

T.C.  
ULAŖTIRMA  
BAKANLIĐI

# KARAYOLU TÜNELİ UYGULAMA PROJESİ (KESİN PROJE) TEKNİK ŖARTNAMESİ

İsmail ÇAĞLAR  
Genel Müdür a.  
Etüt,Proje ve Çevre Dair: BŖk



Karayolları  
Genel  
Müdürlüğü

(Teknik AraŖtırma Dairesi tarafından hazırlanmıştır.)

2010 - ANKARA

KARAYOLU TÜNELİ  
UYGULAMA PROJESİ  
(KESİN PROJE)  
TEKNİK ŞARTNAMESİ

İsmail ÇAĞLAR  
Genel Müdür a.  
Etüt, Proje ve Çevre Dai.-Bşk.



Handwritten initials in blue ink: 'D', 'H', and 'Hk'.

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

(Teknik Araştırma Dairesi tarafından hazırlanmıştır.)

2010 - ANKARA



BE d 12

## KARAYOLU TÜNELİ UYGULAMA PROJESİ TEKNİK ŞARTNAMESİ

1-GİRİŞ.....	1
2-KARAYOLU TÜNELİ GEOMETRİSİ.....	1
2.1-KARAYOLU TÜNELİ ENKESİTİ.....	1
2.2-KARAYOLU TÜNELİ BOYUNA PROFİLİ.....	2
2.3-KARAYOLU TÜNELİ YATAY GEOMETRİSİ.....	2
2.4-KARAYOLU TÜNELİ TÜPLERİ ARASINDA YATAY GEÇİŞLER VE SİĞİNMA CEBİ ARALIKLARI .....	2
3-UYGULAMA PROJESİ.....	3
3.1- JEOLOJİK-JEOTEKNİK ARAŞTIRMA ÇALIŞMALARI.....	3
3.2-TÜNEL KAZI DESTEK TİP PROJELERİNİN OLUŞTURULMASI.....	5
3.3-KARAYOLU PORTAL KESİMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİ.....	8
3.4-DRENAJ VE SU YALITIMININ PROJELENDİRİLMESİ.....	10
3.5-HAVALANDIRMA PROJELERİNİN HAZIRLANMASI.....	10
3.6- AYDINLATMA PROJELERİNİN HAZIRLANMASI.....	11
3.7- HABERLEŞME, SİNYALİZASYON VE TRAFİK İŞARETLEMESİ, YANGIN SÖNDÜRME, ENERJİ VE GÜÇ TEMİNİ PROJELERİNİN HAZIRLANMASI..	12
EK1 TİP KESİTLER.....	13
EK2 ÖNORM B2203.....	20
EK3 PAFTA LİSTELERİ.....	24





42 d 27

# KARAYOLU TÜNELİ UYGULAMA PROJESİ TEKNİK ŞARTNAMESİ

## 1-GİRİŞ

Bu şartname. Ön Projede önerilen ve İDARE'ce onaylanan karayolu tüneli için hazırlanacak uygulama projesi ile ilgili yapılacak proje çalışmalarını ve uyulması gerekli projelendirme kriterlerini kapsamaktadır.

## 2-KARAYOLU TÜNELİ GEOMETRİSİ

Karayolu tünelleri, üzerinde yer aldığı yolun geometrisiyle uyumlu olacak ve bölünmüş yol olması durumunda iki taşıt yolu için ayrı iki tüpte iki şeritli olacak şekilde projelendirilecektir.

### 2.1-KARAYOLU TÜNELİ ENKESİTİ

Karayolu tüneli tip enkesitinin geometrisi trafik yoğunluğu, havalandırma, sığınma cebi gereksinimi ve trafik şeridi sayısına bağlı olarak belirlenmelidir.

Karayolu tüneline trafik alanı içerisindeki yatay ve düşey açıklık iki trafik şeridi için 5.00mx8.00m olmalıdır. 5.00m trafik alanı içerisindeki minimum düşey gabari olup. 8.00m yatay gabari ise 2x3.50m trafik seridi ve 2x0.5m banket genişliğinin toplamından oluşmaktadır.

Trafik alanı dışında yaya kaldırımını için 2x1.10m alınmalıdır. Yangın söndürme . elektrik kabloları, haberleşme için yaya kaldırımının bulunduğu alan düşünülmelidir. Havalandırma gereksinimlerini karşılanması ve yaya geçişlerinin önemli olması durumlarında yaya kaldırımını 2x1.35m olabilecektir.

Karayolu tüneline havalandırma sisteminin ve çift yönlü trafik olması durumunda gereken sığınma cebinin tünel enkesit geometrisine getireceği değişiklikler trafik alanı boyutlarını azaltmayacaktır. Ek1, Şekil1 ve 2'de tünel tip kesitleri (taban kemerli, taban kemersiz ) verilmektedir.



## 2.2-KARAYOLU TÜNELİ BOYUNA PROFİLİ

Karayolu tüneli boyuna eğimi, bölünmüş yol olması durumunda tek yönlü trafiğe hizmet eden her bir tüp için maksimum %3 olmalıdır. Tünellerde, havalandırma, jeolojik koşullar ve trafik hacmine bağlı olarak boyuna eğimde yapılacak değişiklikler için İDARE'nin onayı alınmalıdır.

Zorunlu koşullarda yapılacak içbükey kurplar için düşey karp yarıçapı 8000 m . dışbükey kurplar için 15000 m'den az olmamalıdır.

## 2.3- KARAYOLU TÜNELİ YATAY GEOMETRİSİ

Tünel boyunca yatay karp yarıçapı minimum 1000m olmalıdır. Karayolu tünel tüpleri arasındaki yatay mesafe Ek1-Şekil 6'da gösterildiği gibi tercihen 1.5D olmalı, ancak her bir tünel tüpünün kazısı sırasında oluşan deformasyonlardan önemli mertebelerde etkilenmeyecek şekilde, kaya koşullarına bağlı olarak teknik ve ekonomik optimizasyon yapılarak belirlenmelidir. Sehirçi gibi kamulaştırma problemi olan yerlerde bu mesafe kaya/zemin koşullarının iyileştirilmesi ve desteklenmesi şartı ile azaltılabilir.

