi sağlayacak ve tavan kayasının bir bütün halinde hareket etmesini sağlayacak olan püskürtme betonuna yüzey oluşturmak için çelik hasır montajı (Q180/80) yapılmaktadır.
- ☞ Çelik hasır montajından sonra, projede uygun görülen W 5\*19 28.24 kg/m Tip 2 iksalar (veya GI-140) monte edilmekte ve 9 adet ilerleme boylu (bir periyotluk ilerleme) + 30 cm geçme paylı işbanlarla diğer iksa ile ilişkilendirilmektedir. T biçimli demir parçaları ile iksanın arkasında kalan çelik hasır -püskürtme betonu ile



yüzey arasında mesafe kalmaması ve tahkimatlandırılmış tünel yüzeyinin, kazı yüzeyi ile birlikte hareket etmesi için- yüzeye yapıştırılmaktadır.

- İksa montajı ve kaynaktan sonra püskürtme betonu makinası ile adıma 25 cm, 20 N/mm<sup>2</sup> püskürtme beton atılmakta ve kemerlenme sağlanmaktadır (Şekil 4.6).



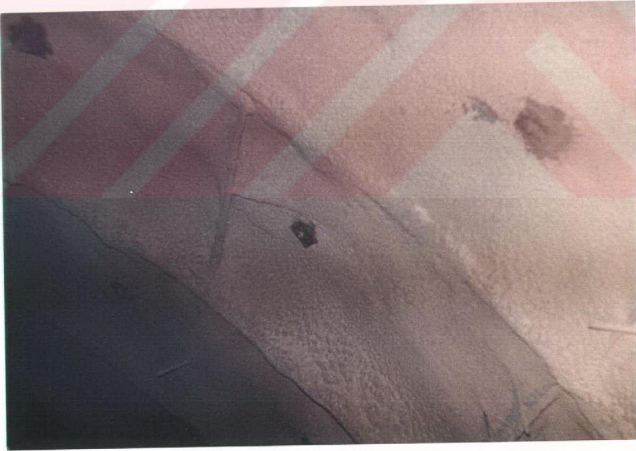
**Şekil 4.6 Püskürtme Beton Atılması**

- Püskürtme betonu işlemleri bitince, Tamrock kaya delici makineleri ile sırasıyla bulon, süren ve son olarak ayna delgileri yapılmaktadır. Delme çalışmaları sırasında tüm ilerleme kademesindeki yüzeye jumbo kollarının yetişmesi esas alınmakta ve makine mümkün mertebe yer değiştirmeden delikler açılmaktadır. Jumbo; ayna göbeğini 64 mm.lik, çevreyi 45 mm.lik bitlerle delmektedir. Bulonlar, bulon boyu 4 m den kısa ise 45 mm.lik, 6 m veya daha uzun ise 64 mm.lik bitlerle delinmektedir. Çünkü bitleri taşıyan tijlerin boyları 4 m dir. Tijleri birbirine bağlayan manşonlar 4 m den daha uzun bulonlarda delik çapının büyütülmesini gerektirir. Süren 45 mm.lik bitlerle delinmektedir. Jumbo; 380 V. elektrik ile çalışan elektrik motorlarının tahrik ettiği hidrolik pompalarla delme işlemini yapmaktadır. Tünelde, aynaya patlatma delgisi, bulon delgisi, süren delgisi, araştırma delgisi, taban delgileri, fan borusu asmak amaçlı delgiler yapılmaktadır. Ayna delgileri normal zemin koşullarında Q45

mm'lik bitlerle, zemin çok bozuk olması durumunda da Q64 mm'lik bitlerle yapılmaktadır. Burada amaç, bozuk zeminlerde küçük çaplı deliklerin kapanmasını önlemektir. Süren delgileri de zemine göre Q64 veya Q45'lik bitlerle yapılmaktadır.

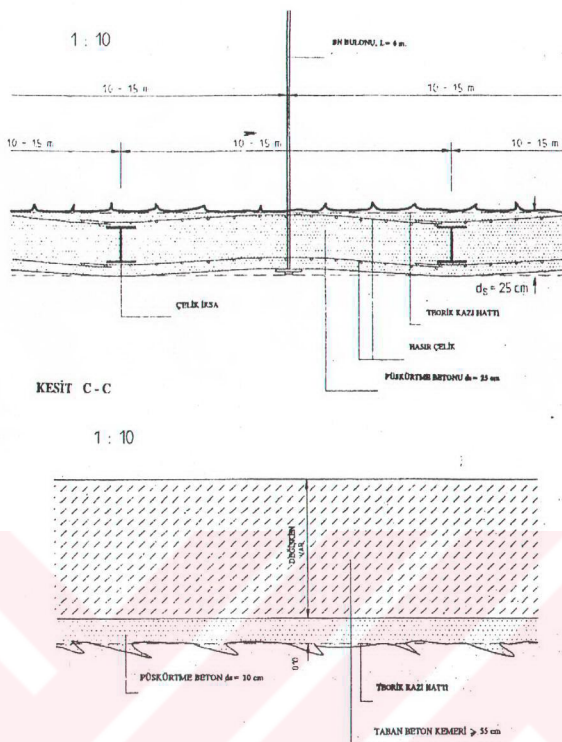


**Şekil 4.7 Bulon Deliğine Enjeksiyon (Çimento-Su Karışımı) Basma İşlemi**



**Şekil 4.8 Plaka Sıkma İşlemi Tamamlanmış Bir Kaya Bulonu**





Şekil 4.9 Kaya Sınıfı 5 Tahkimat Sistemi (Devamı)

Tablo 4.5 Kaya Sınıfı 5 Teorik Malzeme Miktarları

Yeri	Tahkimat Elemanı	Teorik Miktar (m)
T,B,I	Kazı	153.80 m <sup>2</sup>
T,B	Püskürtme Beton (ds=25 cm, 20 N/mm <sup>2</sup> )	7.07 m <sup>3</sup>
I	Püskürtme Beton (ds=10 cm, 20 N/mm <sup>2</sup> )	164 m <sup>3</sup>
T,B	Çelik Hasır 6/6 150*150 m, 2.69 kg/m <sup>2</sup> , İki Tabaka	169.06 kg
T,B,I	Çelik İksalar (I Profil) W 5*19, GI-14, 28.24 kg/m Tip 2	823.88 kg
T	Bulonlar L=6 m, P <sub>nihai</sub> =250 KN	12.40 Nos
T,B	Bulonlar L=9 m, P <sub>nihai</sub> =250 KN	1.60 Nos
T	Yüzeyde Püskürtme Örtü ds=5 cm	1003.34 m <sup>3</sup>
T	Süren Borusu (Şerbetli) 1 ¼" L=2.5-3.5 m	84 m
I	Taban Beton Kemeri dc≥55 cm, 30 N/mm <sup>2</sup>	18.15 m <sup>3</sup>

T: Üst Yarı, B: Alt Yarı, I: İvert

- ☞ Jumbo ile yapılan ayna, süren ve bulon işlemini müteakip, kaya bulonlarının montajına başlanmaktadır, 45'lik bit ile açılan (4.5 cm çaplı) kaya sınıfına göre değişen 6-9 m uzunluğundaki bulon deliklerine, çimento ve su karışımı doldurularak 28'lik nervürlü bulon demiri montajı yapılır. Montaj işleminden 12 saat sonra bulon plakaları sıkılarak, bulonun çalışması sağlanır (Şekil 4.6-4.7).
- ☞ Bulonlama işleminin ardından kaya sınıfı 5'de yapılması öngörülen 2. kat çelik hasır montajı yapılmakta ve 2. kat püskürtme beton atılmaktadır.

**Tablo 4.6 Kaya Sınıfı 5 Üst Yarı Kazı Verileri**

<b>Kaya Sınıfı 5 (Üst Yarı)</b>			
<i>Standart İksa Sistemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Sınıf 5</i>	<i>Notlar</i>
Atış Uzunluğu	M	1.0-1.5	-
Püskürtme Beton Kalınlığı	Cm	25	-
Çelik İksa	Tip	W5*19	Uygulamada GI-140 tip
Çelik Hasır	Kat	2	2. kat çelik hasır üzeri 2. kat püskürtme betonu
Kaya Bulonu (SN/SW/PG/RG)	Tip, Sayı	SN 8/9 L=6 m, 4 L=9 m	1 rounda 6, diğerine 5 adet L=4 m ve her rounda L=6 m, toplam 9/10 adet/round SN tip kaya bulonu, Şeşibeş düzende
Ayna (Ön) Püskürtme Betonu	Cm	5	-
Süren	Sayı, Tip	28 Adet L=2.5 m 1 <sup>1/4"</sup> Enjeksiyonlu Boru	-



Tablo 4.7 Kaya Sınıfı 5 Alt Yarı Kazı Verileri

Kaya Sınıfı 5 (Alt Yarı)			
<i>Standart İksa Sistemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Sınıf 5</i>	<i>Notlar</i>
Atış Uzunluğu	M	2-3	-
Püskürtme Beton Kalınlığı	Cm	25	-
Çelik İksa	Tip	W5*19	Uygulamada GI-140 tip
Çelik Hasır	Kat	2	2. kat çelik hasır üzeri 2. kat püskürtme betonu
Kaya Bulonu (SN/SW/PG/RG)	Tip, Sayı	SN 3 adet L=6 m	Şeşibeş düzende
Ayna (Ön) Püskürtme Betonu	Cm	3-5	-
İnvert	-	Var	-

#### 4.2.3. Kaya Sınıfı 4

Genel olarak tünellerin büyük bir kısmına uygulanan bu kaya sınıfının toplam kazı miktarındaki oranı %63'tür. Tablo 4.10. de 4 sınıfında uygulanan tahkimat sistemi verilmiştir. Bu kaya sınıfında patlatma ile yapılan kazıyı takiben geçilen tahkimatlandırmada sırasıyla şu işlemler takip edilir.

- ☞ Bir seferlik ilerleme miktarı 1.50-2.50 m arasında olan kaya sınıfı 4'te ayna, ilgili delik düzenine göre patlatılmaktadır.
- ☞ Patlatmadan sonra aynanın önünde bir öbek olarak toplanan pasanın üzerinden Komatsu D 75-S veya Cat 963 kepeçler ile aynanın taraması yapılmakta, kavlaklar düşürülmektedir. Kaya yapısına ve patlatma sırasındaki olumsuzluklara bağlı olarak kesite giren kısımlar, büyüklük ve yapılarına göre patarlanarak (delici makina ile patlatmada kazılamamış kısmın tekrar delinip patlatılması) veya Cat 428 kırıcı-yükleyici, Cat M-315 lastikli kırıcı-yükleyici yada Komatsu PC220 paletli kırıcı-yükleyici ile kırılarak kazı kesiti olması gereken hale getirilmektedir.
- ☞ Patlatılarak ve taranarak açılan kazı kesitinden çıkarılan pasa, Cat 988 ve Komatsu HD 315 kaya kamyonları ile pasa sahasına nakledilmektedir.

- ☞ Bakir olan ayna yüzeyi 3-5 cm kalınlığa sahip püskürtme betonu ile kaplanmakta, aynanın hava ile olan teması kesilmekte ve nihai tahkimat işlerinde daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmaktadır.
- ☞ Bu işlemi müteakip, kazı kesitine giren ufak çaplı kırım işleri, martopikör veya Cat 428 kırıcı yükleyici ile yapılmakta ve kazı işlemi tamamlanmaktadır.
- ☞ Kırım işlerinden sonra, kemerlenmeyi ve tavan kayasının bir bütün halinde hareket etmesini sağlayacak olan püskürtme betonuna yüzey oluşturmak için çelik hasır montajı (Q180/80) yapılmaktadır.
- ☞ Çelik hasır montajından sonra, projede uygun görülen W 4\*13 28.24 kg/m tip 2 iksalar (veya GI-110 ve son zamanlarda eldeki stok sebebiyle GI-140) üç takım halinde, tünel eksenine dik olarak ve topograf kontrolünde monte edilmekte ve 9 adet ilerleme adımı boylu (bir periyotluk ilerleme) + 30 cm geçme paylı işbanlarla diğer iksa ilişkilendirilmektedir. T biçimli demir parçaları ile iksanın arkasında kalan çelik hasır -püskürtme betonu ile yüzey arasında mesafe kalmaması ve tahkimatlandırılmış tünel yüzeyinin, kazı yüzeyi ile birlikte hareket etmesi için yüzeye yapıştırılmaktadır.
- ☞ İksa montajı ve kaynaktan sonra püskürtme betonu makinası ile ilerleme adımına 15 cm, 20 N/mm<sup>2</sup> püskürtme beton atılmakta ve kemerlenme sağlanmaktadır.
- ☞ Püskürtme betonu işlemi bitince, Tamrock kaya delici makinalar ile bulon, süren ve son olarak ayna delgileri yapılmaktadır.
- ☞ Jumbo ile yapılan ayna, süren ve bulon işlemini müteakip, kaya bulonlarının montajına başlanmaktadır. Kaya bulonlarının yerleştirilmesinden önce, 45°lik bit ile açılan (4.5 cm çaplı) 4-6 m uzunluğundaki bulon delikleri, enjeksiyon borusu delik tabanına kadar sokularak ve enjeksiyon ile birlikte geriye çekilerek, çimento harcıyla doldurulur. Bulon deliğinin enjeksiyonu sırasında geriye çekilirken borunun ucu havanın sürüklenmesi için harç içerisinde gömülü tutulmaktadır. Bulon daha sonra deliğe itilir. Şerbet enjeksiyonlu bulonların somunları, ankraj plakasında yaklaşık 20 kN'luk bir kuvvet elde etmek için, kazı yüzeyi gerisinde 2 ilerleme adımından daha geç olmamak üzere veya kaya bulonunun yerleştirilmesinden itibaren 12 saat içerisinde sıkıştırılır. Bu kuvvet, kalibrasyonlu bir tork anahtarı ile uygulanır.





**Şekil 4.10 Jumbo Aynada Delgi Yaparken**



**Şekil 4.11 Jumbo Alt Yarıda Delgi Yaparken**

EN KESİT

1 : 100

RAJİD BOYU 1.5 - 2.5 m.

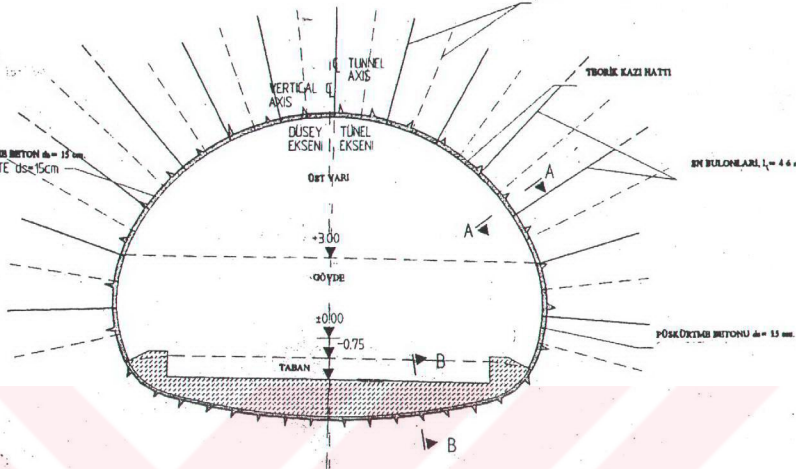
PÖSKÜRTMİ BETON  $\phi = 12$  mm  
SHOTCRETE  $\phi = 15$  cm

EN BULONLARI, L = 4 m.

VERTİKAL AKIS  
TUNNEL AKSİS  
DÜŞEY TUNEL EKSENİ  
ÖST YARI

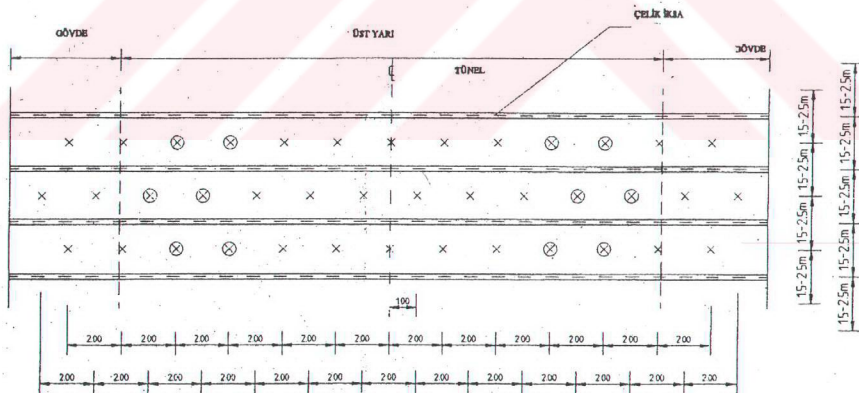
TBORİK KAZI HATTI

EN BULONLARI, L = 4 m.

