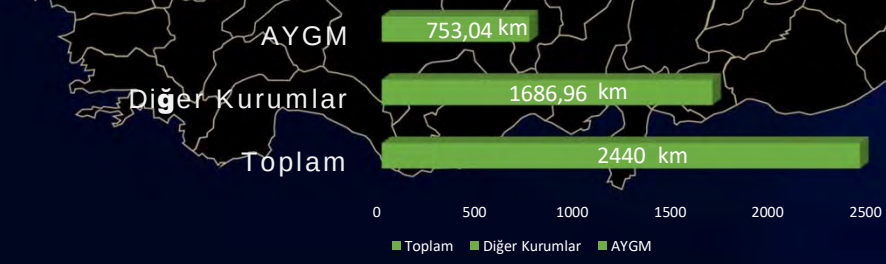

TUNNEL
TURKEY 2026
Uluslа
Tünelc
Sempo
www.tunneltur
12-13 KA
2026
T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
Tünelcilik Sunumu
DR. YALÇIN EYİGÜN
AYGM GENEL MÜDÜRÜ


AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
SUNUM İÇERİĞİ
TUNNEL
TÜNELCİLİK DERNEĞİ
TURKISH TUNNELLING SOCIETY
❖ Türkiye Geneli Toplam Tünel Uzunlukları
❖ AYGM Toplam Tünel Uzunlukları
• Kentiçi Raylı Sistemler Tamamlanan ve Devam Eden Tünel Projeleri
• Demiryolu Devam Eden Tünel Projeleri
❖ Tünellerde Yeni Nesil Çözümler
• İncirli Metro Tüneli
• İstanbul Kadıköy'de Karayolu Altından Geçen Çok Sığ Bir Tünel İçin Özel Bir Metod
• Akıllı Tünel Sistemi
• Tünelde Su Sisi Uygulaması
• Hız Düzenleyici Hareketli Aydınlatma Teknolojisi (PACEMAKER)
• Körfezray Metro TBM Anlık Deformasyon İzleme Sistemleri
• Körfezray Metro TBM Gaz İzleme Sistemleri
❖ AYGM Sanat

TÜRKİYE GENELİ TOPLAM TÜNEL UZUNLUKLARI

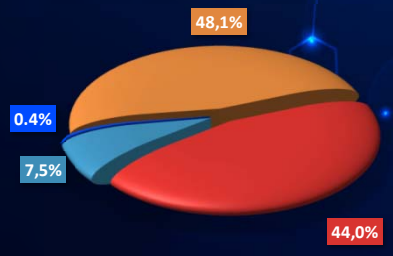
TÜRKİYE GENELİ TOPLAM				AYGM			
YAPIMI DEVAM EDEN		MEVCUT		YAPIMI DEVAM EDEN		MEVCUT	
ADET	UZUNLUK(KM)	ADET	UZUNLUK(KM)	ADET	UZUNLUK(KM)	ADET	UZUNLUK(KM)
329	990,7	1456	1449,3	158	489	25	264
Türkiye Geneli Toplam		2440 km (1785 adet)		AYGM Geneli Toplam		753,04 km (183 Adet)	