## 2.4- KARAYOLU TÜNELİ TÜPLERİ ARASINDA YATAY GEÇİŞLER VE SİĞİNMA CEBİ ARALIKLARI

Karayolu tüneline tünel uzunluğunun 700 metreyi aşması durumunda 600 metrede bir tane olmak üzere trafik yönüne göre sağ tarafda sığınma cebi yapılacaktır.Karayolu tünelinin çift tüp (tek yönlü trafik) olması durumunda sığınma cebi için İDARE onayı gerekli olup sadece yaya ve araç geçişleri sözkonusu olacaktır. Şekil 7'de sığınma cebi boyutları verilmektedir.

Tünel boyunun 500 m'yi aştığı durumlarda, her 250 m'de bir adet yaya geçişi tesis edilecektir. Tünel boyunun 1000 m'yi aştığı durumlarda İDARE onayı alınarak her 1000 m'de bir adet enine acil araç geçişi tesis edilir.Tünel girişlerinde uygun geometrik standartlarda orta refüj acil geçişi projelendirilmelidir.



### 3-UYGULAMA PROJESİ

Kesinleşmiş Karayolu Tüneli güzergahı boyunca 1/1000 ölçekli şeritvari harita . ana tünel, yaklaşım tünelleri ve havalandırma bacaları girişlerinde ise 1/500 ölçekli plankoteler alınacaktır.

Bağlantı yolları ile birlikte projesi yapılacak tünelin aplikasyonu yapılmalıdır. Tünel üstünde aplikasyon işlemi en fazla 200m tünel üstü örtü kalınlığı olan yere kadar yapılmalıdır. Ancak tünelin her iki tarafındaki aplikasyon işlemi birbirine bağlanmalıdır. Tünel boyunca 200 m'den daha az örtü kalınlığı olan bölgelerde mutlaka aplikasyon yapılmalı ve profil çıkarılmalıdır.

Profilin yanısıra tünelin giriş ve çıkışından başlamak üzere yan ve alın şevlerinin projelendirilmesine esas olacak en az 4 adet olmak üzere yeteri kadar enkesit (10 m'de bir ) ve tünel eksenini üzerinde heyelanlı, düşük örtü kalınlığı , dere v.b. kritik kesimlerde 1/500 ölçekli enkesit alınmalıdır. Tünel uygulama projesinde çalışmalar aşağıda verilen sıralama doğrultusunda yürütülecektir.

#### 3.1- JEOLJİK-JEOTEKNİK ARAŞTIRMA ÇALIŞMALARI

Tünel boyunca, tünel kazısının yapılacağı kaya/zeminin tanımlanması amacıyla tünel ön proje çalışmaları sırasında yapılmış olan jeolojik-jeoteknik araştırma çalışmalarına ilave olarak. İDARE'nin onayı ile ilave düşey/yatay sondaj, jeofizik etüd, pressiyometre deneyi, basınçlı su testleri, laboratuvar deneyleri, yüzey jeolojisi, mühendislik jeolojisi ve özellikle yapısal jeoloji ile hidrojeolojik çalışmalar yapılacaktır. Sondaj derinliği İDARE'nin aksine bir isteği olmadığı sürece karotlu/numuneli olarak kırmızı kotun 10 metre altına kadar devam edecektir. Uygulama projesi için yapılacak araştırma çalışmalarında öncelikli olarak aşağıdaki bölgeler gözönüne alınacaktır.

- i) Portal bölgeleri
- ii) Tünel üzerinde genelde zayıf zemin/kaya koşullarının olduğu sığ örtü kalınlığının bulunduğu kesimler
- iii) Derin kırılma, sık eklem ve ayrışma potansiyeli olan kaya /zemin birimleri
- iv) Su taşıyıcı zonlar, akifer özelliği olan litolojiler

*BE H A*



v) Fay zonları ve özellikleri

vi) Uyumsuzluk yüzeyleri ve şişme potansiyeli olan düzeyler

Uygulama projesi aşamasında yapılacak jeolojik çalışmalarda sağlam ve yapısal jeoloji açısından problemsiz yerlerde tünel ekseninden 250 m sağa, 250 m sola gelecek şekilde 1/1000'lik jeoloji haritasının çıkarılması ve mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapılması gereklidir. Ancak jeolojik ve tektonik açıdan sorunlu yerler için etüt alanı tünel ekseninin sağına ve soluna doğru İDARE'nin onayı ile artırılabilir.

i) 1/1000 ölçekli tünel jeoloji haritası, jeolojik enkesit ve jeolojik profilde araştırma çalışmalarının (araştırma çukuru, sondaj v.b.) yerleri, yapısal ve tektonik oluşumlar, heyelanlı, faylı kesimler ve diğer sorunlu görülen alanlar koordinatları ile birlikte gösterilmelidir.

ii) Yapısal jeolojik etüt teknikleri kullanılarak sistematik eklem sistemleri, hakim sistemlerin eğim yönleri/eğim miktarları tespit edilip, tünel kazısında yapılacak bulonlamanın yönünün belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

iii) Uygulama projesinde tünelin geçeceği kaya/zemin ortamları, jeolojik formasyonlar ve farklı litolojilerin kesin dokanakları belirlenmeli ve bu amaçla kaya/zeminin mühendislik davranışını etkileyen süreksizlik düzlemleri (çatlak, eklem, uyumsuzluk v.b.), ayrışma-bozuşma zonları ve dereceleri, dayanımları, fay, kıvrım ve bunların konumu ile tünel kazısı üzerindeki etkileri belirtilmelidir.

iv) Jeolojik formasyonların hidrojeolojik nitelikleri, YAS'ın statik ve dinamik seviyeleri belirlenmeli, tünele taşınabilecek su miktarı tahmin edilmelidir.

v) Her farklı litoloji için mineralojik/petrografik analiz çalışmaları yapılarak birimler tanımlanmalıdır.

Tünel için yukarıda belirtilen jeolojik verilere göre jeolojik modelleme yapılmalıdır. Jeolojik modelleme enkesitler ve boyuna kesit üzerinde elde edilen bu verilerin değerlendirilip işlenerek tünel projesine veri hazırlamak için yapılan modellerdir. Jeolojik modelleme tünel üzerindeki örtü yükü dahil tüm jeolojik bilgileri kapsamalıdır. Homojen



Handwritten signature in blue ink, possibly reading 'B2' followed by a stylized name or initials.

alanlar belirtilmelidir. Homojen alanlar tünelin kestiği jeolojik birimlere göre değil yapısal unsurların (eklem,çatlak,su,stabilite ve kaya/zeminin tünel kazısı sırasındaki davranışı ) durumuna ve bu unsurların tünel kazı ve destekleme sistemine etki edecek yönlerine göre yapılmalıdır.