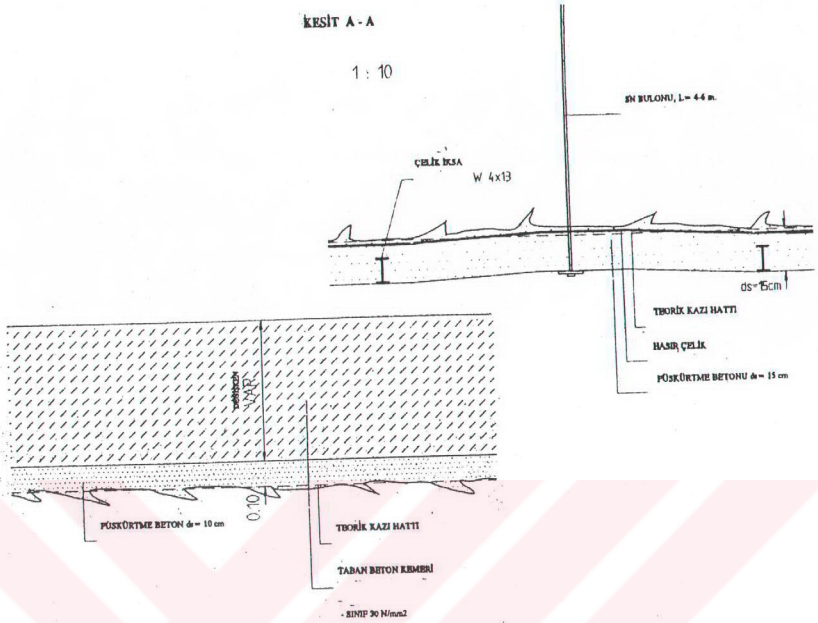


BULONLAMA PATERNİ

1 : 100



Şekil 4.12 Kaya Sınıfı 4 Tahkimat Sistemi



**Şekil 4.12 Kaya Sınıfı 4 Tahkimat Sistemi (Devamı)**

**Tablo 4.8 Kaya Sınıfı 4 Teorik Malzeme Miktarları**

Yeri	Tahkimat Elemanı	Teorik Miktar (m)
T,B	Teorik Kazı	124.59 m <sup>2</sup>
T,B,I	Teorik Kazı	149.29 m <sup>3</sup>
T,B	Püskürtme Beton (ds=15 cm, 20 N/mm <sup>2</sup> )	4.21 m <sup>3</sup>
I	Püskürtme Beton (ds=10 cm, 20 N/mm <sup>2</sup> )	1.62 m <sup>3</sup>
T,B	Çelik Hasır 6/6 150*150 m, 2.69 kg/m <sup>2</sup> , İki Tabaka	83.92 kg
T,B	Çelik İksalar (I Profil) W 4*13, GI-110, 19.45 kg/m	551.69 kg
T,B	Bulonlar L=4 m, P <sub>nihai</sub> =250 KN	5.75 No
T	Bulonlar L=6 m, P <sub>nihai</sub> =250 KN	2.00 No
	Yüzeyde Püskürtme Örtü ds=3-5 cm	1.00 m <sup>3</sup>
T	Süren Borusu (Şerbetli) 1 ¼ " L=3-4 m	20.00 m
I	Taban Beton Kemeri dc≥55 cm, 30 N/mm <sup>2</sup>	16.54 m <sup>3</sup>

T: Üst Yarı, B: Alt Yarı, I: İnvert

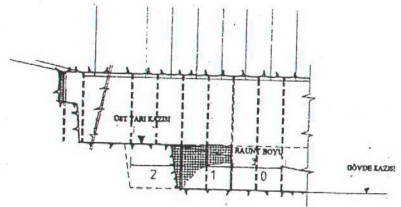
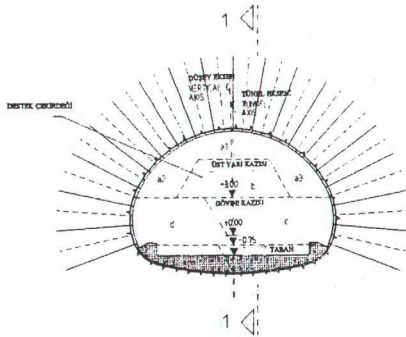
Tablo 4.9 Kaya Sınıfı 4 Üst Yarı Kazı Verileri

Kaya Sınıfı 4 (Üst Yarı)			
<i>Standart İksa Sistemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Sınıf 4</i>	<i>Notlar</i>
Atış Uzunluğu	M	1,5-2,5	-
Püskürtme Beton Kalınlığı	Cm	15	-
Çelik İksa	Tip	W5*13	Uygulamada GI-110 tip
Çelik Hasır	Kat	1	-
Kaya Bulonu (SN/SW/PG/RG)	Tip, Sayı	SN 5/6 L=4 m, 4 L=6 m	1 rounda 6, diğerine 5 adet L=4 m ve her rounda L=6 m, toplam 9/10 adet/round SN tip kaya bulonu, şeşbeş düzende
Ayna (Ön) Püskürtme Betonu	Cm	5	-
Süren	Sayı, Tip	10-13 Adet L=3-4 m 1 <sup>1/4</sup> " Enjeksiyonlu Boru	1.5 m lik ilerlemede 13*3 m, 2.0 m lik ilerlemede 10*4 m lik süren uygulanmaktadır.

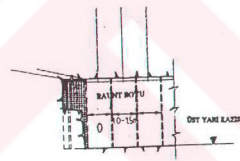
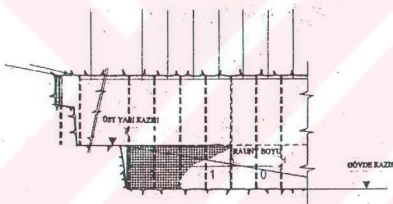
Tablo 4.10 Kaya Sınıfı 4 Alt Yarı Kazı Verileri

Kaya Sınıfı 4 (Alt Yarı)			
<i>Standart İksa Sistemi</i>	<i>Birim</i>	<i>Sınıf 4</i>	<i>Notlar</i>
Atış Uzunluğu	M	2-3	-
Püskürtme Beton Kalınlığı	Cm	25	-
Çelik İksa	Tip	W5*19	Uygulamada GI-140 tip
Çelik Hasır	Kat	2	2. kat çelik hasır üzeri 2. Kat püskürtme betonu
Kaya Bulonu (SN/SW/PG/RG)	Tip, Sayı	SN 3 adet L=6 m	Şeşbeş düzende
Ayna (Ön) Püskürtme Betonu	Cm	3-5	-
İnvert	-	Var	-

Yapılan kazı işleminin uygulama sırası Şekil 4.13. de verilmiştir.



1. KAZI 1, ALAN 60 YARI TARAF KAZI  
KAZI BOYU DİŞTİK KAZI BOYUNUN  
Bİ KATNA KADAR
2. ÇERÇİTİMDE, ATMA = BALINTI YÖKÜTME  
BETON ÖRTÜSÜ  $\phi = 3$  m
3. HAIR ÇELİK 1, TABAKALI =  
ÇELİK BİNA MONTAJI
4. KAZI 1' de 1, TABAKA  
YÖKÜTME BETONU  $\phi = 15$  m
5. KAZI 1, ALAN 60 YARI TARAF KAZI  
= ALAN 60' un İZLENİZİN AYRISI,  
ADIM 1-4.

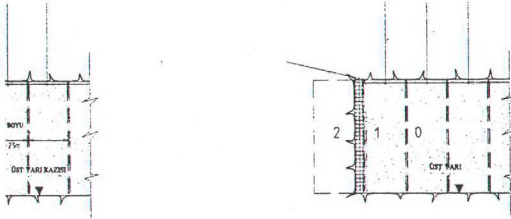


4. KAZI 2, ALAN 60 YARI TARAF  
KAZI KAZI 1' de 60 AYRISININ  
BOYU, DİŞTİK KAZI BOYUNUN Bİ  
KATNA KADAR
7. KAZI 1, HAIR ÇELİK 1, TABAKALI  
KAZI 1' de HAIR ÇELİK 1, TABAKALI  
BİLEKTE, B.E. KAZI BİNA MONTAJI
8. YÖKÜTME BETON 1, TABAKALI KAZI 1' de  
 $\phi = 30$  m, KAZI 1' de  $\phi = 15$  m, KAZI 1' de  
1. YÖKÜTME BETON 1.5 BİLEKTE KAZI 1' (B.E. KAZI TARAFI)
9. KAZI 1' de B.E. KAZI BİNA MONTAJI  
KAZI BİNA MONTAJI
10. ALAN 60 (İÇTİK KAZI TARAFI)  
B.E. KAZI 1' de ÇERÇİTİM YERİNE BİLEKTE.

1. ÇERÇİTİMDE, ATMA = BALINTI  
BETON ÖRTÜSÜ  $\phi = 3$  m
2. HAIR ÇELİK 1, TABAKALI =  
ÇELİK BİNA MONTAJI
3. HAIR ÇELİK 1, TABAKALI =  
ÇELİK BİNA MONTAJI
4. İÇTİK KAZI BOYUNUN AYRISI,  
BOYU 2.50 - 1.50 m.

Şekil 4.13 Kaya Sınıfları İçin Kazı Ve Tahkimat Sırası

KESİT 1-1 - ÖST YARI KAZISI



1. BAĞINTI KAZISI

BAĞINTI BOYU 1.5-2.5 m

2. AYNA → BAĞINTI PÜSKÜRTME BETON  
ÖRTÜSÜ, RADİUSU GEREKTİYİNDE,  $d=5$  m

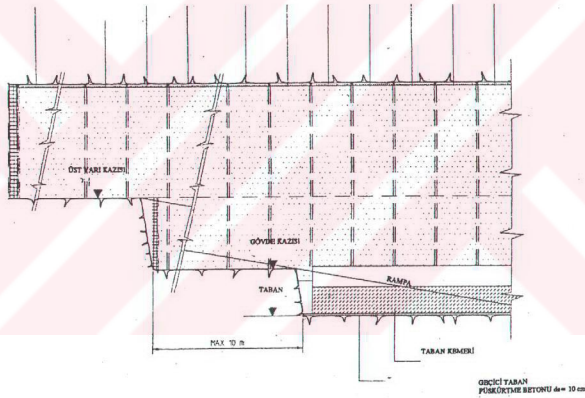
3. HASSİ ÇELİK → ÇELİK İSKELE MONTAJI

4. LOKAL ÜZÜM (GÖVRESİNDE)  
ÇELİK İSKELE MONTAJINDAN SONRA  
ARINCAK HASSİ ÇELİK MONTAJINDAN  
ÖNCE5. BAĞINTI PÜSKÜRTME BETONU,  $d=13$  cm

6. BAĞINTI KAYA BULONU MONTAJI

7. BAĞINTI 2' m BAĞINTI 1' 600 CM  
BAĞLANACAK (ARIZELER 1-4)

KESİT 3-3 - TABAN

8. BAĞINTI TABAN  
PÜSKÜRTME BETONU  $d=10$  cm

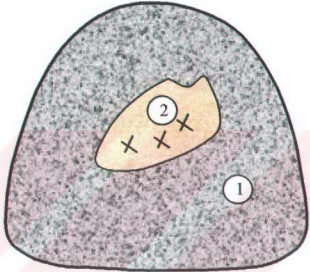
Şekil 4.13 Kaya Sınıfları İçin Kazı Ve Tahkimat Sırası (devamı)

#### 4.3. İşlem Zamanları

Tünellerin kazısı sırasında, o anki ayna durumuna bağlı olarak yapılan zaman ölçümleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.



Tablo 4.11 K2SB Tüneli 600+803.60, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1SB			
Km:600+803. <sup>60</sup>		Kaya Sınıfı:P	İlerleme Uzunluğu:1.20 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:28:12	%3	
2)Jumbo ile delgi	4:36:50	%31	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:17:00	%9	
4)Sıkılama ve atım	0:29:30	%3	
5)Havalandırma	0:07:00	%1	
6)Kazı ve tarama	1:13:12	%8	
7)Pasa nakli	1:02:15	%7	
8)Ön püskürtme betonu	0:25:15	%3	
9)Hasır montajı	0:47:30	%5	
10)Etüd ve iksa montajı	2:35:10	%17	
11)Püskürtme beton	1:57:50	%13	
Toplam	14:59:44	%100	

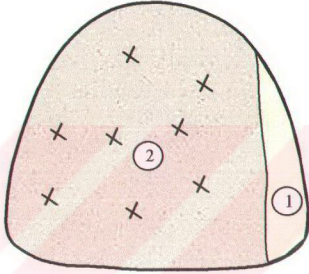
İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:28:12	3
2	4:36:50	31
3	1:17:00	9
4	0:29:30	3
5	0:07:00	1
6	1:13:12	8
7	1:02:15	7
8	0:25:15	3
9	0:47:30	5
10	2:35:10	17
11	1:57:50	13

Notlar: ① Çok altere andezit, ② Altere andezit, ③ Gri altere andezit



Tablo 4.12 K2SB Tüneli 601+048.20, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1SB			
Km:600+048. <sup>20</sup>		Kaya Sınıfı:4	İlerleme Uzunluğu:2.00 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:35:50	%4	
2)Jumbo ile delgi	3:00:50	%19	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:02:00	%7	
4)Sıkılama ve atım	1:47:30	%11	
5)Havalandırma	0:12:15	%1	
6)Kazı ve tarama	1:33:20	%10	
7)Pasa nakli	1:15:10	%8	
8)Ön püskürtme betonu	0:55:20	%6	
9)Hasır montajı	1:25:50	%9	
10)Etüd ve iksa montajı	2:32:00	%16	
11)Püskürtme beton	1:18:15	%8	
Toplam	15:38:20	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1)Jumbo için hazırlık	0:35:50	4
2)Jumbo ile delgi	3:00:50	19
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:02:00	7
4)Sıkılama ve atım	1:47:30	11
5)Havalandırma	0:12:15	1
6)Kazı ve tarama	1:33:20	10
7)Pasa nakli	1:15:10	8
8)Ön püskürtme betonu	0:55:20	6
9)Hasır montajı	1:25:50	9
10)Etüd ve iksa montajı	2:32:00	16
11)Püskürtme beton	1:18:15	8

Notlar: ① Altere andezit, ② Altere andezit (Kahverengi renkli bozuşma)

Tablo 4.13 K2SB Tüneli 601+298.45, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1SB			
Km:600+298. <sup>45</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.25 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:32:10	%3	
2)Jumbo ile delgi	3:46:10	%23	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:47:00	%11	
4)Sıkılama ve atım	1:03:50	%6	
5)Havalandırma	0:12:30	%1	
6)Kazı ve tarama	1:30:05	%9	
7)Pasa nakli	1:55:50	%12	
8)Ön püskürtme betonu	1:05:30	%7	
9)Hasır montajı	0:32:10	%3	
10)Etüd ve iksa montajı	1:30:00	%9	
11)Püskürtme beton	2:37:10	%16	
Toplam	16:32:25	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:32:10	3
2	3:46:10	23
3	1:47:00	11
4	1:03:50	6
5	0:12:30	1
6	1:30:05	9
7	1:55:50	12
8	1:05:30	7
9	0:32:10	3
10	1:30:00	9
11	2:37:10	16

Notlar: ① Çok altere andezit, ② Bloklü altere andezit

Tablo 4.14 K2SB Tüneli 601+475.45, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1SB			
Km:600+475. <sup>45</sup>		Kaya Sınıfı:4	İlerleme Uzunluğu:2.00 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:30:00	%3	
2)Jumbo ile delgi	3:05:30	%19	
3)Enjeksiyon, bulonlama	0:47:10	%5	
4)Sıkılama ve atım	1:13:20	%8	
5)Havalandırma	0:15:30	%2	
6)Kazı ve tarama	1:15:10	%8	
7)Pasa nakli	2:05:30	%13	
8)Ön püskürtme betonu	0:32:00	%3	
9)Hasır montajı	0:35:10	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	2:32:00	%16	
11)Püskürtme beton	3:00:50	%19	
Toplam	15:52:10	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:30:00	3
2	3:05:30	19
3	0:47:10	5
4	1:13:20	8
5	0:15:30	2
6	1:15:10	8
7	2:05:30	13
8	0:32:00	3
9	0:35:10	4
10	2:32:00	16
11	3:00:50	19

Notlar: ① Çok altere andezit (andezit çekirdekli), ② Belirgin bloku altere andezit

Tablo 4.15 K2SB Tüneli 601+694.95, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1SB			
Km:600+694. <sup>95</sup>		Kaya Sınıfı:4	İlerleme Uzunluğu:2.00 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:45:00	%6	
2)Jumbo ile delgi	2:15:10	%17	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:05:30	%8	
4)Sıkılama ve atım	1:40:00	%12	
5)Havalandırma	0:15:00	%2	
6)Kazı ve tarama	0:45:30	%6	
7)Pasa nakli	1:32:50	%11	
8)Ön püskürtme betonu	0:45:10	%6	
9)Hasır montajı	0:32:00	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	2:06:00	%16	
11)Püskürtme beton	1:50:30	%14	
Toplam	13:32:40	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:45:00	6
2	2:15:10	17
3	1:05:30	8
4	1:40:00	12
5	0:15:00	2
6	0:45:30	6
7	1:32:50	11
8	0:45:10	6
9	0:32:00	4
10	2:06:00	16
11	1:50:30	14

Notlar: ① Altere andezit-Bloklu altere andezit, ② Altere/Çok altere andezit

Tablo 4.16 K2SB Tüneli 601+900.00, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1SB			
Km:600+900. <sup>00</sup>		Kaya Sınıfı:4	İlerleme Uzunluğu:1.50 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:34:30	%4	
2)Jumbo ile delgi	3:35:10	%27	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:03:30	%8	
4)Sıkılama ve atım	1:27:30	%11	
5)Havalandırma	0:10:30	%1	
6)Kazı ve tarama	1:02:10	%8	
7)Pasa nakli	1:10:30	%9	
8)Ön püskürtme betonu	0:30:00	%4	
9)Hasır montajı	0:32:10	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	1:37:30	%12	
11)Püskürtme beton	1:45:20	%13	
Toplam	13:28:50	%100	

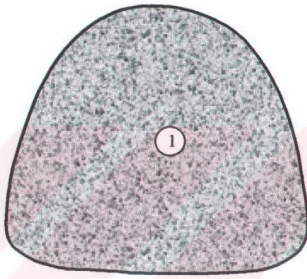
İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	03430	4
2	33510	27
3	10330	8
4	12730	11
5	01030	1
6	10210	8
7	11030	9
8	03000	4
9	03210	4
10	13730	12
11	14520	13

Notlar: ① Altere andezit, ② Bloklü altere andezit, ③ Fay zonu, ④ Altere bloklü andezit



Tablo 4.17 K2SB Tüneli 602+260.54, Zaman Etüdü

Tünel: K2P2SB			
Km:602+260. <sup>54</sup>		Kaya Sınıfı:4	İlerleme Uzunluğu:2.00 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:25:30	%2	
2)Jumbo ile delgi	5:52:10	%33	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:00:40	%6	
4)Sıkılama ve atım	1:33:10	%9	
5)Havalandırma	0:10:00	%1	
6)Kazı ve tarama	0:29:30	%3	
7)Pasa nakli	1:25:10	%8	
8)Ön püskürtme betonu	0:28:20	%3	
9)Hasır montajı	0:40:00	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	2:45:20	%16	
11)Püskürtme beton	2:55:30	%16	
Toplam	17:45:20	%100	

İş Kalemi	Harcanan Zaman (dk)	Harcanan Zaman (%)
1	0:25:30	2
2	5:52:10	33
3	1:00:40	6
4	1:33:10	9
5	0:10:00	1
6	0:29:30	3
7	1:25:10	8
8	0:28:20	3
9	0:40:00	4
10	2:45:20	16
11	2:55:30	16

Notlar: ① Bloklı-tabakalı altıre andezit

Tablo 4.18 K2SB Tüneli 602+567.29, Zaman Etüdü

Tünel: K2P2SB			
Km:602+567. <sup>29</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.25 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:31:30	%3	
2)Jumbo ile delgi	4:29:40	%29	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:53:30	%12	
4)Sıkılama ve atım	1:20:00	%9	
5)Havalandırma	0:10:00	%1	
6)Kazı ve tarama	0:50:30	%5	
7)Pasa nakli	1:04:20	%7	
8)Ön püskürtme betonu	0:35:30	%4	
9)Hasır montajı	0:37:40	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	1:56:50	%13	
11)Püskürtme beton	1:50:30	%12	
Toplam	15:20:00	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:31:30	3
2	4:29:40	29
3	1:53:30	12
4	1:20:00	9
5	0:10:00	1
6	0:50:30	5
7	1:04:20	7
8	0:35:30	4
9	0:37:40	4
10	1:56:50	13
11	1:50:30	12