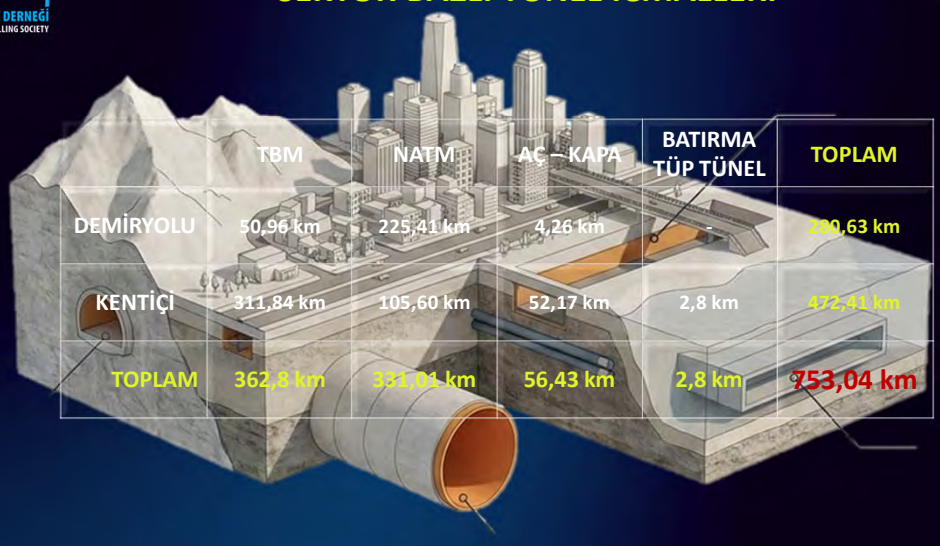
AYGM TOPLAM



TBM	NATM	AÇ-KAPA	BATIRMA TÜP TÜNEL
48,1 %	44,0 %	7,5 %	0,4 %
362,80 km	331,01 km	56,43 km	2,80 km
TOPLAM: 753,04 km			



SEKTÖR BAZLI TÜNEL İCMALLERİ



	TBM	NATM	AÇ – KAPA	BATIRMA TÜP TÜNEL	TOPLAM
DEMİRYOLU	50,96 km	225,41 km	4,26 km	-	280,63 km
KENTİÇİ	311,84 km	105,60 km	52,17 km	2,8 km	472,41 km
TOPLAM	362,8 km	331,01 km	56,43 km	2,8 km	753,04 km

KENTİÇİ TÜNEL İCMALLERİ

SIRA	PROJE ADI	TÜNEL UZUNLUĞU (KM)	TÜRÜ
	Tamamlanan Projeler		
1	İstanbul Tavşantepe-Sabiha Gökçen Havalimanı Metro	15,96	NATM
2	İstanbul Levent-Boğaziçi Üni./Hisarüstü Metro Hattı	5,28	NATM
3	İstanbul Halkalı-Gebze (Marmaray) Banliyö Hattı	27,20	TBM+NATM+AÇ KAPA+BATIRMA
4	İstanbul Havalimanı-Halkalı Hattı	62,01	TBM+NATM
5	İstanbul Gayrettepe-Havalimanı Metro Hattı	75,30	TBM+NATM
6	İstanbul Bakırköy-Kirazlı-Kayaşehir Merkez Metro Hattı	16,48	TBM+NATM
7	İstanbul Başakşehir-Kayaşehir Metro Hattı	10,02	TBM+NATM+AÇ KAPA
8	Ankara Kızılay-Çayyolu Metro Hattı	28,80	TBM+NATM+AÇ KAPA
9	Ankara Batıkent-Sincan OSB Metro Hattı	16,00	TBM+AÇ KAPA
10	Ankara AKM-Gar-Kızılay Metro	6,95	TBM + NATM
	Toplam	264,0	
	Devam Eden Projeler		
11	Kocaeli Gebze-Darıca Metro Hattı	33,91	TBM+NATM+AÇ KAPA
12	Bursa Emek-Şehir Hastanesi Uzatması	7,20	AÇ KAPA
13	İstanbul Çamlıca-Ferah-Bosna Bulvarı Metro Hattı	8,10	NATM
14	Kocaeli Kuzey HRS Hattı	55,80	TBM+NATM
15	İstanbul Yavuztürk-Kazımkarabekir-Ümraniye Spor Köyü Metro Hattı	11,16	NATM
16	Kocaeli Gebze-Çayırova Raylı Sistem hattı	12,60	TBM
17	Trabzon Raylı Sistem Hattı	8,50	TBM+NATM
18	Ankara Esenboğa Metro Hattı	71,1	TBM+NATM
	Toplam	208,4	
	Genel Toplam	472,4	

DEMİRYOLU TÜNEL İCMALLERİ

SIRA	PROJE ADI	TÜNEL ADEDİ	TÜNEL UZUNLUĞU (KM)	TÜRÜ
	Devam Eden Projeler			
1	Ankara - İzmir Yüksek Hızlı Tren Projesi	48	41,76	NATM
2	Bandırma - Bursa- Yenişehir - Osmaneli Hızlı Tren Projesi	25	35,06	NATM
3	Halkalı - Ispartakule Hızlı Tren Projesi	1	12,35	TBM
4	Ispartakule – Çerkezköy Hızlı Tren Projesi Bağlantısı	4	12,57	TBM+NATM
5	Kars – Iğdır - Aralık – Dilucu Demiryolu Bağlantısı	6	12,30	NATM
6	Dörtyol-hassa Otoyol Ve Demiryolu Projesi	3	59,10	TBM+NATM
7	Yerköy- Kayseri Yüksek Hızlı Tren Hattı Projesi	15	20,49	NATM+AÇ KAPA
8	Mersin - Adana- Osmaniye - Gaziantep Hızlı Tren Projesi	12	37,10	NATM
9	Aksaray – Ulukışla - Yenice Yüksek Hızlı Tren Hattı Projesi	28	49,90	NATM+AÇ KAPA
	Toplam	142	280,6	

KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLER
TAMAMLANAN TÜNEL PROJELERİ

MARMARAY



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	76,6 km	Gebze- Ayrılıkçeşmesi	43,4 km
		Ayrılıkçeşmesi-Kazlıçeşme (Boğaz Geçişi)	13,6 km
		Kazlıçeşme-Halkalı	19,6 km
Tasarım Hızı	100 km/saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	1.500.000

Tünel Uzunluğu	TBM	NATM	AÇ KAPA	BATIRMA TÜP TÜNEL
27,2 km	16,8 km	2,8 km	4,8 km	2,8 km



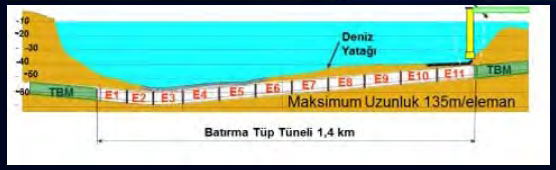
Marmaray
(TBM, Batırma Tüp Tünel)

MARMARAY

DÜNYANIN EN DERİN BATIRMA TÜP TÜNELİ: MARMARAY 29 EKİM 2013'TE HİZMETE AÇILDI.





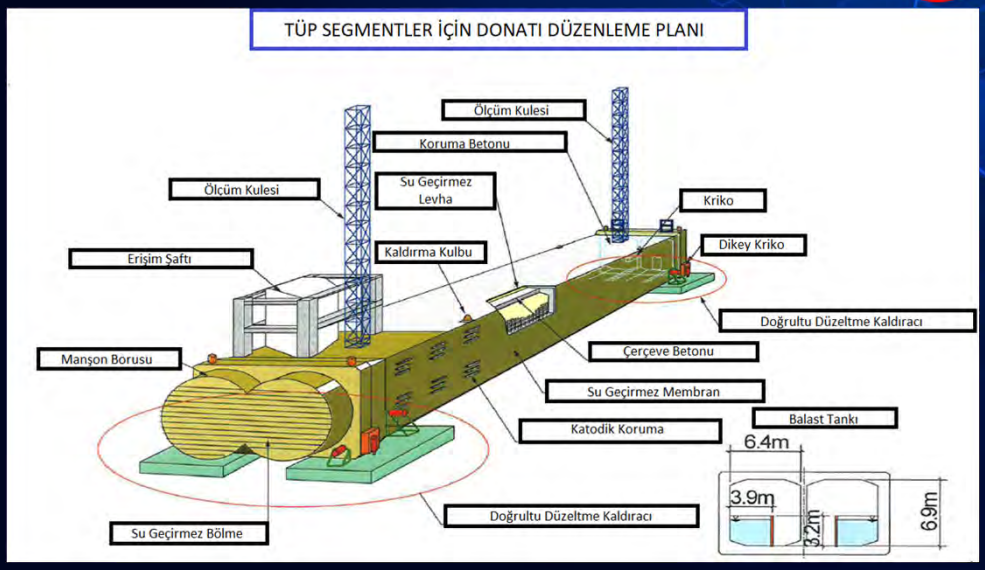


- Toplam 11 adet Batırma Tüp,
  - 8 adet 135 m,
  - 2 adet 98,5 m,
  - 1 adet 110 m'lik betonarme tip segment tüp kullanılmıştır.
- Batırma Tüp ağırlıkları 12 ile 19 bin ton arasında değişmektedir.