Bu çalışmalar Zemin İşleri Teknik Şartnamesinde belirtildiği şekilde yürütülecektir.Yapılan jeolojik çalışmaların sonucuna göre, 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası, profili ve tünel üzerinde yukarıda belirtilen hususlar gözönüne alınarak kritik görülen kesimlerde ayrıca daha büyük ölçekli jeolojik enkesitler hazırlanacaktır.

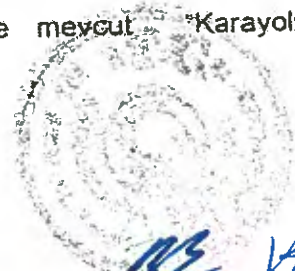
Mühendislik jeolojisi çalışmaları diğer jeoteknik araştırma çalışmaları ( laboratuvar deneyleri, pressiometre, SPT, permeabilite, v.b. deneyler) ile birlikte yorumlanarak tünel eksenini boyunca kazı sırasında karşılaşılabilecek kaya/zeminin mekanik davranışını, stabilitesini, belirlemeye yönelik jeoteknik model oluşturulmalıdır. Tünel kazısı sırasında beklenen kırılma, aşırı sökülme, ani veya yavaş deformasyonlarla ve su basınçları ile ilgili olarak kazı ve destekleme projesini yönlendirici öneriler, modellemeler yapılacaktır. Bu aşamada nümerik ve analitik hesaplamalarda kullanılmak üzere tünel kazısı yapılacak kaya/zemin ortamına ait jeoteknik parametreler (c,Ø.E.v.γ,k) oluşturulacaktır.

Mevcut uluslararası tünelcilikte kabul edilen amprik kaya sınıflandırma yöntemlerinden de yararlanılarak, Avusturya standardı ÖNORM B 2203 'e (EK2) göre tünel kazısının yapılacağı kaya/zemin koşulları sınıflandırılacaktır. Tünel boyunca herbir kaya sınıfı yüzdeleri tahmin edilerek jeoteknik profil üzerine işlenecektir.

Jeoteknik değerlendirmeler sonucu yukarıda belirtilen hususlar jeolojik kesitin jeoteknik profile dönüştürülmesi sırasında profil üzerinde farklı kaya sınıflarına bağlı olarak işlenecektir. Mühendislik jeolojisi ve jeoteknik çalışmalar kullanılan verilerle birlikte rapor halinde verilecektir.

### 3.2-TÜNEL KAZI DESTEK TİP PROJELERİNİN OLUŞTURULMASI

Karayolu tünelleri Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemine göre inşaa edilecek olup projelendirmede bu yöntemin temel prensipleri gözönüne alınacaktır.Tünelin kazı ve destekleme projelerinin hazırlanması Yapım Dairesinde mevcut Karayolu NATM



Uygulamalı Yeraltı Tünel İşleri Şatnamesi 'ne göre yapılacaktır. Kaya sınıflarına bağılı olarak kazı sisteminin ve birincil destekleme elemanlarının (püskürtme beton , çelik hasır , çelik iksa, süren, bulon v.b.) ve ikincil destekleme elemanlarının ( kaplama betonu ) boyutlandırılması ve diğler ikincil işlerle ( su yalıtımı, drenaj v.b.) ilgili olarak yapım şartnamesinde konulan malzeme dayanım kriterleri ve diğler malzeme kalitesiyle ilgili kriterlere uyulacaktır.

Tünel projelerinin tünel kazı ve destekleme sisteminin yerinde nasıl uygulanacağını (kazının aşamalandırılması, birincil destekleme elemanlarının doğru ve zamanında yerine konulması , birbirini izleyen kazı ve ilerleme adımlarının belirtilmesi, zayıf kaya/zemin ortamlarında desteklenmiş kazı halkasının kapatılma mesafesi v.b.) göstermesi ve kazı sırasında yapılacak geoteknik ölçüm ve araştırma çalışmalarıyla kaya sınıflarına bağılı olarak hangi tip kazı destekleme sistemi ve teknik işlerin yapılacağını yönlendirmesi bakımından yapım şartnamesine projelendirme sırasında uyulması zorunludur.

Karayolu tüneli boyunca tünel yapımı sırasında karşılaşılabacak kaya/zeminin tünelin kazı ve desteklemesine yönelik olarak sınıflandırılması ve kazı/destek tip projelerinin hazırlanmasında aşağıdaki sıra izlenecektir.

1) Jeolojik-jeoteknik raporda farklı kaya sınıflarına göre tanımlanmış kaya/zeminin dayanım ve fiziki parametrelerini, kullanılacak destek tiplerini (püskürtme beton, çelik iksa, bulon v.b.), malzeme parametrelerini, kazı geometrisi ve kazıdan etkilenecek kazı çevresi, örtü yükü gibi temel bilgileri esas alan her bir kaya sınıfı için ayrı hesaplama modeli oluşturulacaktır.

2) Tünel desteklerinin ve kazı aşamalarının projelendirilmesi nümerik ( Finite Elements, Finite Difference, Boundary Elements)( sonlu elemanlar, sonlu farklar, sınır elemanlar) ve analitik hesaplamalarla (Hoek and Brown) kesinlik kazanacaktır. Bu hesaplamalarda tünel yapımı sırasında kaya sınıfına bağılı olarak gerektiğinde desteksiz , destekli kazı aşamaları , tünelin geometrisi ve farklı malzeme kompozisyonları (bulon, püskürtme betonu v.b.) modellenmelidir. Hesaplamalarda aşağıdaki koşullar gözönünde bulundurulmalıdır.