Notlar: ① Çok altere andezit, ② Altere andezit, ③ Gri altere andezit



Tablo 4.19 K2NB Tüneli 500+851.70, Zaman Etüdü

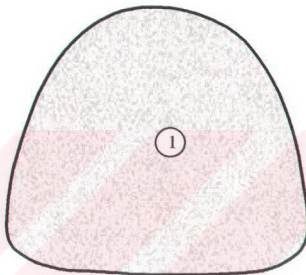
Tünel: K2P1NB			
Km:500+851. <sup>70</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.50 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:40:30	%4	
2)Jumbo ile delgi	2:45:30	%18	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:15:00	%8	
4)Sıkılama ve atım	0:50:10	%6	
5)Havalandırma	0:15:00	%2	
6)Kazı ve tarama	0:47:10	%5	
7)Pasa nakli	2:18:40	%15	
8)Ön püskürtme betonu	0:43:10	%5	
9)Hasır montajı	0:25:30	%3	
10)Etüd ve iksa montajı	2:55:50	%19	
11)Püskürtme beton	2:09:10	%14	
Toplam	15:05:40	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Yükseklik (cm)
1	04030	~45
2	24530	~185
3	11500	~85
4	05010	~55
5	01500	~20
6	04710	~50
7	21840	~155
8	04310	~50
9	02530	~30
10	25550	~195
11	20910	~145

Notlar: ① Altere andezit, ② Çok altere andezit (beyaz killerle dolgulı), ③ Andezit/Altere andezit, ⊗ Az bozuşmuş andezitler

Tablo 4.20 K2NB Tüneli 501+273.25, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1NB			
Km:501+273. <sup>25</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.35 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:30:00	%4	
2)Jumbo ile delgi	2:05:10	%15	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:15:30	%9	
4)Sıkılama ve atım	1:15:30	%9	
5)Havalandırma	0:12:15	%1	
6)Kazı ve tarama	0:32:10	%4	
7)Pasa nakli	2:15:50	%16	
8)Ön püskürtme betonu	0:29:40	%4	
9)Hasır montajı	0:32:20	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	1:45:05	%13	
11)Püskürtme beton	2:53:10	%21	
Toplam	13:46:40	%100	

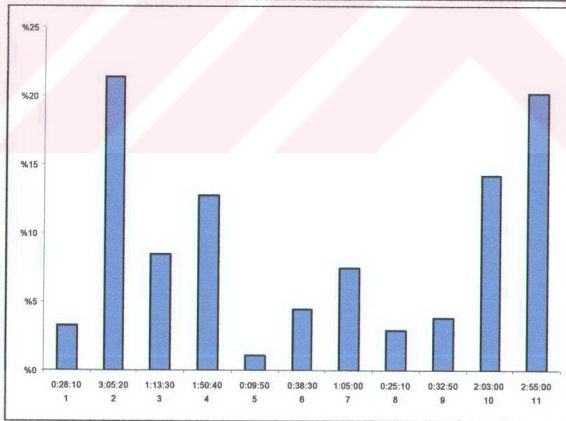
İş Kalemi	Harcanan Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:30:00	4
2	2:05:10	15
3	1:15:30	9
4	1:15:30	9
5	0:12:15	1
6	0:32:10	4
7	2:15:50	16
8	0:29:40	4
9	0:32:20	4
10	1:45:05	13
11	2:53:10	21

Notlar: ① Andezit çekirdekli altere andezit

Tablo 4.21 K2NB Tüneli 501+556.75, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1NB			
Km:501+556. <sup>75</sup>	Kaya Sınıfı:4	İlerleme Uzunluğu:2.00 m	
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:28:10	%3	
2)Jumbo ile delgi	3:05:20	%21	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:13:30	%8	
4)Sıkılama ve atım	1:50:40	%13	
5)Havalandırma	0:09:50	%1	
6)Kazı ve tarama	0:38:30	%4	
7)Pasa nakli	1:05:00	%7	
8)Ön püskürtme betonu	0:25:10	%3	
9)Hasır montajı	0:32:50	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	2:03:00	%14	
11)Püskürtme beton	2:55:00	%20	
Toplam	14:27:00	%100	



Notlar: ① Altere andezit, ② Bloklü altere andezit, ③ Altere andezit, ⊗ Altere andezit blokları

Tablo 4.22 K2NB Tüneli 501+801.85, Zaman Etüdü

Tünel: K2P1NB			
Km:501+298. <sup>45</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.25 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:28:10	%3	
2)Jumbo ile delgi	3:40:30	%25	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:33:00	%11	
4)Sıkılama ve atım	1:02:30	%7	
5)Havalandırma	0:10:50	%1	
6)Kazı ve tarama	1:15:30	%9	
7)Pasa nakli	1:16:10	%9	
8)Ön püskürtme betonu	0:47:10	%5	
9)Hasır montajı	0:40:30	%5	
10)Etüd ve iksa montajı	2:00:00	%14	
11)Püskürtme beton	1:45:30	%12	
Toplam	14:39:50	%100	

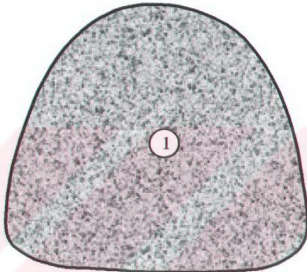
  

İş Kalemi	Zaman (dk)
1	02810
2	34030
3	13300
4	10230
5	01050
6	11530
7	11610
8	04710
9	04030
10	20000
11	14530

Notlar: ① Altere bloklı andezit, ② Altere aglomera, ③ Andezitik aglomera

Tablo 4.23 K2NB Tüneli 502+336.50, Zaman Etüdü

Tünel: K2P2NB			
Km:502+336. <sup>50</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.50 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:45:00	%5	
2)Jumbo ile delgi	3:55:10	%24	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:43:30	%11	
4)Sıkılama ve atım	0:53:20	%6	
5)Havalandırma	0:10:10	%1	
6)Kazı ve tarama	0:45:50	%5	
7)Pasa nakli	1:50:10	%11	
8)Ön püskürtme betonu	0:20:30	%2	
9)Hasır montajı	0:19:30	%2	
10)Etüd ve iksa montajı	2:32:00	%16	
11)Püskürtme beton	2:45:30	%17	
Toplam	16:00:40	%100	

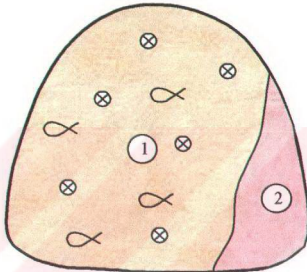
  

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:45:00	5
2	3:55:10	24
3	1:43:30	11
4	0:53:20	6
5	0:10:10	1
6	0:45:50	5
7	1:50:10	11
8	0:20:30	2
9	0:19:30	2
10	2:32:00	16
11	2:45:30	17

Notlar: ① Bloklü altere andezit



Tablo 4.24 K2NB Tüneli 502+524.00, Zaman Etüdü

Tünel: K2P2NB			
Km:502+524. <sup>00</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.25 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:27:00	%3	
2)Jumbo ile delgi	2:42:10	%18	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:03:00	%7	
4)Sıkılama ve atım	1:30:00	%10	
5)Havalandırma	0:05:00	%1	
6)Kazı ve tarama	1:03:10	%7	
7)Pasa nakli	3:03:20	%20	
8)Ön püskürtme betonu	0:53:10	%6	
9)Hasır montajı	0:25:00	%3	
10)Etüd ve iksa montajı	1:50:10	%12	
11)Püskürtme beton	1:55:30	%13	
Toplam	14:57:30	%100	

İş Kalemi	Harcanan Zaman (dk)	Oran (%)
1	0:27:00	3
2	2:42:10	18
3	1:03:00	7
4	1:30:00	10
5	0:05:00	1
6	1:03:10	7
7	3:03:20	20
8	0:53:10	6
9	0:25:00	3
10	1:50:10	12
11	1:55:30	13

Notlar: ① Altere andezitik aglomera, ② Çok altere aglomera

Tablo 4.25 K1SB Tüneli 600+239.45, Zaman Etüdü

Tünel: K1P2SB			
Km:600+239. <sup>45</sup>		Kaya Sınıfı:5	İlerleme Uzunluğu:1.50 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:30:00	%3	
2)Jumbo ile delgi	5:10:30	%30	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:35:20	%9	
4)Sıkılama ve atım	1:10:50	%7	
5)Havalandırma	0:07:30	%1	
6)Kazı ve tarama	0:20:50	%2	
7)Pasa nakli	2:04:20	%12	
8)Ön püskürtme betonu	0:31:40	%3	
9)Hasır montajı	0:30:00	%3	
10)Etüd ve iksa montajı	2:33:20	%15	
11)Püskürtme beton	2:48:30	%16	
Toplam	17:22:50	%100	

İş Kalemi	Zaman (dk)	Oran (%)
1	30	3
2	310	30
3	135	9
4	110	7
5	7	1
6	20	2
7	124	12
8	31	3
9	30	3
10	153	15
11	168	16

Notlar: ① Dasytik tuf, ② Altere dasytik tuf, ③ Altere dasit



Tablo 4.26 K1NB Tüneli 500+064.40, Zaman Etüdü

Tünel: K1P1NB			
Km:500+064. <sup>40</sup>		Kaya Sınıfı:P	İlerleme Uzunluğu:1.20 m
İş Kalemi	Harcanan Zaman		Formasyonun Özellikleri
	dk	%	
1)Jumbo için hazırlık	0:32:00	%4	
2)Jumbo ile delgi	2:35:30	%19	
3)Enjeksiyon, bulonlama	1:30:00	%11	
4)Sıkılama ve atım	0:35:20	%4	
5)Havalandırma	0:05:00	%1	
6)Kazı ve tarama	1:03:20	%8	
7)Pasa nakli	3:02:00	%22	
8)Ön püskürtme betonu	0:27:30	%3	
9)Hasır montajı	0:32:10	%4	
10)Etüd ve iksa montajı	2:03:20	%15	
11)Püskürtme beton	1:32:00	%11	
Toplam	13:58:10	%100	

İş Kalemi	Harcanan Zaman (dk)	%
1	0:32:00	4
2	2:35:30	19
3	1:30:00	11
4	0:35:20	4
5	0:05:00	1
6	1:03:20	8
7	3:02:00	22
8	0:27:30	3
9	0:32:10	4
10	2:03:20	15
11	1:32:00	11

Notlar: ① Dasitik tüf, ② Dasitik tüf, ③ Altere dasit

Karşıyaka Tünelleri'nde uygulanan her iş kalemi için yapılan bir aylık ölçümler sonucu Tablo 4.27 de verilen ortalama değerler elde edilmiştir. Genel olarak zaman kayıpları da tespit edilmiş ve ayrı bir tabloda gösterilmiştir. Yapılan ölçümler kaya sınıfı 4'te 1.5 ve 2 m'lik ilerlemeler içindir.

**Tablo 4.27 İş Zamanları Ortalaması**

<i>İş Kalemi</i>	<i>Süre</i>	<i>Notlar</i>
<i>Jumbo için hazırlık</i>	30-45 dk	Püskürtme beton makinasının aynadan inip, jumbonun delgiye başladığı tüm zamanı kapsar.(Bu süre içinde, delgilerin ışınal ve doğru yapılması için zeminin aletli kepçeler veya Cat 966 Lastikli yükleyici ile sıyrılması süresi de dahildir.
<i>Jumbo ile Delgi</i>		
-4 m lik bulon delgisi	2.25 dk	
-Rot alma süresi	14 sn	
-Lokasyon değiştirme	16 sn	
-6 m lik bulon delgisi	3.35 dk	
-Rot alma süresi	40 sn	
-Lokasyon değiştirme	16 sn	Bulon delgisi için
-1.6 m ayna delgisi	21 sn	
-2.2 m ayna delgisi	27 sn	
-Lokasyon değiştirme	8 sn	Ayna delgisi için
-3 m lik süren delgisi	2 dk 5 sn	
-4 m lik süren delgisi	2 dk 25 sn	
-Toplam 4 m lik bulon delgisi	17 dk 50 sn	
-Toplam 6 m lik bulon delgisi	7 dk 52 sn	
-Toplam süren delgisi (3 m lik)	16 dk 45 sn	
-Toplam süren delgisi (4 m lik)	26 dk 50 sn	
-Toplam ayna delgisi (1.6 m)	66 dk 36 sn	
-Toplam ayna delgisi (2.2 m)	75 dk 48 sn	
-Toplam delgi süresi	1 s 41 dk 11 sn	1.5 m ilerleme için
-Toplam delgi süresi	2 s 18 sn	2.0 m ilerleme için

Tablo 4.27 İş Zamanları Ortalaması (devam)

<i>Enjeksiyon ve bulonlama</i>	52 dk	
-6 m bulon enjeksiyonu	2 dk 32 sn	Deliğine hortum sokulup enj. basma
-6 m bulon montajı	3 dk 03 sn	Bulon demirinin yerleştirilmesi
-4 m bulon enjeksiyonu	2 dk 21 sn	Deliğine hortum sokulup enj. basma
-4 m bulon montajı	1 dk 27 sn	Bulon demirinin yerleştirilmesi
<i>Sıkılama ve Atım</i>	1 s 25 dk	1.5 m ilerleme için
	1 s 45 dk	2.0 m ilerleme için
<i>Havalandırma</i>	10 dk	
<i>Kazı ve Tarama</i>	35 dk	1.5 m ilerleme için
	40 dk	2.0 m ilerleme için
<i>Pasa Nakli (1)</i>	59 dk 15 sn	Kesit 65 m <sup>2</sup> , İlerleme 2.2 m, Kazı 143 m <sup>3</sup>
-Kamyon çevirim periyodu	7 dk 25 sn	Kepçe hacmi: 5.4 m <sup>3</sup> , Yükleme: 4*5.4=
-Kamyon dolum süresi	6 dk 45 sn	21.6 m <sup>3</sup> , Pasa 143/21.6=6.6 (%20 em)=8
-Topukların top. için bekleme	17 dk	kamyon, Kamyon sayısı:2
<i>Pasa Nakli (2)</i>	1 s 21 dk 20 sn	Kesit 65 m <sup>2</sup> , İlerleme 1.6 m, Kazı 104 m <sup>3</sup>
-Kamyon çevirim periyodu	7 dk 25 sn	Kepçe hacmi: 5.4 m <sup>3</sup> , Yükleme: 4*5.4=
-Kamyon dolum süresi	6 dk 45 sn	21.6 m <sup>3</sup> , Pasa 104/21.6=4.8 (%20 em)=6
-Topukların top. için bekleme	25 dk	kamyon, Kamyon sayısı:2
<i>Ön Püskürtme Betonu</i>	30 dk	2 m <sup>3</sup> Aliva ile kuru püskürtme betonu
<i>Hasır Montajı</i>	25 dk	
<i>Etüd ve İksa Montajı</i>		
-Etüd ve segment kaynağı	45 dk	
-İksa montajı	25 dk	
-Kaynak (1)	60 dk	1.5 m ilerleme için
-Kaynak (2)	1 s 20 dk	2 m ilerleme için
<i>İksa Püskürtme Betonu</i>	1 h 22 dk	7 m <sup>3</sup> *2*42 dk, 15 dk makina montaj, 1.5
	1 h 52 dk	m ilerleme için
		7 m <sup>3</sup> *2+5 m <sup>3</sup> , 42*2+30, 15 dk makina
		montaj, 2.0 m ilerleme için
<i>Toplam Zaman</i>	~11 s 40 dk	1.5 m ilerleme için
	~15 s 29 dk	2.0 m ilerleme için

#### 4.4. Zaman Kayıpları

Karşıyaka Tünelleri kazısında, arızalar ve insan kaynaklı beklemeler sebebiyle kazı süresinde ve ilerleme periyodunda aksamalar olmuştur. Vardiya değişimlerinin çalışma alanında yapılması, tünel inşaatının daha çok makinalar ile gerçekleştirilmesi, gecikmelerdeki insan faktörünü azaltmış bunun yerine makina arızaları zaman kayıplarında büyük rol oynamıştır. 01.04.1998-01.05.1998 tarihleri arasında her iki tüpte de meydana gelen zaman kayıpları ölçülerek aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 4.28 01.04.1998-01.05.1998 Tarihleri Arası Zaman Kayıpları (SB)**

Tarih	Zaman Kaybı Nedeni (K2P1SB Tüneli)
01.04.1998	1 saat Enjeksiyon set arızası, 30 dk Bulon testi nedeniyle bekleme
02.04.1998	5 saat Aşırı açılma nedeniyle kalıp hazırlama * , 1 saat Beton basma * , 30 dk Tek ateşçi nedeniyle dolgu süresinin uzaması
03.04.1998	45 dk Aşırı açılma için beton basılması *
04.04.1998	216 saat Bayram tatili nedeniyle çalışma yapılmadı ** , 16 saat 30 dk Ekiplerin geç gelmesi nedeniyle çalışma yapılmadı **
13.04.1998	1 saat 25 dk Püskürtme beton makinası arızası
15.04.1998	2 saat Topoğraf bekleme (Tek ekip çalışması)
17.04.1998	30 dk Püskürtme beton bekleme, NaCe arızası 25 dk Topoğraf bekleme
21.04.1998	1 saat Topoğraf hatası nedeniyle gecikme (Yalınış kot verme)
22.04.1998	1 saat Jumbo harareti sebebiyle gecikme
23.04.1998	35 dk Topoğraf bekleme 20 dk Mikser bekleme (Tek mikser sebebiyle)
24.04.1998	30 dk Püskürtme beton makinasının arızası 35 dk Topoğraf bekleme 25 dk Ateşleme hattı arızası

**Tablo 4.28 01.04.1998-01.05.1998 Tarihleri Arası Zaman Kayıpları (SB) (devamı)**

25.04.1998	30 dk CAT 966E Yükleyci ile pasa nakli işleminin uzaması 20 dk Ateşleme hattında arıza
26.04.1998	15 dk Püskürtme Beton makinası bekleme (Tek Makina)
27.04.1998	45 dk Topoğrafların alet kurmasını bekleme
28.04.1998	3 saat 30 dk Seri kapsül bulunamaması sebebiyle ateşleme için bekleme
30.04.1998	25 dk Topoğraf bekleme 30 dk Topoğrafik hata nedeniyle bekleme (Yalnız ölçüm)
Toplam	435 dk İnsan Kaynaklı bekleme 605 dk Makina Kaynaklı bekleme

\* İnşaa sırasında meydana gelen göçme sebebiyle, periyot dışı zorunlu inşaa işlemi için harcanan zaman

\*\* Bu ay içerisinde bayram olması sebebiyle meydana gelen ek kayıplar

**Tablo 4.29 01.04.1998-01.05.1998 Tarihleri Arası Zaman Kayıpları (NB)**

Tarih	Zaman Kaybı Nedeni (K2P1NB Tüneli)
01.04.1998	1 saat 30 dk Jumbo arızası 30 dk Diğer tüneldeki göçük nedeniyle makina değişimi*
13.04.1998	216 saat Bayram tatili sebebiyle çalışma yapılmadı** 7 saat Ekiplerin geç gelmesi sebebiyle çalışmanın gecikmesi** Kuru Püskürtme Beton Makinası hortum arızası
14.04.1998	1 saat Tek kamyon sebebiyle pasa süresinin uzaması
15.04.1998	30 dk Enjeksiyon seti arızası 40 dk Mikser bekleme (Çimento silosu tıkalı)
20.04.1998	30 dk Enjeksiyon seti arızası
22.04.1998	45 dk Jumbo arızası
23.04.1998	20 dk Mikser bekleme (Tek Mikser)
24.04.1998	40 dk Püskürtme Beton Makinası arızası 45 dk Topoğraf bekleme 45 dk Enjeksiyon seti arızası
26.04.1998	1 saat Püskürtme Beton Makinası arızası
27.04.1998	1 saat Jumbo arızası 30 dk CAT 966E ile pasa nakli sebebiyle gecikme

**Tablo 4.29 01.04.1998-01.05.1998 Tarihleri Arası Zaman Kayıpları (NB) (devamı)**

28.04.1998	30 dk Enjeksiyon seti arızası
29.04.1998	2 saat 30 dk Jumbo arızası
<b>Toplam</b>	45 dk İnsan Kaynaklı bekleme 625 dk Makina Kaynaklı bekleme

\* İnşaa sırasında meydana gelen göçme sebebiyle, periyot dışı zorunlu inşaa işlemi için harcanan zaman

\*\* Bu ay içerisinde bayram olması sebebiyle meydana gelen ek kayıplar

#### 4.5. Aylara Göre İlerleme Miktarları

Karşıyaka Tünelleri'nde, K1 tünelleri çalışmalarına ekim 1997 de başlanıp mart 1998 de ara verilmiştir. Mayıs 1999 da tekrar bu tünellerin kazı işlemine başlanmış ve kazı işlemi ağustos 1999 da tamamlanmıştır. K2 tünellerinin inşasına ise ekim 1997 de başlanıp tüneller haziran 1999 tamamlanmıştır. Tünellerin aylık ilerleme grafikleri her ayna için ayrı ayrı olmak üzere tabloda 4.30 da verilmiştir.



Tablo 4.30 Karşıyaka Tünelleri Aylık Kazı İlerlemesi

Aylar	K1 Tünelleri			K2 Tünelleri			Toplam (m)		
	P1NB	P1SB	P2NB	P2SB	P1NB	P1SB		P2NB	P2SB
Ekim 1997				28.14		43.28			71.42
Kasım 1997				56.60		57.00			126.15
Aralık 1997				58.50		58.00			170.20
Ocak 1998			30.85	21.90		63.50			174.75
Şubat 1998			47.25		62.00	64.00			173.25
Mart 1998			36.25		88.00	84.50			208.75
Nisan 1998					59.00	56.25			115.25
Mayıs 1998					78.00	72.50			150.50
Haziran 1998					59.70	72.50			132.20
Temmuz 1998					76.35	87.50		17.25	181.10
Ağustos 1998					71.50	86.00		50.00	207.50
Eylül 1998					76.25	79.00	48.50		261.75
Ekim 1998					72.25	62.50	46.25		235.00
Kasım 1998					73.50	94.00	53.25		276.25
Aralık 1998					69.50	88.55	57.00		275.05
Ocak 1999					50.35	46.50	36.00	41.50	174.35



Tablo 4.30 Karsyaka Tünelleri Aylık Kazı İlerlemesi (devamı)

Aylar	K1 Tünelleri				K2 Tünelleri				Toplam (m)
	P1NB	P1SB	P2NB	P2SB	P1NB	P1SB	P2NB	P2SB	
Şubat 1999					47.50	85.00	54.00	66.00	252.50
Mart 1999					52.25	73.50	55.00	74.00	254.75
Nisan 1999					58.50	48.50	65.00	48.50	220.50
Mayıs 1999		25.60		52.50	92.00		96.00		266.10
Haziran 1999	29.10	5.00	35.00	18.97	56.35		36.25		180.67
Temmuz 1999	38.25		50.75						89.00
Ağustos 1999			2.55						2.55
<b>Toplam</b>	67.35	30.06	202.65	236.61	1267.75	1322.58	547.25	524.75	4196.54
<b>Bitiş Tarihi</b>	11.06.99	08.06.99	24.07.99	02.08.99	24.04.99	15.04.99	21.06.99	13.06.99	



Tablo 4.31 Kaya Sınıfı 4'te Kullanılan Patlayıcı Madde ve Kapsül Miktarları

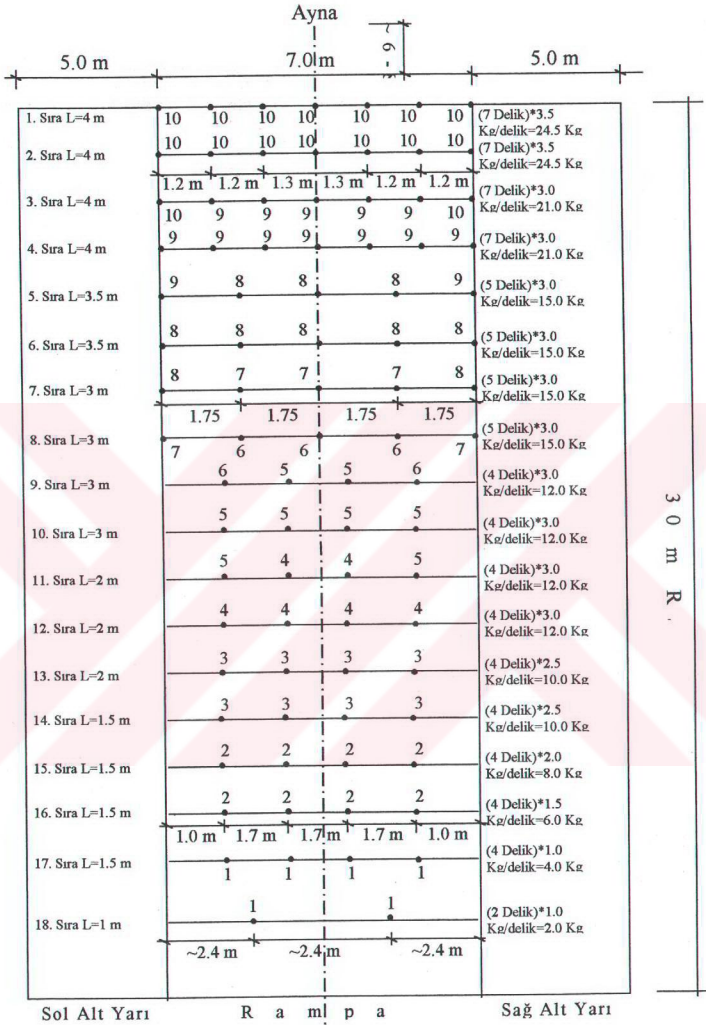
İşlem	Delik Adedi	Kapsül		Patlayıcı	Kg
		No	Tip		
Kesme Delikleri	18	1, 2, 3	MKE-HS	Powergel-1.8 Kg/Delik	32.4
Kesme Tarama Delikleri	12	4, 5, 6	MKE-HS	Powergel-1.5 Kg/Delik	18.0
İç Tarama (I)	12	4, 5, 6, 8	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	10.8
İç Tarama (II)	16	5, 6, 7, 8	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	14.4
Dış Tarama	24	6, 7, 8, 9	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	21.6
Çevre Delikleri (I)	25	7, 8	MKE-HS	Powergel-0.3 Kg/Delik Kleenkut-0.46 Kg/Delik	19.0
Çevre Delikleri (II)	20	8, 9, 10	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	18.0
Taban Delikleri	25	9, 10	MKE-HS	Powergel-1.5 Kg/Delik	37.5
<b>Toplam</b>	<b>152</b>				<b>171.7</b>

Tablo 4.32 Kaya Sınıfı 4 Patlatma Düzeni Bilgileri

Kaya Sınıfı 4 Patlatma Düzeni	
<p><i>Kaya Sınıfı 4 Üst Yarı</i></p> <p>64.307 m<sup>2</sup>*2 m = 128.614 m<sup>3</sup> Hafriyat</p> <p>171.7/128.614 = 1.34 kg/m<sup>3</sup> Patlayıcı</p>	<p><i>Kaya Sınıfı 4 Patlayıcı Miktarı</i></p> <p>Üst Yarı 171.7 Kg</p> <p>Alt Yarı 40.18 Kg</p> <p><u>Rampa 15.92 Kg</u></p> <p><math>\Sigma</math> 227.8 Kg</p>
<p><i>Kaya Sınıfı 4 Tam Kesit</i></p> <p>127.406 m<sup>2</sup>*2 m = 254.812 m<sup>3</sup> Harfiyat</p> <p>227.8/254.812 = 0.89 Kg/m<sup>3</sup> Patlayıcı</p>	<p><i>Kaya Sınıfı 4</i></p> <p>Round (ilerleme) Boyu: 1.50-2.00 m</p> <p>Delgi Boyu: 1.70-2.20 m</p> <p>Zemin: Andezit, Altere Andezit</p> <p>Patlayıcı: Orica-Nitro</p>
<p>Üst yarı taban delikleri <math>\phi</math>64 yıldız bitle delinmekte ve <math>\phi</math>50 Magnum patlayıcı şarj edilmekte, diğer delikler <math>\phi</math>45 yıldız bitle delinip, <math>\phi</math>38 Magnum patlayıcı şarj edilmektedir.</p>	

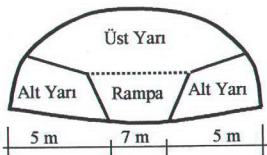
#### 4.6.2. Kaya Sınıfı 4-5 ve Portal için Rampa Patlatma Düzeni

Kaya sınıfı 4, 5 ve portalde rampa patlatmaları için kullanılan rampa patlatma düzeni aynıdır.



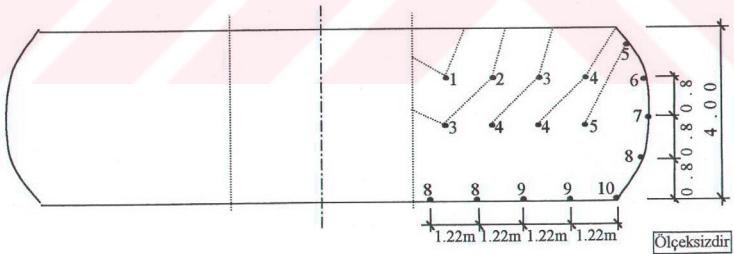
Şekil 4.15 Kaya Sınıfı 4-5-Portal Rampa Patlatma Düzeni

Tablo 4.33 Kaya Sınıfı 4-5-Portal Rampa Patlatma Düzeni

Kaya Sınıfı 4-5-Portal Patlatma Düzeni (Rampa)	
1. sıra ile 15. sıra arasında, sıralar arası 1.5 m, 15. sıra ile 18. sıra arası, iki sıra arası mesafe 1.8 m dir.	Toplam 86 delik, 239 Kg Powergel, 7.96 kg/m patlayıcı madde
	<p>Rampa Boyu: 30 m</p> <p>Delgi Boyu: 4.0-1.0 m arasında</p> <p>Zemin: Andezit, Altere Andezit</p> <p>Patlayıcı: Orica-Nitro</p>
Delgiler 30° tünel aksına ve geriye açılı olarak $\phi 64$ lük yıldız bitle delinmekte ve deliklerin tıkanma ihtimaline karşın, delik delme kuru olarak yapılmaktadır.	

#### 4.6.3. Kaya Sınıfı 4 Alt Yarı Patlatma Düzeni

Kaya Sınıfı 4'te alt yarı patlatmaları bir seferde en fazla 2 roundluk ilerleme yapılmak üzere planlanmıştır. Kullanılan patlayıcı miktarı tek bir alt yarı için, ortalama 40.18 kg dir. Alt yarı patlatma düzeni Şekil 4.16 da verilmiştir



Şekil 4.16 Kaya Sınıfı 4 Alt Yarı Patlatma Düzeni

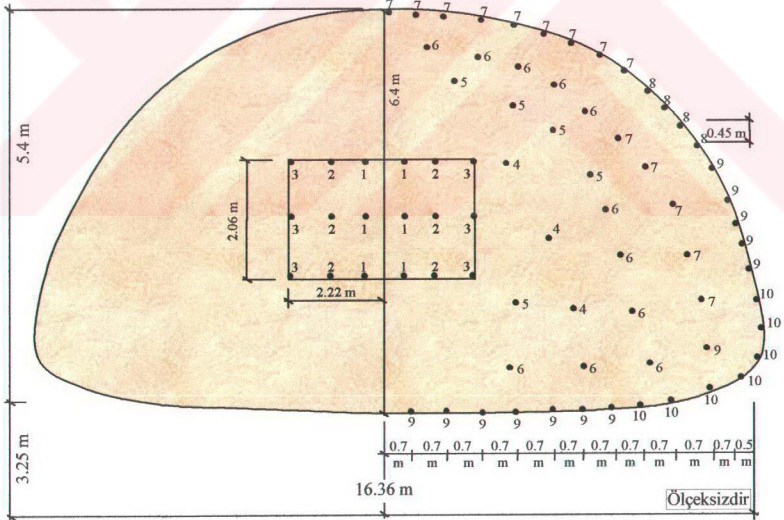


Tablo 4.34 Kaya Sınıfı 4'te Alt Yarılarda Kullanılan Patlayıcı ve Kapsül Miktarları

Alt Yarı	Delik Adedi	Kapsül		Patlayıcı	Kg
		No	Tip		
1.Sıra	4	1, 2, 3	MS	Powergel-2.5 Kg/Delik	10
2.Sıra	4	3, 4, 5	MS	Powergel-2.5 Kg/Delik	10
Çevre	4	5, 6, 7, 8	MS	Powergel-1.0 Kg/Delik Kleenkut-0.92 Kg/Delik	7.68
Taban	5	8, 9, 10	MS	Powergel-2.5 Kg/Delik	12.50
Toplam	17				40.18

#### 4.6.4. Kaya Sınıfı 5 için Patlatma Düzeni

Kaya Sınıfı 5 genelde aşırı altere andezitten ve tüften oluştuğu için patlatma düzeni ve kullanılan patlayıcı madde miktarı daha dar sınırlar içinde belirlenmektedir. Ortalama olarak üst yarı patlatması için 132.25 kg civarında patlayıcı madde kullanılmaktadır.



Şekil 4.17 Kaya Sınıfı 5 Patlatma Düzeni

Tablo 4.35 Kaya Sınıfı 5'te Kullanılan Patlayıcı Madde ve Kapsül Miktarları

İşlem	Delik Adedi	Kapsül		Patlayıcı	Kg
		No	Tip		
Kesme Delikleri	18	1, 2, 3	MKE-HS	Powergel-1.5 Kg/Delik	21.0
Kesme Tarama Delikleri	8	4	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	7.2
İç Tarama	16	5, 6	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	14.4
Dış Tarama	22	6, 7	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	19.8
Çevre Delikleri (I)	25	7, 8	MKE-HS	Powergel-0.3 Kg/Delik Kleenkut-0.46 Kg/Delik	19.05
Çevre Delikleri (II)	17	9, 10	MKE-HS	Powergel-0.9 Kg/Delik	15.3
Taban Delikleri	25	9, 10	MKE-HS	Powergel-1.18 Kg/Delik	29.5
<b>Toplam</b>	<b>131</b>				<b>132.25</b>

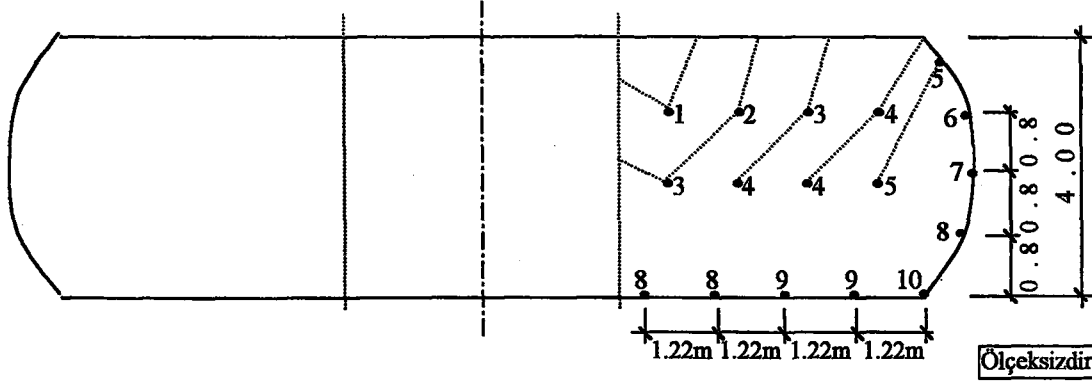
Tablo 4.36 Kaya Sınıfı 5 Patlatma Düzeni Bilgileri

Kaya Sınıfı 5 Patlatma Düzeni	
<p><i>Kaya Sınıfı 5 Üst Yarı</i>  <math>64.307 \text{ m}^2 * 1.5 \text{ m} = 96.461 \text{ m}^3</math> Hafriyat  <math>132.25/96.461 = 1.37 \text{ kg/m}^3</math> Patlayıcı</p>	<p><i>Kaya Sınıfı 5 Patlayıcı Madde</i>  Üst Yarı 132.25 Kg  Alt Yarı 36.18 Kg  Rampa 15.92 Kg  <math>\Sigma 184.35 \text{ Kg}</math></p>
<p>Zemin: Andezit, Andezitik Aglomera  Patlayıcı: Orica-Nitro</p>	<p>Round (ilerleme) Boyu: 1.00-1.5 m  Delgi Boyu: 1.20-1.70 m</p>
<p>Üst yarı taban delikleri <math>\phi 64</math> yıldız bitle delinmekte ve <math>\phi 50</math> Magnum patlayıcı şarj edilmekte, diğer delikler <math>\phi 45</math> yıldız bitle delinip, <math>\phi 38</math> Magnum patlayıcı şarj edilmektedir.</p>	



#### 4.6.5. Kaya Sınıfı 5 Alt Yarı Patlatma Düzeni

Kaya sınıfı 5'te de alt yarı patlatmaları bir seferde en fazla 2 roundluk ilerleme yapılmak üzere planlanmıştır. Kullanılan patlayıcı miktarı tek bir alt yarı için, ortalama 36.18 kg'dır. Alt yarı patlatma düzeni Şekil 4.18 de verilmiştir



Şekil 4.18 Kaya Sınıfı 5 Alt Yarı Patlatma Düzeni

Tablo 4.37 Kaya Sınıfı 5'te Alt Yarılarda Kullanılan Patlayıcı ve Kapsül Miktarları

Alt Yarı	Delik Adedi	Kapsül		Patlayıcı	Kg
		No	Tip		
1.Sıra	4	1, 2, 3, 4	MS	Powergel-2.0 Kg/Delik	8.0
2.Sıra	4	3, 4, 5	MS	Powergel-2.0 Kg/Delik	8.0
Çevre	4	5, 6, 7, 8	MS	Powergel-1.0 Kg/Delik Kleenkut-0.92 Kg/Delik	7.68
Taban	5	8, 9, 10	MS	Powergel-2.5 Kg/Delik	12.50
<b>Toplam</b>	<b>17</b>				<b>36.18</b>

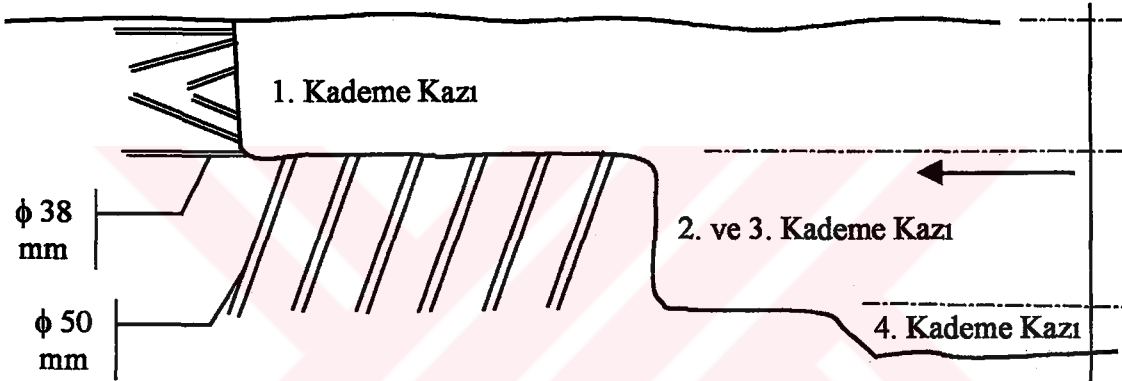
#### 4.6.6. Patlatmalarda Orta Çekme ve Patlatmanın Esasları

Genel olarak, delik boylarının, dolayısı ile ilerlemenin kısa olduğu uygulamalarda kullanılan yöntemdir. Orta çekme yönteminde kısıtlayıcı tek bir nokta, şekil 4.19 da görülen, göbekteki iç açısının minimum 60 derece olmasıdır. Zaman zaman daha dar

açılı delmelerde, kesme delikleri işlevini tam anlamıyla yerine getiremediği gibi ayrıca , kaya yapısında kilitlenmelerde meydana gelebilmektedir.