i) Kazı sonu hali (kazı sonrası desteklenmeden önceki durum veya aşamalı kazı durumunda, bir önceki aşamada kazının yapılmış ve desteklenmiş durumu gözönüne alınarak her kazı aşaması için )

ii) Birincil destekleme sonu hali ( Tünel kesiti boyunca tüm desteklerin yapıldığı son durum için)

iii) Kazı destekleme aşamaları ile birlikte iki tünel tüpü için yürütülecek kazı ve desteklemenin etkileşimi gözönünde bulundurulacaktır. Tünel tüplerinde sürdürülecek kazının aynı düzlemde ve boyuna yönde birbiriyle olan etkileşimi hesaplamalarda incelenmelidir.

iv) İnşaat sonu hali ( Kaplama-betonunun yapıldığı ve varsa yeraltı suyunun etkisinin gözönüne alındığı son durum)

v) Kaplama betonunun projelendirilmesinde yapım şartnamesinde belirtilen beton dayanımı gözönüne alınarak kalınlık belirlenmelidir. Kaplama betonu portal v.b. İDARE'ce uygun görülen kritik kesimler haricinde donatısız projelendirilecektir. Ayrıca kaplama betonu arkasındaki kontak enjeksiyonu basıncı ve yapım sırasında kalıbın alınması için gerekli minimum dayanım hesaplanmalıdır.

vi) Bu hesaplamalar yapılırken gerekli hesap kriterleri, hesaplamalar ve çizimler için bilgisayar programları kullanılıyor ise kullanılan programlarının tanıtımı, girdi ve çıktıları ile ara sonuç değerleri verilmelidir.

3) Hesaplamalar sonucu ortaya çıkan kazı ve destekleme sistemine (bulon paterni, uzunluğu, püskürtme beton kalınlığı v.b ) göre tip destekleme projeleri ile tip kazı ve destekleme sırasını gösteren projeler hazırlanacaktır.

4) İki tüp arasındaki yaya ve araç geçişlerinin bulunduğu kesimlerle ilgili olarak yukarıda belirtilen hesaplamalar yapılacak ve kaya/zemin koşullarının uygun bulunduğu kesimlerin seçilmesine dikkat edilecektir. Bu tür geçişler için tip destekleme ve kazı projeleri verilecektir.

5) Tünellerde su taşıyıcı zemin/kaya tabakalarıyla karşılaşılması beklenen kesimler için



özel kazı ve destekleme projeleri hazırlanmalıdır.

6)Tünelde yapım çalışmalarında kullanılacak kazı yöntemi ve ekipmanı her kaya sınıfı için belirlenecektir. Yine patlatmalı kazı önerilen kaya sınıfları için patlatma paterni projelendirilecektir.

7)Yapım sırasında projelendirmede gözönüne alınan deformasyon, oturmalar, gerilme artışlarının kontrol edilebilmesi için geoteknik ölçüm programı ve tipik ölçüm kesitleri proje aşamasında hazırlanacaktır. Tipik ölçüm kesitleri, kaya sınıflarına bağlı olarak gereken sayıda ve noktada ölçüm işlemlerini belirtecek gerekli detaylar verilecektir. Herbir kaya sınıfı için yapılan kazı ve destekleme projesi sonucunda belirlenen deformasyon miktarları, yapım ve kaçınılmaz kazı toleransları tünel kazı geometrilerindeki değişiklikleri içerecek şekilde tablo halinde ayrı bir paftada gösterilecektir.

Verilmesi gerekli projelerle ilgili paftaların listesi EK 3'de verilmiştir. Listede olmayan ve İDARE'ce uygun görülen tüm proje ve detaylar ayrıca verilmelidir.

### 3.3-KARAYOLU PORTAL KESİMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİ

Karayolu tünellerinin portal kesimlerinin projelendirilmesi alın ve yan portal şevlerinin tasarımı ve tünellerin düşük örtü kalınlığı altında yer alan portal kazı bölümlerinde tünel kazısına emniyetli bir şekilde başlamak için uygun kazı koşullarının yaratılması ile ilgili tasarım çalışmalarını kapsayacaktır. Aşağıda sırasıyla verilen çalışmalar yapılacak ve raporlar hazırlanacaktır.

1) Tünelin sağ ve sol taşıt yolunu içine alan portal bölümlerinde, uygulama projesinden önce yapılmış jeolojik ve jeoteknik araştırma çalışmalarına ilave olarak uygulama aşamasında İDARE'ce uygun görülen araştırma çalışmaları yapılacaktır. Bu çalışmaların ana hedefi portal şevlerinin stabilite analizleri ve tasarımı için gerekli mühendislik parametrelerinin elde edilmesi , şev tasarımı ve gerektiğinde uygun şev destek tasarımının yapılabilmesidir.

Bu amaçla her iki portal kesimi veya her tüp için ayrı ayrı jeolojik-jeoteknik rapor hazırlanacaktır. Yapılan tüm portal araştırma çalışmalarını gösteren plan ve veri paketi





verilecektir. Bu raporlarda alın ve yan şevlerinin jeolojik-jeoteknik yapılarını gösteren plan, profil ve enkesitler yer alacaktır. Raporda yer alan jeolojik ve jeoteknik araştırma çalışmaları değerlendirilecek, şev stabilite hesaplamalarına ilişkin zemin/kaya parametreleri ve diğer öngörüler (kinematik analiz sonuçları v.b.) verilecektir.

2) Portal alın ve yan şevlerinin tasarım hesapları için ayrı raporlar hazırlanacaktır. Bu raporlar şev tasarımında gözönüne alınan tüm verileri (zemin/kaya dayanım parametreleri, şev yüksekliği, yükleme koşulları v.b.) kapsayacaktır. Şevlerin geometrisini belirlemek için yapılacak tüm analizler (düzlemsel, dairesel ve kama tipi kayma v.b. stabilite analizleri) verilecektir. Portal bölümlerinde tünel kazısının başlatılacağı kesimde stabil kaya koşullarının varlığı, stabil kaya kalınlığı, şaşırtmalı giriş koşulları ve alınması gerekli tedbirler özel olarak değerlendirilerek portal şevlerinin tasarımı alternatifli çalışılacaktır. Şevlerin desteklenmesi gerekliliği durumunda destekleme hesapları (püskürtme betonu, ankraj, kazıklı duvar v.b.) detaylı bir şekilde bu raporda yer alacaktır. Şevlerin tasarımı kısa ve uzun dönem statik durum ve sismik durum için yapılacaktır. Güvenlik katsayıları uzun dönem statik durumda pik parametreler için 1.5, rezidüel parametreler için 1.3, kısa dönem stabilitede pik değerler için 1.3, deprem durumunda 1.1 olarak gözönüne alınacaktır.