Deliklerin durumu ve birbirini izleyen deliklerin dizaynı, ilk atımdan sonra daha kolay sökülme meydana gelmesi için planlanmıştır. Böylece daha sonraki atımlara ait randıman artar.

Bu yöntemin uygulandığı Karşıyaka Tünelinde kazı, ilerleme hızını arttırmak için kademeli olarak yapılmıştır. Bu kazılar; üst yarı kazısı, alt yarı kazıları, rampa kazısı ve taban kazıları olmak üzere 4 kademe halinde yapılmıştır. (Şekil 4.19)



Şekil 4.19 Tünel Kazı Boykesiti (Orta Çekme ve Kazı Kademeleri)

Tünel patlatmalarında delikler, özellikle kesme bölgesinde birbirine çok yakın delinmektedir. Birbirine yakın deliklerde, bir önceki sırada patlayan delik, bir sonraki sırada patlaması gereken delikteki patlayıcı maddeyi sıkıştırarak yoğunluğunun artmasına, patlamaya duyarlılığının azalmasına yol açar. Dolayısı ile bazı delikler patlamamış ve yine düzen bozulmuş olur.

Kesme bölgesinde deliklerin çok yakın olması ve milisaniye aralıklar kullanılması nedeniyle, eğer gereğinden kuvvetli veya yüksek konsantrasyonda patlayıcı madde kullanılır ise, kesme bölgesindeki kaya yapısında kilitlenme meydana gelir.

Patlayıcı maddenin delik içerisindeki dağılımını kontrol etmek gerekir. Deliğin içerisine konulması gereken miktarı yoğun bir şekilde deliğin dip kısmına koymak yerine, daha küçük çaplı kartuşlar kullanarak, ara takozları koyarak, delik boyunca dağıtmak yöntemi seçilmiştir.

Diğer bir nokta, kullanılan yöntem ne olursa olsun özellikle yoğun patlayıcı bulunan delik tiplerinin birbirinden minimum 0.30 m. uzakta bulunmasına dikkat edilmesidir. Aralığın kontrol edilmesine rağmen, kaya yapısında mevcut bir çatlak sistemi yukarıdaki istenmeyen olaylara yol açabilmektedir. Eğer çatlak sistemi jeolojik bir olgu ise kilitlenmelerin önlenmesi güçleşmektedir.

#### *-Özgül Şarj*

Şarj konsantrasyonu, kesme deliklerinin olduğu bölgede artmakta, çevreye doğru genişledikçe, tarama deliklerinde azalmaktadır. Bu nedenle küçük kesitli tünel kazılarında uygulanan özgül şarj büyük kesitli tünel kazılarınınkinden yüksektir. Bu olay, kesitin genişlemesi ile birlikte ayna yüzeyinde gelişen tansiyonel gerilmelerle de uyum sağlamaktadır.

#### *-Delik Çapı ve Adedi*

Tünel kesiti bilindikten, özgül şarj saptandıktan sonra geriye kalan iş, patlayıcı maddenin aynada geometrik olarak dağıtılmasıdır. Bunu saptayan eleman da delik çapıdır. Tünel kesitinde delik çapının büyüklüğüne göre delik adedi artarmakta veya azalmaktadır.

Her sıraya yeteri kadar zaman vermek ve her sıranın böylelikle elde edilen boşluklara patlamasını sağlamak amacıyla uygulanan, milisaniyeli kapsüller, tünel patlatmalarında 500 milisaniye, 250 milisaniye, 1 saniye vs. aralıklı olarak kullanılmaktadır.

#### 4.6.7. Patlayıcı Madde ve Özellikleri

Genel olarak tünel patlatmalarında Powergel Magnum (Amonyum nitrat esaslı) kullanılmaktadır. Karşıyaka Tünellerinde de sözü geçen patlayıcılar kullanılmıştır.

*Bu patlayıcı madde; inşaat sektörü, tüneller, yerüstü ve yeraltı madencilik çalışmaları için tasarlanmış küçük çaplı emülsiyon patlayıcıdır. İlk nesil patlayıcılara göre maksimum verim, güvenlik ve maliyet etkinliği sağlanması hedeflenmektedir.*

*Powergel Magnum, ICI patentli emüsyon teknolojisi ile üretilmektedir. İleri teknolojinin kullanımı, üstün şok ve öteleme özelliği yaratarak etkili kaya kırmasını sağlamaktadır. Ayrıca patlatma sonrası oluşan gazlar da ekstra bir itme enerjisi sağlamaktadır. (Nitrosan, ...)*

##### 1. Teknik Özellikleri

**Tablo 4.38 Patlayıcı Madde Teknik Özellikleri**

<i>Powergel Magnum</i>	
<i>İdeal Patlatma Hızı</i>	6345 m/s
<i>İdeal Patlatma Basıncı</i>	119350 atm
<i>Sıcaklığı</i>	2502 °K
<i>Yoğunluğu</i>	1.20 gr/cm <sup>3</sup>
<i>Suya Dayanıklılığı</i>	Çok İyi
<i>Patlama Isısı</i>	3684 Kj/Kg

## 2. Kullanılan Patlayıcı Boyutları

Tablo 4.39 Patlayıcı Madde Boyutları

<i>Powergel Magnum</i>	<i>Kutu</i>		<i>Adet (Gr)</i>
	<i>Ağırlık (Kg)</i>	<i>Adet</i>	
<i>Jelatinit 32*400</i>	20	46	435
<i>Jelatinit 40*400</i>	20	30	666
<i>Powergel 34*225</i>	20	82	245
<i>Powergel 36*225</i>	20	78	257
<i>Powergel 38*225</i>	20	68	295
<i>Powergel 50*225</i>	20	40	500
<i>Powergel 40*460</i>	20	28	715
<i>Kleen Kut 1 1/8"*36</i>	24.95	54	462

## 4.6.8. Aylara Göre Kullanılan Patlayıcı Miktarları

Tünellerde kullanılan patlayıcı miktarları envanteri aylara göre hesaplanarak Tablo 4.40'ta verilmiştir.

Tablo 4.40 Aylara Göre Kullanılan Birim Patlayıcı ve Kapsül Miktarları

<i>Aylar</i>	<i>İlerleme (m)</i>	<i>Kazı (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Dinamit (kg)</i>		<i>Kapsül (ad)</i>	
			<i>Miktar</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>	<i>Miktar</i>	<i>Ad/m<sup>3</sup></i>
<i>Ekim 97</i>	67.35	8000	2850.50	0.36	3650	0.46
<i>Kasım 97</i>	122.36	16241	7778	0.48	7759	0.48
<i>Aralık 97</i>	173.80	23115	14920	0.65	12439	0.54
<i>Ocak 98</i>	170.32	22652	15435	0.68	10310	0.46
<i>Şubat 98</i>	176.00	23408	23430	1.00	13382	0.59
<i>Mart 98</i>	210.75	28029	26630	0.95	14561	0.52

**Tablo 4.40 Aylara göre Kullanılan Birim Patlayıcı ve Kapsül Miktarları (Devamı)**

<i>Nisan 98</i>	115.25	16328	14780	0.91	9838	0.60
<i>Mayıs 98</i>	150.50	20516	13210	0.64	14590	0.71
<i>Haziran 98</i>	130.70	17383	10880	0.63	11150	0.64
<i>Temmuz 98</i>	181.10	23889	21090	0.88	16797	0.70
<i>Ağustos 98</i>	207.50	27598	25700	0.93	19213	0.70
<i>Eylül 98</i>	261.50	34889	33540	0.96	26172	0.75
<i>Ekim 98</i>	235.00	30956	28400	0.92	21510	0.69
<i>Kasım 98</i>	276.25	36124	33140	0.92	24600	0.68
<i>Aralık 98</i>	275.05	37192	29780	0.80	24634	0.66
<i>Ocak 99</i>	174.35	23015	15520	0.67	13211	0.57
<i>Şubat 99</i>	252.50	33982	29180	0.86	21441	0.63
<i>Mart 99</i>	254.75	32012	33868	1.06	22845	0.71
<i>Nisan 99</i>	197.54	31532	32142	1.02	19767	0.63
<i>Mayıs 99</i>	266.10	34326	37490	1.09	23169	0.67
<i>Haziran 99</i>	186.97	26748	17160	0.64	12022	0.45
<i>Temmuz 99</i>	91.55	17437	6282	0.36	5880	0.34

Grafikten de görüleceği üzere sağlam kaya yapılarında ilerlenen aylarda şarj edilen patlayıcı madde miktarında artış gözlenmiş ve birim m<sup>3</sup> başına kullanılan patlayıcı miktarı 1 m<sup>3</sup>'ün üzerine de çıkabilmiştir.



#### 4.7. Tünel Açmada Kullanılan Makina ve Ekipmanlar

Karşıyaka Tünelleri, kazı, tahkimat, makina grubu ve idare işlerinde kullanılmak üzere aşağıda tablosu verilen makina parkına sahiptir.

**Tablo 4.41 Tünel Şantiyesi Makina Parkı**

No	Tip	Sayı	Not
1	Murat-Kartal Ambulans	1	
2	Renault Kangoo Kamyonet	3	İdare
3	GMC 4*4 Sierra Pickup	2	İdare
4	Toyota-Hilux 4*4 Çift Kabinli	2	Makina Grubu
5	Case Foklift CF30D	1	Malzeme yükleme boşaltma
6	Mack-Flatrack W/Manitex Vinç	1	Makina grubu, yükleme, boşaltma
7	Mack-Su Tankeri	1	Su taşıma, sulama işleri
8	Mack Mazot Kamyonu	1	Mazot sevkiyat işleri
9	Mack Yağlama ve Mazot Kamyonu	1	Mazot sevkiyatı ve yağlama işleri
10	GMC Lastik Aracı	1	Lastik değişimi işleri
11	Mack Mikser	5	Püskürtme beton, beton taşıma işleri
12	Komatsu D75-S Paletli Kepçe	3	Kazı, tarama, ripperleme işleri
13	Cat 963B Paletli Kepçe	1	Kazı, tarama, ripperleme işleri
14	Getman Skayler	1	Kazı, tarama, iksa yüzü kırımı ve montaj
15	Cat 966E Yükleyci	2	Yükleme, bulon çakma, sıyırma
16	Cat 988B Yükleyci	2	Yükleme, bulon çakma, sıyırma
17	Cat 428 Kırıcı, Kollu Yükleyci	1	Kırım, tarama, yükleme, kanal açma
18	IR-Kompresör 750 CFM	5	Basınçlı hava üretimi
19	Tamrock-S.M Delici Jumbo	4	Ayna, bulon, süren ve tüm delgi işleri
20	Tamrock Rockbolt	1	Bulon delgi işleri
21	Meyco Kuru Püskürtme Beton Mak.	4	Kuru püskürtme beton

**Tablo 4.41 Tünel Şantiyesi Makina Parkı (devamı)**

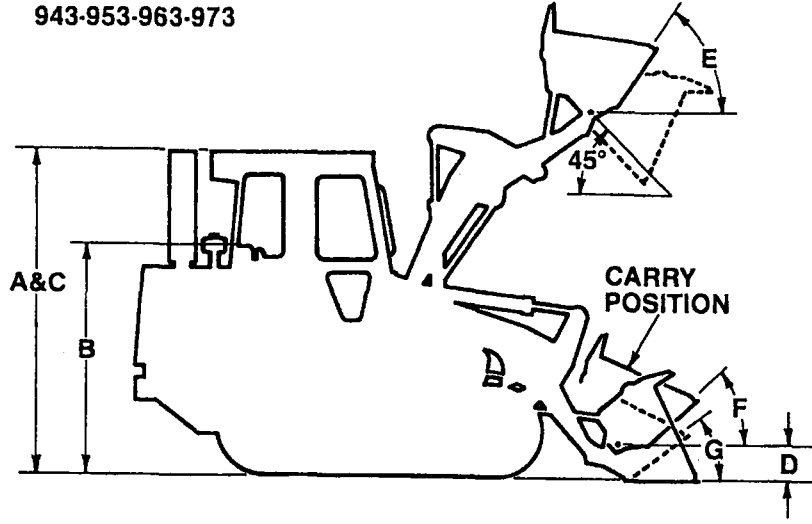
22	MAI M400 Püskürtme Beton Mak.	4	Yaş püskürtme beton
23	Kohler/Cummins 20KVA Jeneratör	1	
24	Cat 200 KVA Jeneratör	1	
25	Cat 500 KVA Jeneratör	4	
26	Getman Sepet	1	Personel kaldırma
27	Getman Platform	1	Personel kaldırma, fan montajı
28	PI Makina Batch Plant 37 m <sup>3</sup>	1	Beton Santrali
29	NA-CE Batch Plant 40 m <sup>3</sup>	1	Beton Santrali
30	MF285 Traktör	2	Malzeme ikmali
31	Komatsu HD325-5 Damperli Kamyon	6	Pasa nakli
32	Hobart Kaynak Mak. 400A Elektrikli	2	Kaynak işleri
33	Hobart Kaynak Mak. 500A Elektrikli	2	Kaynak işleri
34	Hobart Kaynak Mak. 500A Dizel	1	Kaynak işleri
35	MAI M400 Enjeksiyon Seti	4	Enjeksiyon işleri

**4.7.1. Cat 963B Paletli Kepçe**

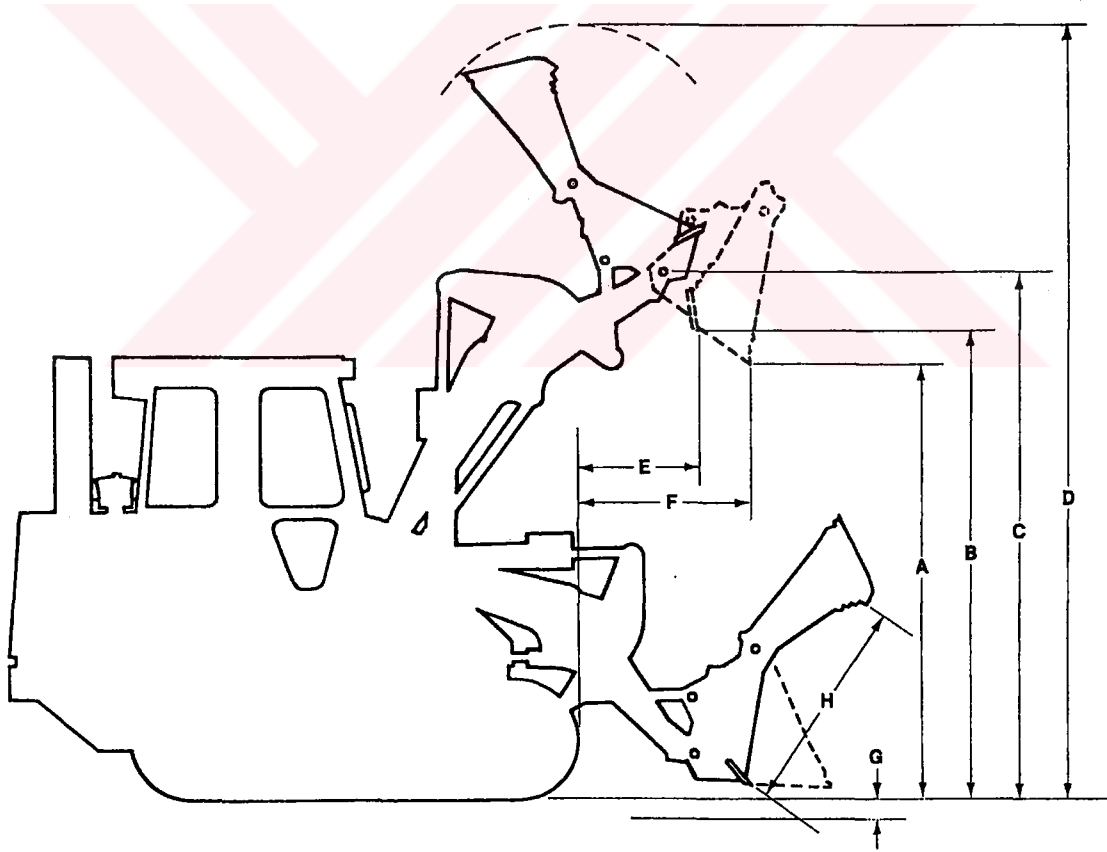
Patlatmadan sonra ayna yüzeyi taraması, kavlak düşürme, jumbo yeri hazırlığı ve zaman zaman bulon çakma işlerinde kullanılan bu makinanın özellikleri Tablo 4.42-4.43 de verilmiştir.

**Tablo 4.42 CAT 963 Paletli Kepçe Boyutları**

<i>A</i>	Makina yüksekliği	3.229 m
<i>B</i>	Merkez yüksekliği	2.347 m
<i>C</i>	Hidrolik kol yüksekliği (mak konumda)	3.078 m
<i>D</i>	Kepçe civatası yüksekliği (min taşıma anında)	424 mm
<i>E</i>	Kepçe açısı (maksimum kaldırmada)	56°
<i>F</i>	Kepçe açısı kapanma(taşıma yüksekliğinde)	48°
<i>G</i>	Kepçe açısı kapanma(kepçe yerde iken)	43°



Şekil 4.20 CAT 963 Paletli Kepçe Boyutları (Cat, 1987)



Şekil 4.21 Cat 963 Kova Boyutları (Cat, 1987)

**Tablo 4.43 CAT 963 Paletli Kepçe, Kova Boyutları**

A	Öne doğru boşaltmada kova yüksekliği	2.96 m
B	Öne doğru boşaltmada kova içinin yüksekliği	3.43 m
C	Kova menteşesi yüksekliği	3.92 m
D	Maksimum kol yüksekliği	5.92 m
E	Kova geriye doğru kol uzunluğu	612 mm
F	Kova ileriye doğru kol uzunluğu	1.04 m
G	Kazı derinliği	177 mm

**Tablo 4.44 CAT 963 Paletli Kepçe Özellikleri**

Motor gücü	150 HP
Çalışma ağırlığı	18200 kg
Motor modeli	3304
Silindir adedi	4
İleri hız	
-1. Vites	0-10 km/sa
-2. Vites	0 - *
-3. Vites	0 - *
Kova boş iken birim zamanlar (toplam)	12 sn
-Kovayı kaldırma	7.1 sn
-Boşaltma	1.4 sn
-Kovayı indirme	3.5 sn
Palet genişliği	450 mm
Palet uzunluğu	2.454 m
Toplam yere basma alanı	2.21 m <sup>2</sup>
Kovasız genişlik	2.3 m

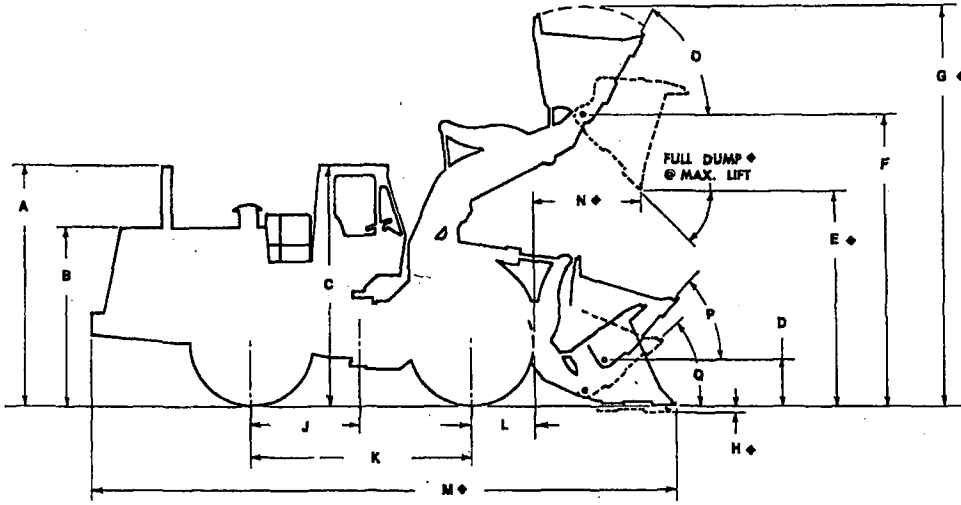
#### 4.7.2. Cat 966 E Lastikli Yükleyici

Rampa sıyırma, jumbo yeri hazırlığı, çalışma alanına malzeme nakli (bulon demiri, torba çimento, çelik hasır, iksa profili, vs.), bulon çakma ve zaman zaman pasa yükleme işlerinde kullanılmaktadır. 966E lastikli yükleyiciler, nispeten küçük ve tünel kesitine uygun boyutları ile kullanım verimi yüksek olan makinelerdir. İşletmede 2 adet olan bu makinanın özellikleri Tablo 4.45 de verilmiştir.

**Tablo 4.45 CAT 966E Lastikli Yükleyici Boyutları**

<i>A</i>	Makina yüksekliği	3.4 m
<i>B</i>	Motor bölmesi yüksekliği	2.47 m
<i>C</i>	Operatör kabin yüksekliği	3.58 m
<i>D</i>	Kova civatası yüksekliği (min taşıma anında)	453 mm
<i>E</i>	Maksimum kaldırmada boşaltma yüksekliği	2.98 m
<i>F</i>	Kova civatası yüksekliği (mak. konumda)	4.12 m
<i>G</i>	Maksimum kol yüksekliği	5.59 m
<i>H</i>	Maksimum kazı derinliği	44 mm
<i>J</i>	Makina merkezi motor bölümü mesafesi	1.675 m
<i>K</i>	Dingil açıklığı	3.350 m
<i>L</i>	Ön kol ön tekerlek mesafesi	862 mm
<i>M</i>	Maksimum makina uzunluğu	8.17 m
<i>N</i>	Kova kalkmış halde iken kol kova mesafesi	1283 mm
<i>O</i>	Kepçe açısı (maksimum kaldırmada)	59°
<i>P</i>	Kepçe açısı kapanma (taşıma yüksekliğinde)	45°
<i>Q</i>	Kepçe açısı kapanma (kepçe yerde iken)	39°

Kova hacmi	3.7 m <sup>3</sup>
Motor gücü	216HP



Şekil 4.22 966E Lastikli Yükleyici (Cat, 1987)

#### 4.7.3. Cat 988 B Lastikli Yükleyici

Genellikle büyük kepçe hacimleri ile pası yükleme işlerinde kullanılan bu makinalar, ihtiyaç halinde bulon çakma ve malzeme sevkiyatı işlerinde de kullanılabilir.

Tablo 4.46 988B Lastikli Yükleyici Boyutları

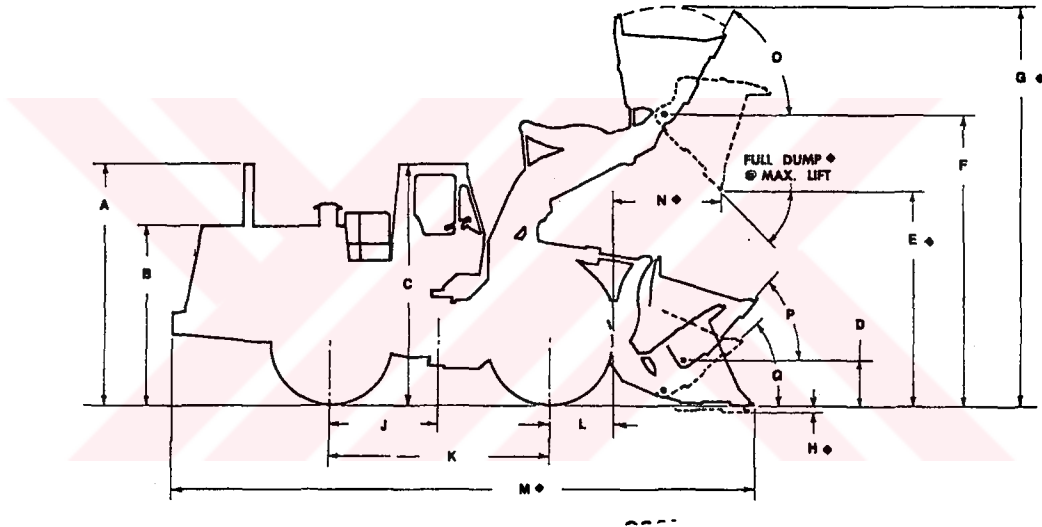
A	Makina yüksekliği	4.14 m
B	Motor bölümü yüksekliği	2.98 m
C	Operatör kabin yüksekliği	4.13 m
D	Kova civatası yüksekliği (min taşıma anında)	4.13 m
E	Maksimum kaldırmada boşaltma yüksekliği	3.18 m
F	Kova civatası yüksekliği (mak. konumda)	4.91 m
G	Maksimum kol yüksekliği	6.95 m
H	Maksimum kazı derinliği	72 mm
J	Makina merkezi motor bölümü mesafesi	1.90 m
K	Dingil açıklığı	3.81 m



Tablo 4.46 988B Lastikli Yükleyici Boyutları (devamı)

<i>L</i>	Ön kol ön tekerlek mesafesi	1.03 m
<i>M</i>	Maksimum makina uzunluğu	11.13 m
<i>N</i>	Kova kalkmış halde iken kol kova mesafesi	2.15
<i>O</i>	Kepçe açısı (maksimum kaldırmada)	62°
<i>P</i>	Kepçe açısı kapanma (taşımaya yüksekliğinde)	50°
<i>Q</i>	Kepçe açısı kapanma (kepçe yerde iken)	40°

Kova hacmi	5.4 m <sup>3</sup>
Motor gücü	375HP



Şekil 4.23 CAT 998B Lastik Tekerlekli Yükleyici (Cat, 1987)

#### 4.7.4. Komatsu HD 325 Kaya Kamyonları

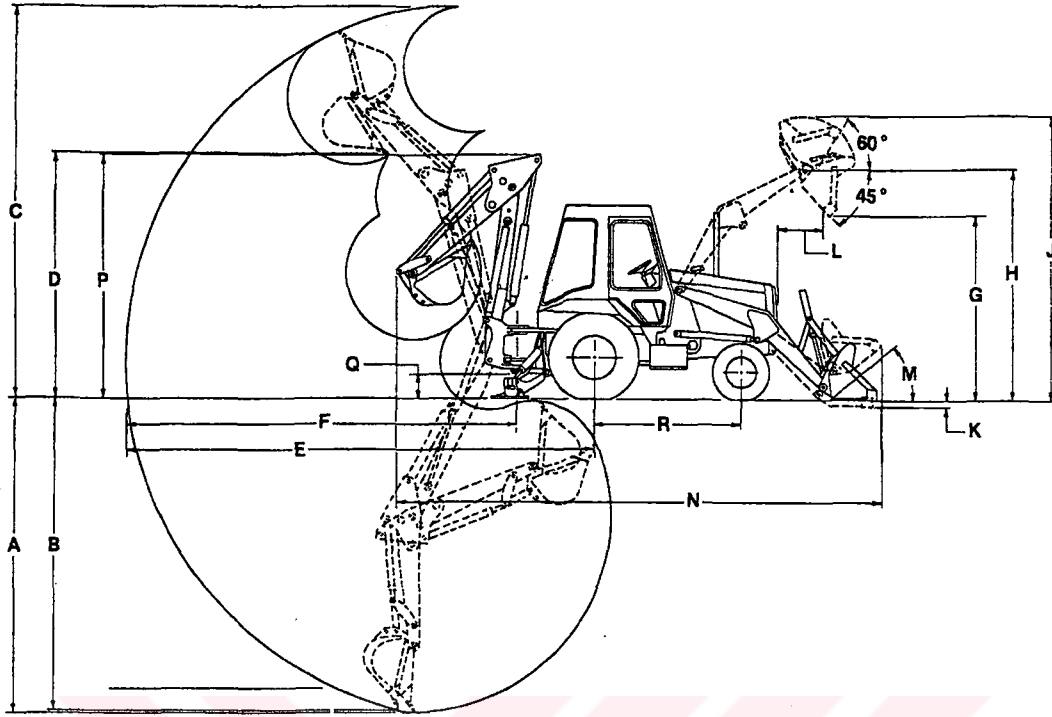
Aynada patlatılmış pasayı, pasa sahasına nakil işleminde kullanılan kaya kamyonları, standart modellerinde 18 m<sup>3</sup> lük hacimleri ile kullanılmakta iken Karşıyaka Tünellerinde yapılan ilavelerle 32 m<sup>3</sup> lük hacimleri ile hizmet vermişlerdir.

#### 4.7.5. CAT 428 Kırıcı, Kollu Yükleyici

Tünel açma işlerinde, hareket kabiliyeti, boyutları ve hızıyla ana kazı makinalarından olan CAT 428 kollu yükleyici-kırıcı, özellikle patlatmadan sonra ayna yüzeyinde kavlak taramasında ve kazı kesitinin belirlenmesinde, ince kırım işleri için kullanılmaktadır. Bu makinanın teknik özellikleri şekil 4.24 ve tablo 4.47 de verilmiştir.

**Tablo 4.47 CAT 428 Yükleyici Boyutları**

<i>A</i>	Maksimum kazı derinliği	4727 mm
<i>B</i>	Kazı derinliği	4071 mm
<i>C</i>	En geniş kol yüksekliği	5626 mm
<i>D</i>	Yükleme yüksekliği	3635 mm
<i>E</i>	En geniş kol uzunluğu	6714 mm
<i>F</i>	Yüklemede kol uzunluğu	1908 mm
<i>G</i>	Ön kova yüksekliği 45° kapalı halde	2606 mm
<i>H</i>	Kova pin yüksekliği	3310 mm
<i>J</i>	Ön kovanın en geniş çalışma yüksekliği	4190 mm
<i>K</i>	Kazı derinliği	92 mm
<i>L</i>	Kova-motor arası mesafe 45° lik boşaltma anında	787 mm
<i>M</i>	Maksimum kova kapanma açısı	39°
<i>N</i>	Taşıma anında makina uzunluğu	5718 mm
<i>P</i>	Taşıma anında kepçe yüksekliği	2396 mm
<i>Q</i>	Yerden yükselme	334 mm
<i>R</i>	Dingiller arası mesafe	2067 mm



Şekil 4.24 CAT 428 Kırıcı Kollu Yükleyici Boyutları (Cat, 1987)

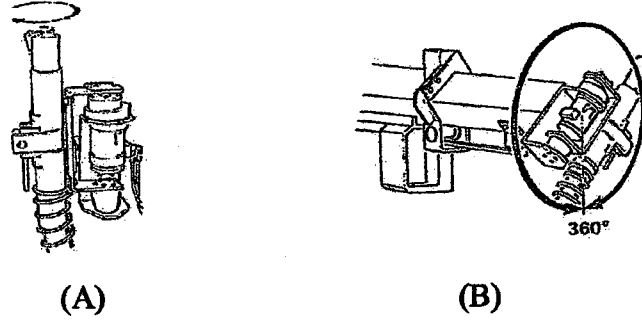
#### 4.7.6. Püskürtme Beton Makinası

Destekleme işleminin ana elemanlarından olan püskürtme beton makinaları, tüm püskürtme beton işlemlerinde olduğu gibi, zaman zaman meydana gelen jeolojik nedenli fazla açılmalar için kurulan kalıba beton basma işlemlerinde de kullanılmıştır. İşletmede kullanılan Reed 4045 makinasının özellikleri tablo 4.48 de verilmiştir.

Tablo 4.48 Püskürtme Beton Makinası Özellikleri

Çıkış m <sup>3</sup> /saat	34.4	Çıkış Ağız Açıklığı (mm)	127
Hidrolik Pompa Modeli	A10VS-71	Ağırlık Kg	1859
Beton Silindiri (mm)	152*914		
Motor Gücü HP	70		

Ayrıca püskürtme beton kalitesini doğrudan etkileyen, yüzeye 1 m uzaklıktan ve dik olarak betonun püskürtülmesine yarayan mekanik bomun çalışma şekilleri de aşağıda verilmiştir.



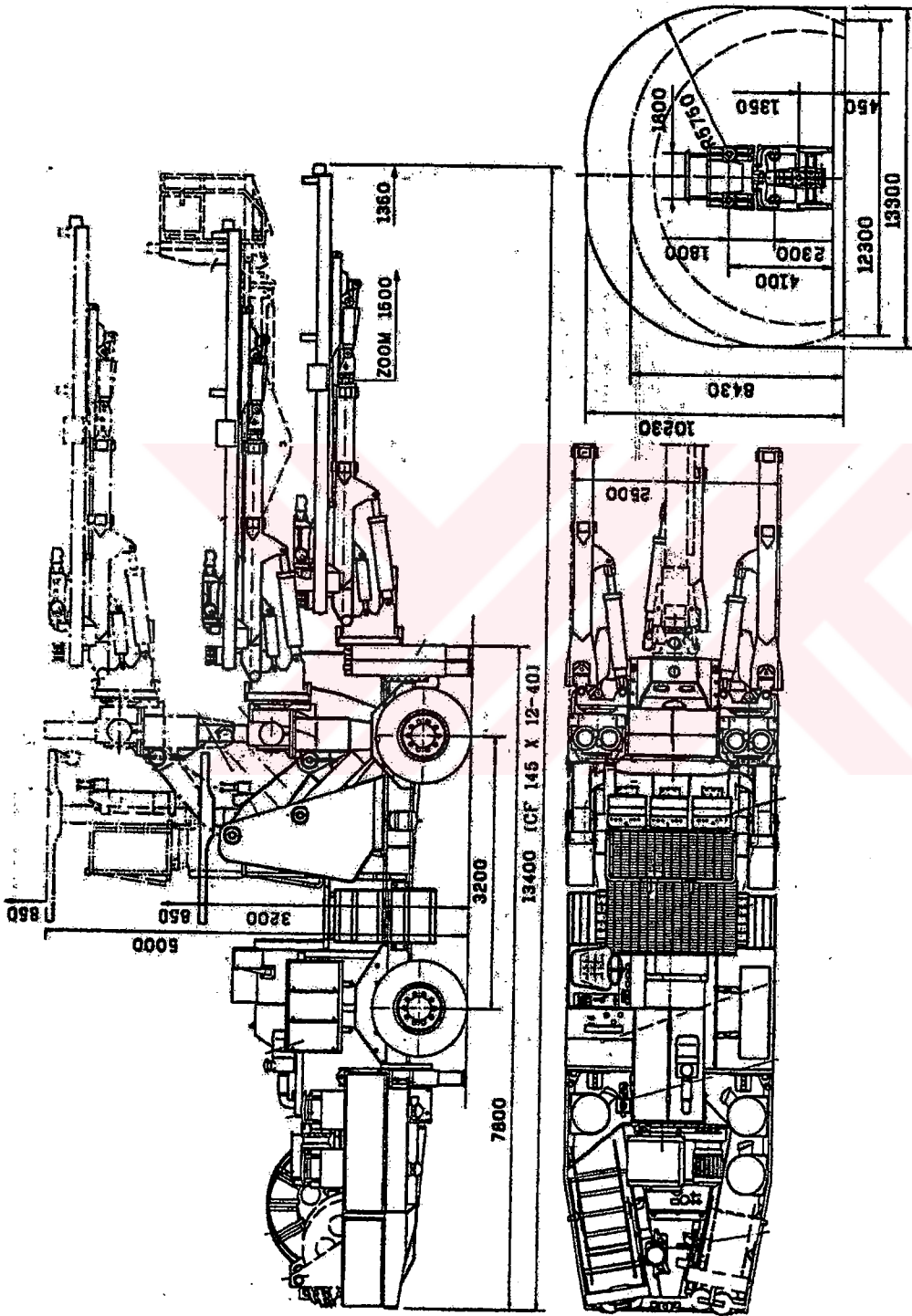
Şekil 4.25 Nozzle Dönüş Biçimleri (Reed, ...)

#### 4.7.7. Jumbolar

Jumbo: 380 volt elektrik ile çalışan elektrik motorlarının tahrik ettiği hidrolik pompalarla delme işlemi yapan makinalardır. Tünelde aynaya patlatma delgisi, bulon delgisi, süren delgisi, araştırma delgisi, taban delgileri, fan borusu asmak amaçlı delgilerde kullanılır. 2 veya 3 bomlu olarak kullanılmaktadırlar. Çalışma kolaylığı açısından sepet tabir edilen bir de platform bomu bulunmaktadır. 1, 2 veya 3 operatör tarafından kullanılmaktadır. İşletmede kullanılan üç bomlu jumbonun görünüşü şekil 4.26 da verilmiştir. Jumbonun teknik özellikleri ise tablo 49 da özetlenmiştir.