3) Tünellerin portal kesimlerinde trafik emniyeti için portal yapıları projelendirilecektir. Portal yapılarının tasarımında bu bölgenin genel topoğrafik durumu, şevlerin konumu ve çevresel faktörler (şehir içi, şehir dışı v.b.) gözönüne alınmalıdır. Portal yapılarının statik ve betonarme hesapları ile gerekli çizimler verilecektir.

4) Tünellerin portal bölümlerinde aç-kapa tünel gerekmesi halinde aç-kapa tüneli hesaplamaları ayrı raporda verilecektir. Aç-kapa tüneli hesaplamaları AASHTO'ya göre farklı yük durumları (ölü yük, hareketli yük, deprem yükü ve toprak basınçları) için yapılacaktır.

5) Portal bölümlerinde tünel kazısına başlamak için oluşturulan ilk tünel aynasında alınacak destekleme önlemleri yukarıda belirtilen çalışmaların sonucuna göre tasarlanacaktır. Bu bölümlerde yapım sırasındaki güvenliği sağlamak için geçici koruyucu kemer (kanopi) yapıları projelendirilecektir. Portal kesimlerin projelendirilmesiyle ilgili olarak EK3'de belirtilen paftalar hazırlanacaktır.

6) Bir tüpten çıkan kirli havanın diğer tüp tarafından emilmesini engellemek için tüp



girişleri makul boyda şaşırtmalı yapılmalıdır.

### 3.4-DRENAJ VE SU YALITIMININ PROJELENDİRİLMESİ

Tünelin işletmesi sırasında ve tünel çevresindeki zemin/kayadan gelecek temiz suyun, trafikten oluşacak kirli suyun drenajı ayrı ayrı projelendirilmelidir. Uzun dönemde tünel kaplamasının yeraltı suyu basınçlarına maruz kalması sözkonusu ise bu konuda ilave drenaj sistemi için gerekli hesaplamalar yapılarak geliştirilmelidir.

Ayrık drenaj sistemi için verilecek plan, profil, kesit ve detaylar EK3 'de belirtilmiştir.

Su yalıtımı için detay projeler hazırlanacaktır. Aç-kapa tünelden veya portal yapılarından kazı tüneline geçiş bölgesinde su yalıtımı ve drenaj detayları ayrıca projelendirilecektir.

### 3.5-HAVALANDIRMA PROJELERİNİN HAZIRLANMASI

Otoyol tünellerinde tünel uzunluğu, trafik hacmi, trafik yönü ve hızı, tünelin uzunluğu, eğimi, rakımı ve tünelde tıkanıklık olduğunda birikebilecek trafik yoğunluğu, tünelin şehir içinde veya şehir dışında olması durumu gözönüne alınarak tabii, boyuna, yanal veya yarı yanal havalandırma sistemi projelendirilecektir. Projelendirmeye esas olacak havalandırma hesapları raporu hazırlanacaktır. Bu hesaplamalarda kullanılmak üzere İDARE tarafından sağlanması gerekli bilgiler aşağıda verilmektedir.

1)Maksimum trafik hızı =100 km/saat

2)Tünelde kabul edilebilir CO limitleri

Tünel Tipi	Hafif Trafik (ppm)	Tıkanık Trafik ve Durma (ppm)
Şehir içi		
Sürekli Tıkanıklık	100-150	100-150
Nadir Tıkanıklık	100-150	100-250
Şehirdışı	100-150	100-250

BE A dh



3) Sönüm (extinction) katsayısı (K) limitleri

Tünel Tipi	Trafik Durumu	Pik Trafikte K <sub>lim</sub>
Şehir içi	Yoğun hızlı trafik	0.0050
Şehirdışı	V <sub>max</sub> =100km/saat	0.0050
	V <sub>max</sub> =60-80km/saat	0.0075
	Tıkanık Trafik	0.0090

- K= 0.012 M<sup>-1</sup> olduğunda tünelin trafiğe kapatılacağı düşünülmelidir.

4) NO<sub>2</sub> limitleri: Tüneldeki NO<sub>2</sub> miktarı 25 ppm'i aşmamalıdır.

5) Tünelde boyuna hava akışı maksimum hızı = 10-12 km/saat

Havalandırma ile ilgili tüm hesaplamalar PIARC'a (The Permanent International Association of Road Congresses) uygun olmalıdır.

Havalandırma sisteminin seçiminde karayolu tünellerindeki tek yönlü trafik durumu ve kesit alanı gözönünde bulundurularak aşağıda belirtilen tünel uzunluk kriterleri değerlendirilmelidir. Ancak İDARE onayı ile havalandırma sistemini etkileyen faktörlerle yapılacak karşılaştırmalı fiyat analizlerine göre değişiklik yapılabilecektir.

SİSTEM	TÜNEL UZUNLUĞU	
	ŞEHİR İÇİ	ŞEHİR DIŞI
DOĞAL	<300m	<500m
BOYUNA	<1000m	<3000m
YARI YANAL	<3000m	<5000m
TAM YANAL	>3000m	>5000m

3.6- AYDINLATMA PROJELERİNİN HAZIRLANMASI

Tüneller, havalandırma bacaları, acil geçişlerin aydınlatma projeleri 'International



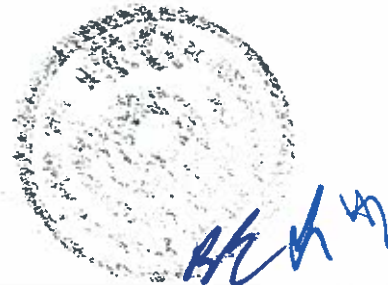
Commission On Illumination'ın aşağıdaki yayınlarına uygun olarak hazırlanmalıdır.

- 1) 'Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses' CIE 88-1990
- 2) Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic' CIE 115-1995

### 3.7- HABERLEŞME, SİNYALİZASYON VE TRAFİK İŞARETLEMESİ, YANGIN SÖNDÜRME , ENERJİ VE GÜÇ TEMİNİ PROJELERİNİN HAZIRLANMASI

Tünelin işletmesi sırasında gerekli enerji ve güç temini hesapları, transformatör merkezleri ve besleme sistemi projeleri hazırlanacaktır.Tünel içi haberleşme sistemi, aydınlatma projesi,yangın söndürme projeleri aşağıda belirtilen tünel uzunlukları için projelendirilecektir.

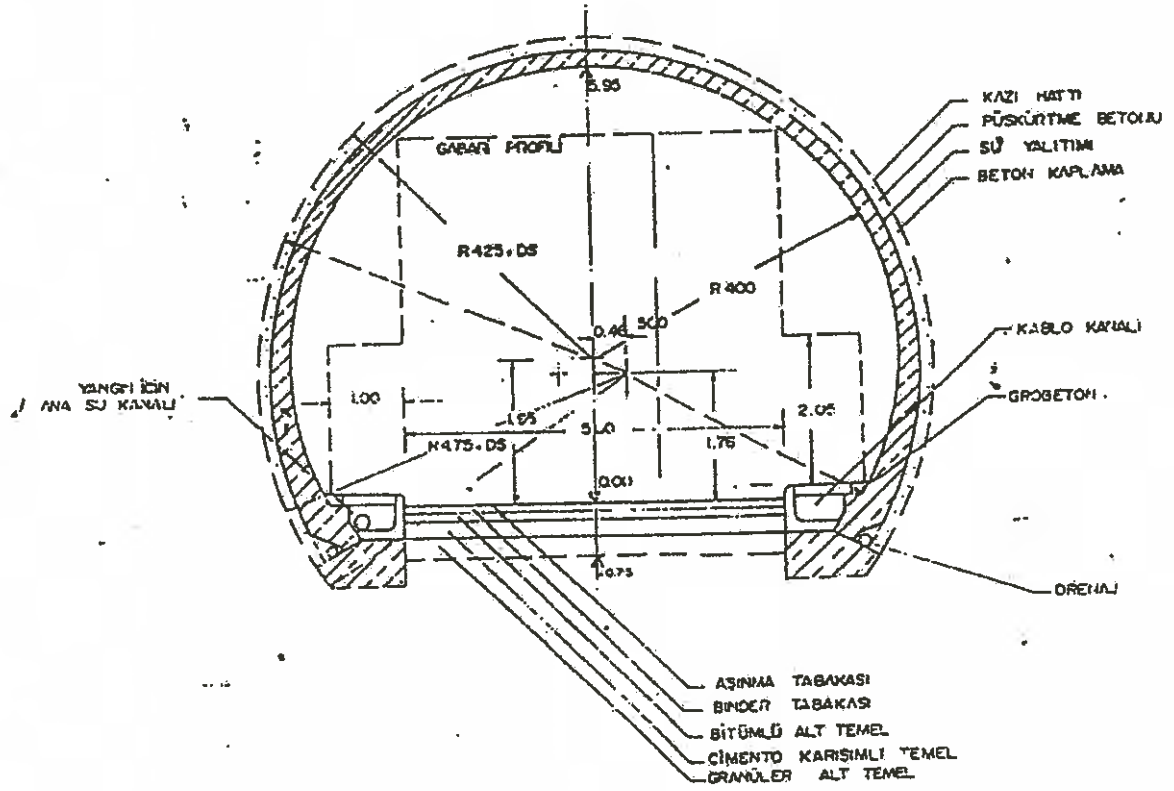
		>1500m	1500-300m	<300m
HABERLEŞME	Alarm Butonu	X	X	X
	Telefon	X	X	
	Kapalı devre TV	X		
	Radyo	X		
YANGIN SÖNDÜRME	Yangın alarmı	X	X	
	Otomatik Yangın Alarmı	X		
	Yangın Söndürücü	X	X	X
	Su kaynağı	X		







EK1.3



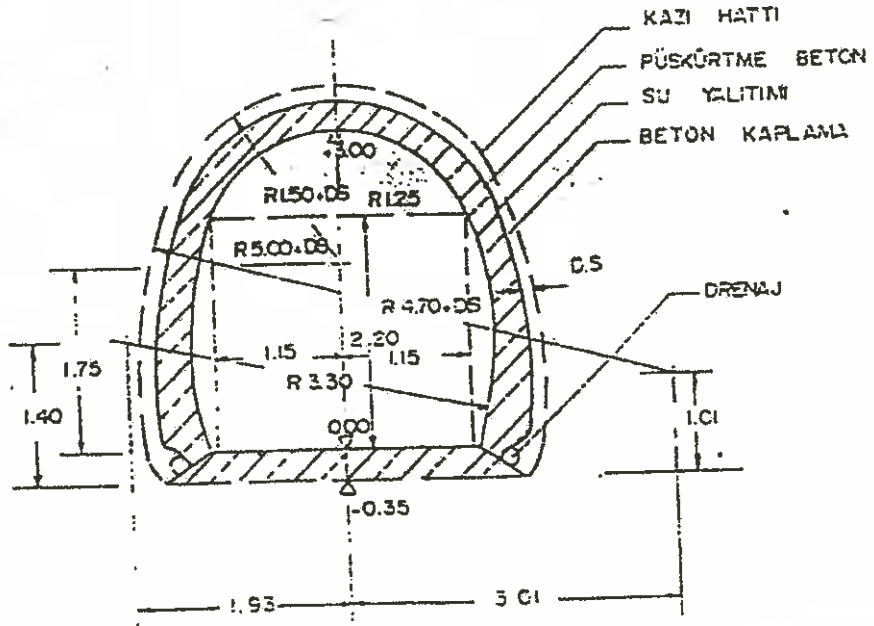
ŞEKİL 3 Taban Kemersiz Araç Geçişi Tip Kesiti