Tablo 4.49 Saximatic HS 305 B Tamrock Jumbo Teknik Özellikleri

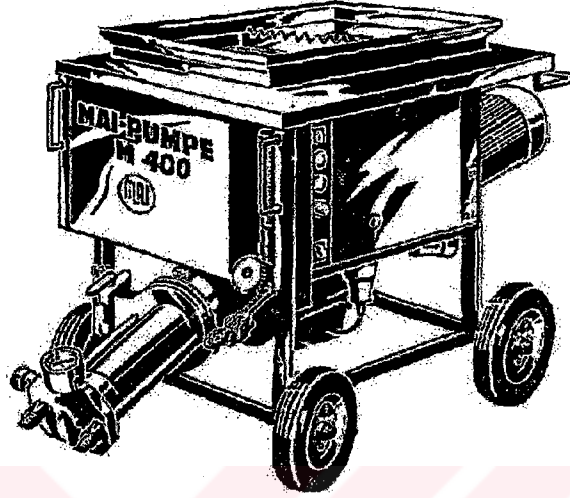
Uzunluk	13400 mm
Genişlik	2500 mm
Toplam ağırlık	34500 kg
Yürüyüş hızı	15 km/sa
Tırmanma hızı (14% = 1/7 = 8°)	2.8 km/sa
Maksimum tırmanma açısı	27% = 1/3.8 = 15°
Dönüş mesafesi (dışa/içe)	9.4 m/4.2 m
Giriş gücü	158 Kw
Voltaj	380...600 V, 40...60 Hz



Şekil 4.26 Saximatic HS 305 B Tamrock Jumbo (Tamrock, 1986)

#### 4.7.8. Enjeksiyon Setleri

Tünellerin inşasında çok sık kullanılan enjeksiyon setleri, özellikle bulon çakma ve konsolidasyon enjeksiyonu işlemlerinde kullanılmaktadır (Şekil 4.27)



Şekil 4.27 Enjeksiyon Seti

Setlerin teknik özellikleri tablo 4.50-4.52 de verilmiştir.

Tablo 4.50 Enjeksiyon Seti Özellikleri 1

Güç	380 V, 50 Hz, 25 Amper
Motor gücü	Dişli Motor, 6 Kw
Vibratör gücü	0.125 Kw

Tablo 51 Enjeksiyon Seti Özellikleri 2

Genişlik	0.79 m	Maksimum basınç	240 bar
Toplam uzunluk	1.80 m	Çalışma basıncı	80 bar
Pompa ve motor hariç uzunluk	1.05 m		

Tablo 4.52 Pompa Özellikleri

MP4	13 litre/dakika 6 mm malzeme boyutuna kadar
MP8	26 litre/dakika 6 mm malzeme boyutuna kadar

## **4.8. Tünel Desteklemesinde Kullanılan Malzemeler**

### **4.8.1. Çelik Tahkimat (Çelik I Profili)**

Kazıdan hemen sonra, püskürtme betonu kaplamasının donatısı ve yük dağıtan elemanı olarak monte edilmektedir. Her kaya sınıfı için farklı tiplerde iksa geliştirilmiştir. Karşıyaka Tünelleri'nde kullanılan iksaların imalatları şantiyedeki atölyede yapılmıştır.

### **4.8.2. Çelik Hasır**

5 mm. çapında 100x100 mm. aralıklı çelik hasır kullanılmaktadır. Bu çelik hasırlar, minimum akma mukavemeti 420 N/mm<sup>2</sup> olan yapı çeliğinden imal edilmektedir. Bunun yanısıra 6 mm. çapında 150x150 mm. aralıklı çelik hasırlar da kullanılabilir.

### **4.8.3. Süren**

Süren boruları, 3-4-5-6 m olmak üzere 1¼" galvanizli, içi boş borulardır. Bu borular, içerisine enjeksiyon basılarak kullanılmışlardır.

### **4.8.4. Bulon**

4-6-9 m boylarında 28 mm çaplı nervürlü demirden, bir uçlarına somun takılabilecek şekilde dış açılan demir çubuklardır.

### **4.8.5. Püskürtme Betonu**

Püskürtme betonu malzemesinin ve dizaynının hazırlanması; NA-CE ve PI makina beton santrallerinden sağlanmaktadır. Uygulanan püskürtme betonun dizaynı aşağıda verilmiştir.



Sıvı Püskürtme Beton, 1 m <sup>3</sup> için	
460 Kg	Çimento
400 Kg	Kum
400 Kg	0.5 mm çakıl
800 Kg	5-12.5 mm çakıl

Kuru Püskürtme Beton, 1 m <sup>3</sup> için	
430 Kg	Çimento
400 Kg	Kum
400 Kg	0.5 mm çakıl
800 Kg	5-12.5 mm çakıl

Sistematik olarak alınan numuneler üzerinde tek eksenli basınç dayanım testi uygulanır. Uygunluk deneylerindeki mukavemet gelişimi, belirtilen yerindeki mukavemeti  $1/0.85(=1.18)$ 'lik bir faktör ile geçecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

Prizin hızlandırılması için delvocrete, sika deteks katkı maddeleri kullanılmaktadır.

Püskürtme betonunun 28 günlük mukavemeti minimum 20 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır. Püskürtme betonunun basınç mukavemetindeki gelişme, bir gün sonunda 9 N/mm<sup>2</sup> ve 7 günün sonunda 17.5 N/mm<sup>2</sup> olacak şekilde seyretmektedir.

İşletmede aylara göre kullanılan püskürtme beton miktarları Tablo 4.53 de verilmiştir.

**Tablo 4.53 Aylara göre Kullanılan Birim Püskürtme Beton Miktarı**

Aylar	İlerleme (m)	Kazı (m <sup>3</sup> )	Püskürtme Beton m <sup>3</sup>	
			Miktar	m <sup>3</sup> /m
<i>Ekim 1997</i>	67.35	8000	1038	15.41
<i>Kasım 1997</i>	122.36	16241	1957	15.99
<i>Aralık 1997</i>	173.80	23115	3036	17.47
<i>Ocak 1998</i>	170.32	22652	2580	15.15
<i>Şubat 1998</i>	176.00	23408	2880	16.36
<i>Mart 1998</i>	210.75	28029	3477	16.50
<i>Nisan 1998</i>	115.25	16328	2880	24.99
<i>Mayıs 1998</i>	150.50	20516	2697	17.92
<i>Haziran 1998</i>	130.70	17383	2906	22.23
<i>Temmuz 1998</i>	181.10	23889	2922	16.13
<i>Ağustos 1998</i>	207.50	27598	2961	14.27
<i>Eylül 1998</i>	261.50	34889	3769.50	14.41
<i>Ekim 1998</i>	235.00	30956	3461	14.73
<i>Kasım 1998</i>	276.25	36124	4191	15.17
<i>Aralık 1998</i>	275.05	37192	4281.50	15.57
<i>Ocak 1999</i>	174.35	23015	2438	13.98
<i>Şubat 1999</i>	252.50	33982	3948.50	15.64
<i>Mart 1999</i>	254.75	32012	4004.50	15.72
<i>Nisan 1999</i>	197.54	31532	3586	18.15
<i>Mayıs 1999</i>	266.10	34326	4183	15.72
<i>Haziran 1999</i>	186.97	26748	4091	21.88
<i>Temmuz 1999</i>	91.55	17437	2980	32.55

**4.9. Kaya Sınıflarına Göre 1 m lik İlerleme Tutarları**

Karşıyaka Tünelleri 1 m lik ilerleme tutarları kaya sınıflarına göre tablo 4.54-4.55 ve 4.56 da verilmiştir.

**Tablo 4.54 Karşıyaka Tüneli Sınıf 4, 1 m lik İlerleme Tutarı**

İmalat Adı	Birim	Birim Fiyat (\$)	Üst Yarı		Alt yarı		Tam Kesit
			Miktar	Tutar	Miktar	Tutar	
<i>Kazı</i>	M <sup>3</sup>	34.37	64.31	2210.3	63.01	2165.7	M A L I Y E T
<i>P. Beton</i>	M <sup>3</sup>	134.64	2.87	386.4	1.40	188.5	
<i>Çelik Hasır</i>	Ton	913.44	0.06	54.8	0.03	27.4	
<i>İksa</i>	Ton	900.00	0.21	189.0	0.08	72.0	
<i>Bulon</i>	M	11.32	25	283.0	6.00	67.9	
<i>Süren</i>	M	7.23	20	144.6			
<i>Toplam</i>				3268.2		2521.5	5789.6

**Tablo 4.55 Karşıyaka Tüneli Sınıf 5, 1 m lik İlerleme Tutarı**

İmalat Adı	Birim	Birim Fiyat (\$)	Üst Yarı		Alt yarı		Tam Kesit
			Miktar	Tutar	Miktar	Tutar	
<i>Kazı</i>	M <sup>3</sup>	40.30	68.21	2748.9	65.02	2620.3	M A L I Y E T
<i>P. Beton</i>	M <sup>3</sup>	134.64	4.87	655.7	2.39	321.8	
<i>Çelik Hasır</i>	Ton	913.44	0.12	109.6	0.06	54.8	
<i>İksa</i>	Ton	900.00	0.42	378.0	0.16	144.0	
<i>Bulon</i>	M	11.32		656.6	24.00	271.7	
<i>Süren</i>	M	7.23		404.9			
<i>Toplam</i>				4953.6		3412.6	8366.2

**Tablo 4.56 Karşıyaka Tüneli Sınıf Portal, 1 m lik İlerleme Tutarı**

İmalat Adı	Birim	Birim Fiyat (\$)	Üst Yarı		Alt yarı		Tam Kesit
			Miktar	Tutar	Miktar	Tutar	
<i>Kazı</i>	M <sup>3</sup>	47.41	68.21	3233.8	65.20	3091.1	T A L I Y E T M A L I Y E T
<i>P. Beton</i>	M <sup>3</sup>	134.64	4.87	655.7	2.39	321.8	
<i>Çelik Hasır</i>	Ton	913.44	0.12	109.6	0.06	54.8	
<i>İksa</i>	Ton	900.00	0.53	477.0	0.20	180.0	
<i>Bulon</i>	M	11.32	38.00	430.2	20	226.4	
<i>Süren</i>	M	7.23	31.00	224.1		3874.1	
<i>Toplam</i>				5130.4			9004.56

---

## BÖLÜM BEŞ

### EK İŞLER

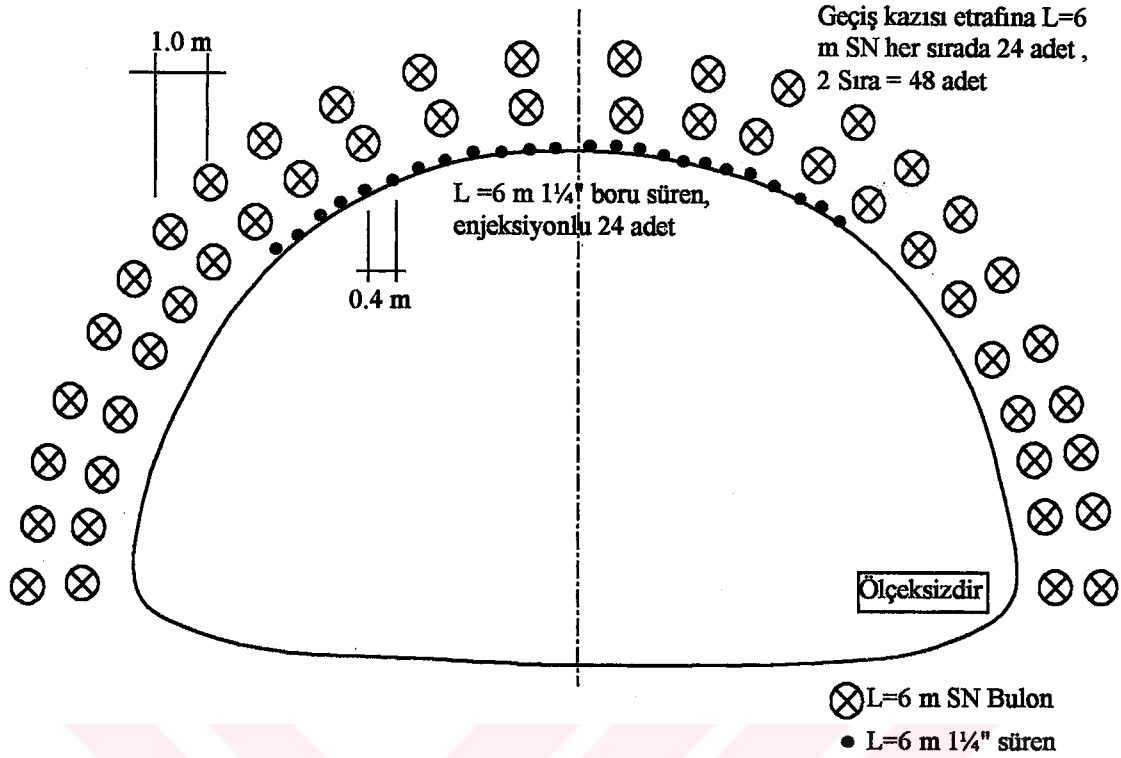
---

#### 5.1. Çapraz Geçişler

Karşıyaka Tünelleri'nde, tümü K2 tünellerinde olmak üzere 4 adet (2 yaya, 2 araç geçişi) çapraz geçiş planlanmış ve ilgili projeye göre yapımları tamamlanmıştır. İlgili mevzuata göre otoyol tünellerinde acil durumlarda kullanılmak üzere paralel olarak uzanan tüplerden birbirine çapraz geçişler inşaa edilmektedir. Açılan bu çapraz geçişlerin 3'ü kaya sınıfı 4'e göre biri ise kaya sınıfı 5'e göre inşaa edilmişlerdir. Tünellerin stabilitesi açısından artan bir önem taşıyan bu çapraz geçişlerin genel olarak yapım teknikleri aynı (yaya ve araç) olmaktadır.

##### 5.1.1. Ağız Yapısı ve Hazırlık Çalışmaları

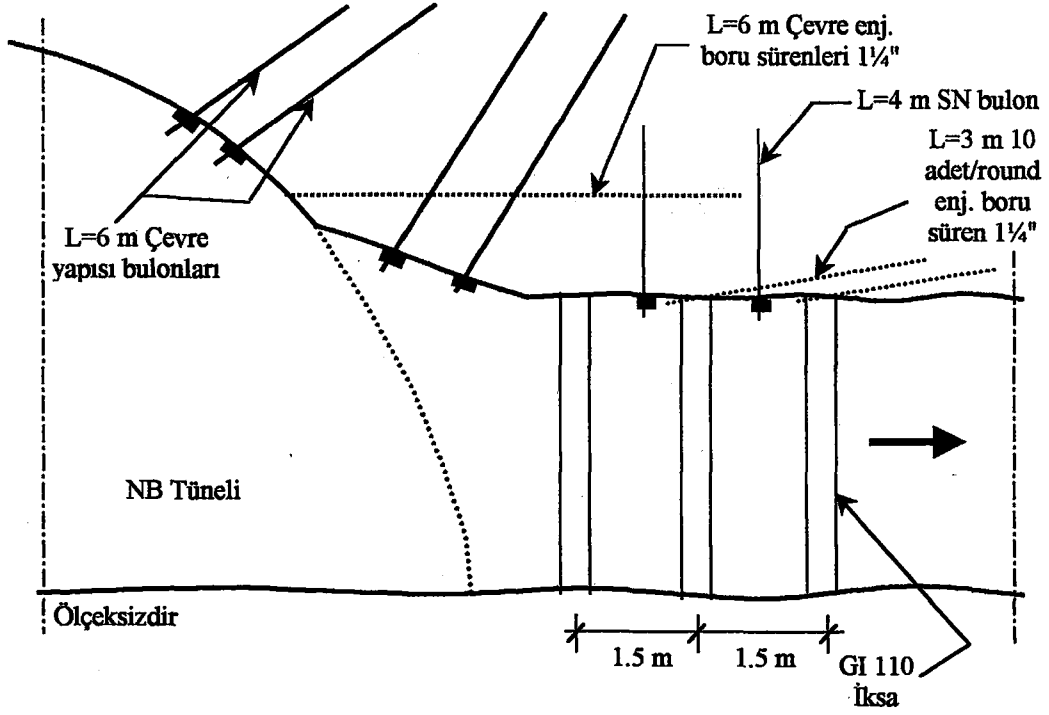
Her iki tüpten çapraz araç geçiş topoğraflar tarafından işaretlenir. Bu işlemle birlikte çevre yapısı bulon ve süren yerleri de belirlenir. Ağız yapısı çevresindeki 2 sıra L=6 m SN tip kaya bulonları tabana kadar yapılmaktadır. (2 sıra\*24 Adet = 48 adet) Aynı zamanda ağız yapısı üzerinden, her iki tüpte de uygulanmak üzere L=6 m 1¼" enjeksiyonlu boru süren uygulanmaktadır (Şekil 5.1). Bu işlemlerden sonra çapraz geçiş ilgili kaya klasına göre delinip patlatılmaktadır. Sadece giriş patlatması olmak üzere, bu işlem iki safhada yapılır.



**Şekil 5.1 Çapraz Geçiş Etrafına Uygulanan Çevre Yapısı Çalışmaları**

### 5.1.2. Kazı Çalışmaları

Ağız yapısı çalışmaları yapıldıktan sonra, çapraz geçiş iki kademeli olarak patlatılır ve pasası alınır. Büyük tünelden çapraz geçişe ilk girişte alın yapısı çalışmaları uygulanır. Buna göre alın yapısına önce 2 kat çelik hasır montajı ve pükürtme beton takviyesi, ardından 2 sırada uygulanmak üzere L=6 m SN tip bulon montajı yapılmaktadır. Alın yapısı tamamlandıktan sonra, kesit durumuna göre, ilk iksa montajına başlanılmaktadır. İlk iksa montajından sonra işlemler normal tünel açma işlemlerine benzemektedir. Round boyları L=1.5 m olmak üzere, her rounda L=3 m 1/4" enjeksiyonlu boru süren 10 adet olarak uygulanmaktadır. İksa montajı bittikten sonra Q188/188 çelik hasır ve 15 cm kalınlığında pükürtme beton uygulanmaktadır. Nihai destekleme için bir rounda 12, diğerine 11 adet olmak üzere L=4 m Sn tip kaya bulonu uygulanmaktadır. Yapılan çalışmaların genel görünümü şekil 5.2. de verilmiştir.