EK1.5



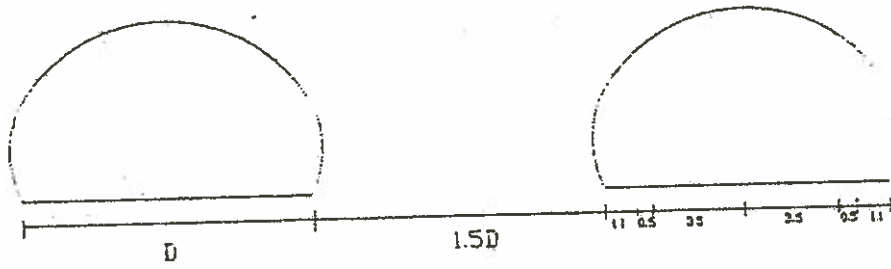
ŞEKİL 5 Yaya Geçişi Tip Kesiti



*Handwritten signature*



EK1.6



ŞEKİL 6 KARAYOLU TÜNELİ TÜPLERİ ARASINDA BIRAKILACAK MİNİMUM MESAFE



*Handwritten signature or initials*

EK1.7



Şekil 1.7 Sığırma Cebi Boyutları



EK2.1 ÖNORM B 2203 KAYA SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

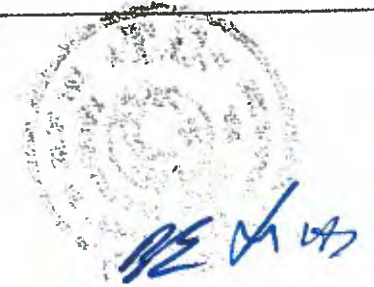
KAYA SINIFI		KAYA DAVRANIŞI
A	A1 stabil	Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Serbest kaya parçaları temizlendikten sonra sökülme olma eğilimi yoktur.
	A2 sonradan az sökülen	Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Tünel tavanında ve yan duvarların üst kısmında , süreksizlikler ve kaya kütlesi zati ağırlığından sığ sökülmelerin olma eğilimi vardır.
B	B1 gevrek	Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Patlatmadan kaynaklanan kayadaki gevşemeler ve kaya kütlesinin düşük mukavemeti tünel tavanında ve yan duvarların üst kısmında sökülmelere neden olur.
	B2 çok gevrek	Deformasyonlar hızla azalır.Kaya kütlesinin düşük mukavemeti, patlatmanın etkisiyle hızla derinlere ulaşan gevşemeler olur. Bu nedenle desteklenmeyen kısımlarda kopmalar meydana gelir.
	B3 taneli	Bölünmüş kazıda bile kaya kütlesinde dökülmeler meydana gelir. Kohezyonun az olması ve az çimentolaşma kazının stabilitesinde yetersizliğe neden olur.
C	C1 dağ atma	Yüksek ön gerilmeler kırılabilir,kaya kütlesinde elastik enerji depolanmasına neden olur.Bu enerjinin aniden yer değiştirmesiyle kayada kesme ve kaya yapısının ezilmesi ile birlikte kırılmalar olur.Desteksiz bırakılan kısımlarda fırlayan kayalar parçalanmaya müsaittir.Kaya kütlesindeki kırılmalar derine ulaşır.
	C2 baskılı	Belirgin, uzun süren ve yavaş son bulan deformasyonlar gözlenir. Plastik davranışlı yüksek kohezyonlu kaya kütlelerinde yenilme gözlenir.
	C3 çok baskılı	İlk deformasyonlar yüksektir ve hızlı oluşur, uzun sürer ve yavaş son bulurlar.Derine inen kırılma ve plastik bölgeler gözlenir.
	C4 akıcı	Çok az kohezyon ve sürtünme, kaya kütlesinin az plastik davranışı kısa süre desteksiz bırakılan bölünmüş kazıda bile tünel içine malzeme akışına sebep olur.
	C5 şişen	Şişme potansiyelli kil minerali, tuz, anhidrit içeren kaya kütlelerinde su alımıyla meydana gelen hacim artışı sebebiyle gevşemeler olur.



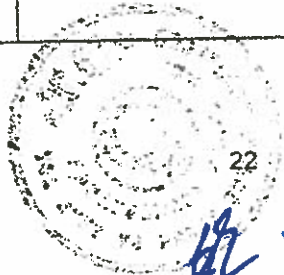
*Handwritten signature in blue ink.*

EK2.2 ÖNORM B 2203 KAZI VE DESTEKLEME

KAYA SINIFI		Konvansiyonel Kazıda Kazı ve Destekleme	Sürekli Kazıda Kazı ve Destekleme
A	A1 stabil	Destekleme elemanına gerek yoktur. Kazı uzunluğu teknik olarak yapılabiliğe bağlıdır.	Destekleme elemanına gerek yoktur. Desteksiz durma süresi 3 haftadan fazladır.
	A2 sonradan az sökülün	Destekleme bölgesel olarak tünel tavanında, yan duvarların üst kısmında dökülmeyi önlemek için gereklidir. Kazı uzunluğu kazı profilindeki aşırı sökülmelere bağlıdır.	Destekleme bölgesel olarak tünel tavanında, yan duvarların üst kısmında dökülmeyi önlemek için gereklidir. Destekleme elemanı yerleşimi bir sonraki adımdaki makineli çalışmayı engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Desteksiz durma süresi 4gün-3 haftadır.
B	B1 gevrek	Sınırlı bölgelerde sistematik destekleme gereklidir. Lokal olarak ön destekleme gerekebilir. Kazı uzunluğu zeminini desteksiz durma süresine, desteksiz açıklığa, destekleme elemanı yerleştirme süresine bağlı olarak ayarlanmalıdır.	B1.1. Bir sonraki aşamadaki kazıyı engellemeyecek şekilde özellikle tavanda, yan duvarların üst kısmında sistematik destekleme gereklidir. Desteksiz durma süresi 2 -4 gündür. B1.2. Tünel tavanı ve yan duvarlarda sistematik destekleme gereklidir. 1. ve 2. raundlarda destekleme yerleştirilmesi kademeli yapılır. Makineli kazı destekleme elemanı yerleştirilmesinden etkilenir. Desteksiz durma süresi 10 saat-2gündür.
	B2 çok gevrek	Tünel tavanı, yan duvarlarda ve çoğunlukla aynada sistematik destekleme gereklidir. Sistematik olarak ön destekleme gereklidir. Kazı tünel kesitine bağlı olarak bölünür. Kazı uzunluğu desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklığa bağlı olarak belirlenmelidir.	B2.1. Aynanın hemen arkasında sistematik destekleme başlamalıdır. Desteklemenin yapılma süresi kazı hızını belirler. Traşlama kademeli yapılır. Desteksiz durma süresi 5 -10 saatir. B2.2. Birinci çalışma bölgesinde tüm kesitte sistematik destek-



		leme ve aynada ön destekleme gereklidir. Desteksiz durma süresi ön destekleme olmadan 2-5 saattir.
	B3 taneli	Bölünmüş kazı ile ilerleyebilmek için kaya kütlelerini iyileştirici, desteksiz durma süresini artıran önlemler alınmalıdır. Tüm kesit çevresinde ve aynada destekleme gereklidir.
C	C1 dağ atma	Destekleme elemanları olarak kısa ama sık yerleştirilmiş kaya bulonları, çelik hasır gereklidir. Ek tedbir olarak kaya kütlelerindeki basıncı azaltıcı delikler açılabilir. Bu yöntemle dağ atmalarında önlenir.
	C2 baskılı	Genelde tünel aynası stabil olduğundan tüm kesit çevresinde sistematik destekleme gereklidir. Destekleme elemanlarının görevi kırımları sınırlamaktır. Tünel aynası büyüklüğü destekleme fonksiyonunu koruyacak şekilde seçilmelidir. Kazı adımı uzunluğu ayna stabilitesine bağlıdır.
		C2.1. Tavanda ve yan duvarların üst kısmında sistematik destekleme gereklidir. 1. ve 2. çalışma bölgesinde destekleme elemanları kademeli olarak yerleştirilir. Makineli kazı destek elemanı yerleştirilmesinden etkilenir. Tünel kazı makinesinin sıkışmasına karşı önlem alınmalıdır. Desteksiz durma süresi 10 saat-2 gündür.  C2.2. Tünel aynasının hemen arkasında sistematik destekleme gereklidir. Destekleme elemanlarının yerleştirilmesi kazı ilerleme hızını belirler. Traşlama sadece aşamalı olarak yapılabilir. Kazı makinesinin sıkışmasının engellemek için önlem alınmalıdır. Desteksiz durma süresi 5-10 saat arasındadır.



Handwritten signature in blue ink.

C3 çok baskılı	Her kazı aşaması için destekleme gereklidir. Bölünmüş kazı büyüklüğü ön desteklemeye bağlı olarak seçilmelidir. Deformasyonların büyüklüğü deformasyon yarıkları veya deforme olabilen iksa kullanımını gerektirir. Kazı adımı uzunluğu deformasyon oluşum hızına ve aynanın duraylılığına bağlıdır.	Tünel aynasında ve kesit çevresinde sistematik destekleme gereklidir. Kazı makinesinin sıkışmasını engellemek için önlem alınmalıdır. Desteksiz durma süresi 2-5 saattir.
C4 akıcı	Önden yapılan desteklemeler veya özel destekleme önlemleri ile tünel aynasının destek etkisi sayesinde sınırlı kazı yapılmasına olanak verilmesi mümkündür.	TBM ile ilerleme sadece özel önlemler alınırsa mümkündür. Desteksiz durma süresi 2 saatten azdır.
C5 kabaran	Destekleme elemanları veya başka önlemler ile şişmelerin zararsız olması sağlanabilir.	TBM ile ilerleme sadece özel önlemler alınırsa mümkündür. Desteksiz durma süresi verilmemiştir.



## EK3.1 PAFTA LİSTESİ

- 1- Genel Notlar
- 2- Semboller
- 3- Kısaltmalar
- 4- Genel Yerleşim Planı (1/1000)
- 5- Jeolojik-Jeoteknik Profil ve Enkesitler (1/1000 ve daha büyük)
- 6- Mühendislik Jeolojisi Haritası (1/1000)
- 7- Tünel Yerleşim Planı (1/1000)
- 8- Koordinatlı Güzergah Planı (1/500)
- 9- Tünel Profili (1/1000)
- 10- Tünel Tip Kesitleri(1/50)
- 11- Araç Geçişi Tip Kesiti (1/50)
- 12- Yaya Geçişi Tip Kesiti (1/50)
- 13- Tünel Drenajı Yerleşim Planı (1/1000/200)
- 14- Tünel Drenajı Detayları (1/20)
- 15- Tünel Yangın Söndürme Sistemleri Yerleşim Planı (1/1000/200)
- 16- Tünel Yangın Söndürme Borusu Detayları (1/20)
- 17- Kablo Kanalı Planı (1/1000/200)
- 18- Kablo Kanalı Detayları (1/10)
- 19- Yaya Kaldırımı Detayları (1/25)
- 20- Su Yalıtımı Detayları (1/25)
- 21- Kazı Geometrisi (1/50)
- 22- Tip Destekleme Projesi (1/100),(1/10)
- 23- Tünel Kazı ve Destekleme Sırası (1/100),(1/10)
- 24- Araç Geçişi Tip Kazı ve Destekleme Projesi (1/100). (1/10)
- 25- Yaya Geçişi Tip Kazı ve Destekleme Projesi (1/100).(1/10)
- 26- Çelik İksa Geometrisi (1/50).(1/100) ve detayları (1/2).(1/5)
- 27- Deformasyon ve Yapım Toleransları
- 28- Jeoteknik Ölçüm Kesitleri





## EK3.2 PORTAL PAFTA LİSTESİ

- 1-İnşaat genel planı (1/1000 )
- 2-İnşaat aşaması boyuna kazı profili (1/500)
- 3-İnşaat aşamasına göre kazı enkesitleri (1/500)
- 4-Şevlerdeki drenaj hendekleri detayları (1/20,1/50)
- 5-Alın şevi şev ve kazı destekleme aşamaları (1/100)
- 6-Alın şevinde yapılan destekleme detayları(1/20-1/50)
- 7-Yan şevler kazı ve destekleme aşamaları(1/200)
- 8-Tünel giriş aynasında kazı ve desteklemeyi gösteren pafta (1/100)
- 9-Tünel girişi kanopî çelik iksa yerleşimi ve detayları (1/50,1/10)
- 10-Portal yapısı planı, enkesit, profil (1/1000/100)
- 11-Kazı tüneli ile portal yapısı bağlantı detayı(su yalıtımı ve kaplama) (1/100-1/50)
- 12-Portal yapısı kalıp planı (1/200)
- 13-Portal yapısı donatı detayları (1/50)

**İsmail ÇAĞLAR**  
Genel Müdür a.  
Elüt,Proje ve Çeşre.Dai. Bşk.



*(Handwritten initials and signature)*



Handwritten signature or initials in blue ink, appearing to read "A. D. 92".