**Şekil 5.2 Çapraz Geçiş Ağzı Çalışmaları**

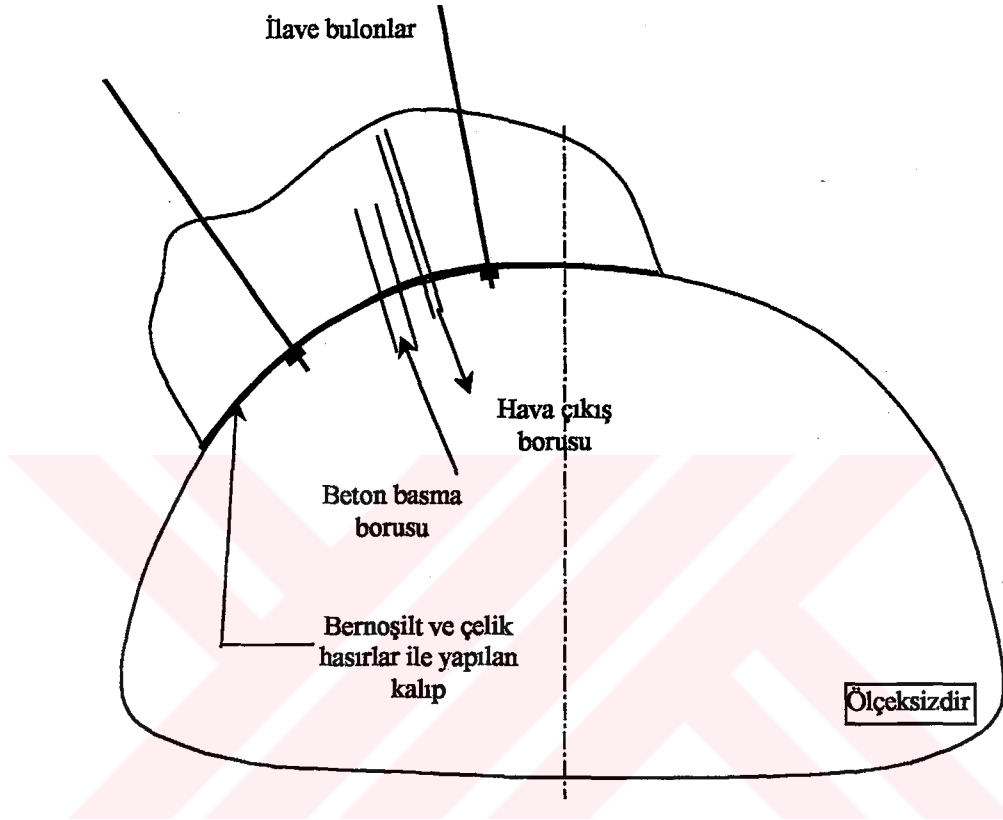
Çapraz geçişlerde yapım metodu; Yaya, araç veya sınıf 4, sınıf 5 olarak ayrılmamaktadır. Aradaki fark kullanılan malzemenin sayısı ve boyutlarının artıp azalmasıdır.

### 5.2. Jeolojik Nedenli Fazla Açılmalara Uygulanan Destekleme İşlemleri

Tünel kazısı sırasında o anda aşılınan formasyonun genellikle jeolojik durumuna göre ve patlatma ve delgi boylarındaki hatalardan dolayı, açılmak istenen kesitin üzerinde kazı yapılabilmektedir. Patlatma ve kazı öncesi zeminin iyi etüdü ile önlenebilecek olan bu aşırı açılmalar, zaman zaman olabilmektedir. Böyle durumlarda, normal işlemleri müteakip, son konulan iksa ile bir önceki iksa arasına bernoşilt ve çelik hasırlar ile bir kalıp kurulmaktadır. Bu esnada kalıbın arkasına 2"lik bir beton basma hortumu ve bir hava alma hortumu montajı yapılmaktadır. Bu kalıbın üzerine püskürtme beton tatbiki ile, oluşan fazla açılma boşluğu tamamen bir odacık haline dönüştürülür. Daha sonra püskürtme beton makinaları ile, boşluk hacminin tamamı ince malzemeli beton ile



doldurulur. İşlem sırasında odacıktaki hava, hava borusundan dışarı atılmaktadır. Hava borusundan beton geldiği zaman, açılan boşluk tamamen doldurulmuş olmakta, ve beton basma işlemi durdurulmaktadır. Bu işlemden sonra açılan boşluğun derinliğinden 1-2 m daha uzun bulonlar ilave olarak tatbik edilmekte ve ek yükler ana kayaca taşıtılmaktadır (Şekil 5.3).



**Şekil 5.3 Aşırı Açılmalara Uygulanan İşlemler**

---

## BÖLÜM ALTI

### SONUÇ

---

Tünellerin inşasına Ekim 1997 yılında başlanmış ve Ağustos 1999 da yapımı tamamlanmıştır. 2 yıldan daha az bir sürede ~2000 m'lik 16 m genişliğinde çift tüplü otoyol tünellerinin kazısı gerçekleştirilmiştir.

Karşıyaka Tünellerinde, kaya sınıfı belirlemelerinin yerinde ve uygun olarak yapılması –ki bunları tünel güzergahı boyunca deformasyon gözlemlerinden anlıyoruz- ilerleme hızının yüksek olması ve tünellerin 2 yıl gibi kısa bir sürede tamamlanabilmesini sağlamıştır.

270 m'lik K1 ve 1825 m'lik K2 tünellerinin inşasına başlanmadan önce yapılan kaya mekaniği testleri ve kaya sınıfı belirleme çalışmaları sayesinde Karşıya Tünelleri inşasında deformasyona bağlı sorunlarla karşılaşmamıştır. Deformasyonlar projede öngörülen 0-10 cm aralığında kalmıştır. İşletmede, etüd safhasında yapılan, 115.2 kg/cm<sup>2</sup>-552.0 kg/cm<sup>2</sup> aralığında bulunan tek eksenli basma deneyi sonuçları, Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nde laboratuvar çalışmalarında yapılan testlerde bulunan sonuçlarla (271.66 kg/cm<sup>2</sup>-490.84 kg/cm<sup>2</sup>) benzerlikler göstermiştir. Yeni Avusturya Yöntemine göre yapılan kaya sınıf belirleme ve bu sınıflara uygun kazı çalışmalarında, işletme tarafından önceden yapılan etüdümlerle belirlenen 4-5-6 ve portal sınıfları, uygulamada 4-5 ve portal olarak uygulanmış ve maliyetlerin azaltılması mümkün olmuştur. Bu da, tünel inşalarında yapılan etüdümler her ne kadar sağlıklı olursa olsun, Yeni Avusturya Yöntemi'nin dinamik bir yapı gösterdiğini kanıtlamaktadır. Bu dinamik yapı doğrultusunda, çalışma esnasında iş sahibi, yüklenici ve kontrol arasındaki uyumlu çalışma ve alınan ortak sorumlulukla beraber değişebildiğini göstermiştir. Aynı

zamanda Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'nin ölçme ve birebir takiple değişken, hareketli bir tahkimat ve kazı sistemine sahip olduğunun bir kanıtı olmuştur. Uygulanan kaya sınıfı sistemleri ve bu sistemler için belirlenmiş kazı ve tahkimat sistemi başarılı olmuştur.

İş kalemlerinin, üçlü vardiya düzeni ile zaman kaybedilmeden birbirini takip etmesi periyodu 10 saate düşürdüğü gibi, günlük ilerleme 8 m'yi bulabilmiştir. İş zaman etüdlerinde de gözlediğimiz gibi kaya yapısının zorlukları dışındaki gereksiz zaman harcamalarının az olması, iş verimini genel olarak yüksek düzeyde tutmuştur.

Tüneller için farklı formasyonlarda ve ilerleme boylarında yapılan iş zaman analizlerinde, 2sa:15dk:10sn-5sa:52dk:10sn, %17-33 (toplam zamana göre) zaman aralığı ile, jumbo ile ayna, bulon ve süren delgileri en fazla zamanı almış, ikinci sırada 1sa:30dk:00sn-2sa:55dk:50sn, %9-19 zaman aralığı ile, etüd, iksa montajı ve kaynağı almıştır. Bundan sonra sırasıyla, püskürtme beton, sıkılama ve atım, pasa nakli toplam iş zamanı içinde en çok yeri alan birimler olarak tespit edilmişlerdir. Jumbo ile yapılan delgilerin süresinin uzun olması birkaç sebebe dayanmaktadır. Zeminin durumu, makinanın durumu ve operatörlerin durumu. İlk iki sebebe müdahale ederek zaman azaltma pek kolay olmamaktadır. Ancak jumbo operatörlerinin verimli bir şekilde makinayı kullanmalarının sağlanması ve bom sayısı kadar jumbo operatörü ile çalışılması süre kısaltılması bakımından daha çok şans vermektedir. Formasyonlara göre yapılan zaman etüdlere bakıldığında çok altere andezit, altere andezit ve bloklu altere andezit yüzdesinin fazla olduğu aynalarda zemine bağlı olarak delme sürelerinde ve genel olarak periyot çevrim sürelerinde gözle görülür bir artış görülmüştür. K2SB 600+803.60 da %80 çok altere andezitli aynada 14sa:59dk:44sn, K2SB 600+048.20 %90 altere andezit aynada 15sa:38dk:20sn ve son olarak %85 bloklu altere andezit aynada 16sa:32dk:25sn lik periyot çevrim süreleri gözlenmiştir. İş zaman etüdlere bir aylık ortalamalar alınarak bakıldığında kaya sınıfı 4'te 1.5 m'lik ilerleme için 11 saat 40 dakika, 2.0 m'lik ilerleme için 15 saat 29 dakikalık periyot süreleri bulunmuştur.

Diğer yandan zaman kayıplarının bir aylık ortalamalarına baktığımızda 45-435 dakika/ay insan kaynaklı zaman kaybı süresi, 605-625 dakika/ay makina kaynaklı zaman kaybı süresi tespit edilmiştir. 435 dakikalık insan kaynaklı zaman kaybı süresi, doğru yönetim uygun planlama ve organizasyonla azaltılabilir olarak görülmektedir. O halde Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi'nin zaten gerekliliklerinden olan, dinamik ve değişken çalışma biçimi teknik kadro tarafından iyi özümşenip alt kadrolara iletilmelidir.

İşletme sahasında kazı etüdü ile ilgili çalışmalar esnasında, işletmenin ilgili sınıfları için belirli bir patlatma düzeni olmadığı belirlenmiş ve her sınıf için üst yarı, alt yarı ve rampa patlatma düzenleri saptanarak kullanılması gereken patlayıcı madde miktarları deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Yapılan denemelerden kaya sınıfı 4'te üst yarı için, şekil 4.14 teki patlatma düzeni, 170 kg patlayıcı, alt yarı için şekil 4.16'daki patlatma düzeni, 40.18 kg patlayıcı, 4-5-P sınıfları rampa patlatmaları için şekil 4.15'teki patlatma düzeni ve 239 kg patlayıcı ve kaya sınıfı 5 üst yarı için şekil 4.17 deki düzen, 132.25 kg patlayıcı, alt yarı için şekil 4.18 deki düzen 36.18 kg patlayıcı madde kullanımının en uygun olacağı tespit edilmiştir. Tüm sınıflar için patlatma düzeninde V tipi orta çekme (60°) kullanılmıştır. Ancak şu da bilinmelidir ki, yakın mesafeli patlatmalarda bile, aynı düzen ve patlayıcı madde kullanımında aynı verim alınamayabilmektedir. Bununla birlikte, ilk zamanlarda patlatma düzeninin bulunmayışı, delik delme sürelerinin uzunluğu, gereksiz veya yetersiz delik düzeni ile patlatma yapılması patlayıcı madde sarfiyatının artması, sorunları ortaya çıkarmıştır. Belirlenen düzen ile birlikte kazı işlemlerindeki verimin arttığı gözlenmiştir. Ancak, kaya sınıflarının aynı olduğu yerlerde bile, bu belirlenen patlatma düzenin hareketli olması tercih edilmiş ve dinamik bir yapıya kavuşturulmuştur.

Tüm bunlara ek olarak, Tablo 4.54-4-56 da verilen maliyetlere göre, 1 m'lik ilerleme için kaya sınıfı 4'te 5789 \$, kaya sınıfı 5'te 8366.2 \$ ve portal sınıfta 9004.6 \$'lık birim giderler işletme tarafından hesaplanmıştır. Uygun patlayıcı maddenin uygun düzende patlatılması ve Yeni Avusturya Yöntemi'nin gereği olan uygulamadaki dinamiklik ve

değişkenliğin sağlanmasının yanında, jumboların bom sayısı kadar operatörle daha verimli kullanılmasının bu maliyetleri daha da azaltacağı görüşü ortaya çıkmaktadır. Ancak sözü geçen sorunlara uygulanan çözümlerin maliyetlere yansımaları çalışma süresi boyunca veri olarak elde edilemediğinden, alınan önlemlerden sonraki maliyetler ve önceki maliyetler arasındaki farkların hesaplanması mümkün olmamıştır.



## KAYNAKLAR

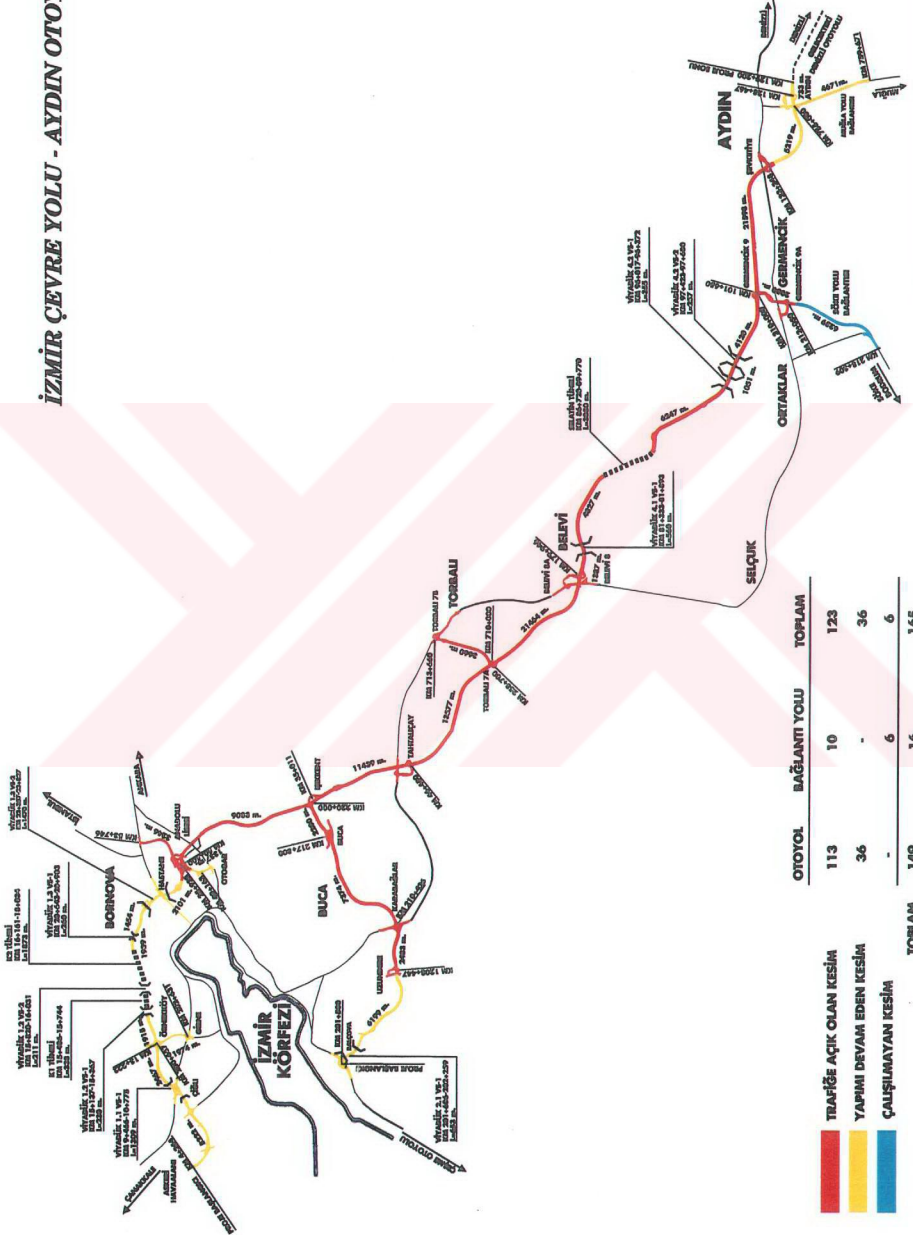
- Apaydın, N. (1999, Haziran 15). (Kişisel Görüşme)
- Bieniawski, Z.T. (1989). Engineering Rock Mass Classifications. A Wiley-Interscience Publication, United States of America
- Caterpillar. (1987). Caterpillar Performance Handbook (18. baskı). Illinois, U.S.A.
- GD-Anker MAI Pump (...). MAI-mortar-mixing pump. Millstatt-Austria
- Geoconsult. (1994). NATM Uygulamalı Yeraltı Tünel İşleri Teknik Şartnamesi. Salzburg, Avusturya
- İçöz O, Aslan M.Z., (1998). İş Kalemleri Zaman Analizi İzmir
- Jodl, H. G: (1995). Construction Method NATM New Austrian Tunneling Method Summercourse July 2-July 8 1995, IACES, Bureau of Vienna
- Koça, M.Y., (1995). Slope Stability Assessment of the Abandoned-Andesite Quarries in and Around the Izmir City Centre Dokuz Eylül Üniversitesi, Graduate School of Natural and Applied Sciences, PhD, 397p, İzmir
- Köse, H., & Gürgen S., & Onargan, T. (1992). Tünel ve Kuyu Açma (2.Baskı). İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Basım Ünitesi
- Köse, H., & Kahraman, B. (1993). Kaya Mekaniği (2. Baskı). İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi
- Kutlutaş-Dillingham Ortak Girişimi. (1998). Selatin ve Karşıyaka Tünelleri. İzmir
- Kutlutaş-Dillingham Ortak Girişimi. (1999). Karşıyaka Tünelleri. İzmir
- Mayreder Geoconsult. (1992). Karşıyaka Tünelleri K1, K2 Nihai Jeolojik-Jeoteknik Rapor. İzmir
- Nitrosan Patlayıcı Maddeler Tic. Ve San. A.Ş. (...). Powergel Magnum Patlayıcı Kataloğu.

- Reed Manufacturing Catalog. (...). Shotcrete Concrete Pump Book. Walnut, U.S.A.
- Tamrock. (1986). Handbook of Underground Drilling. Tampere, Finlandiya
- Tanrıver, T. (1999, Nisan 25-26). (Kişisel Görüşme)
- Tarhan, F. (1996). Mühendislik Jeolojisi Prensipleri. Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi
- Turhan, R. (1999, Şubat 20). (Kişisel Görüşme)





# İZMİR ÇEVRE YOLU - AYDIN OTYOLU



	OTOTOL	BAGLANTI YOLU	TOPLAM
<span style="color: red;">█</span> TRAFİĞE AÇIK OLAN KESİM	113	10	123
<span style="color: yellow;">█</span> YAPIMI DEVAM EDEN KESİM	36	-	36
<span style="color: blue;">█</span> ÇALIŞILMAYAN KESİM	-	6	6
<b>TOPLAM</b>	<b>149</b>	<b>16</b>	<b>165</b>