AYGM Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü | MARMARAY

TÜNELCİLİK DERNEĞİ TURKISH TUNNELLING SOCIETY

TÜP SEGMENTLER İÇİN DONATI DÜZENLEME PLANI



Tipik Boyutlar: 135 m x 15.3 m x 8.75 m

AYGM Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü | MARMARAY

TÜNELCİLİK DERNEĞİ TURKISH TUNNELLING SOCIETY



Kuru Havuzda İmal Edilen Tüp Elemanları-TUZLA (24.07.2007)



Batırma Tüp Tünel İmalatı (06.07.2006)

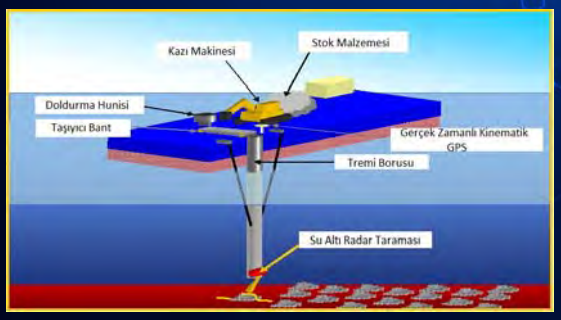


Batırma & Delme Tünel Bağlantısı

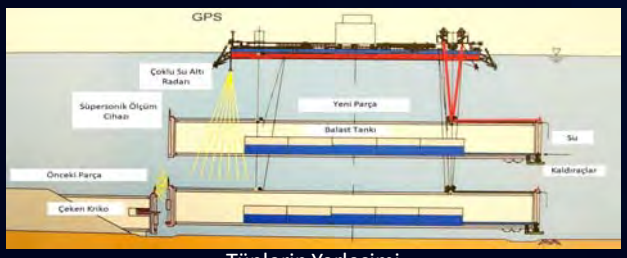


Boğaz Tabanına Yerleştirilen Tüp Tüneller (02.03.2009)

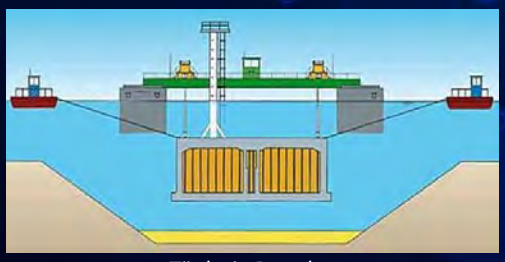
MARMARAY



Tünel Altına Granüler Malzeme Serilmesi



Tüplerin Yerleşimi



Tüplerin Batırılması

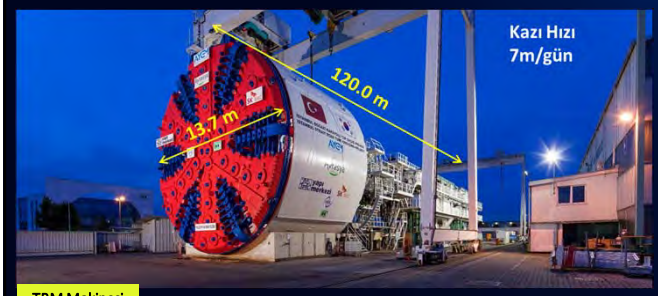
AVRASYA TÜNELİ



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	14,6 km	Boğaz Geçişi	5,4 km



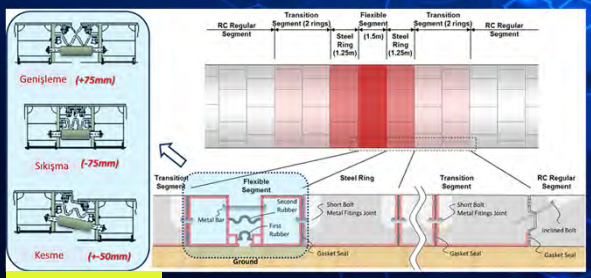
AVRASYA TÜNELİ



TBM Makinesi

Tünel Açma Makinesi - TBM (Tunnel Boring Machine)'in Özellikleri;

- **Üretici:** Herrenknecht (Almanya)
- **Dış Çap:** 13.7m (Dünya'da 6. Sırada)
- **Uzunluk:** 120.0m
- **Ağırlık:** 3.300 ton
- **Kesici Kafa Gücü :** 33,3 kW/m² (Dünya'da 1. Sırada)
- **Tasarım Basıncı:** 13 bar (Sahada gerçekleşen: 10.8 bar ile Dünya'da 2. Sırada)



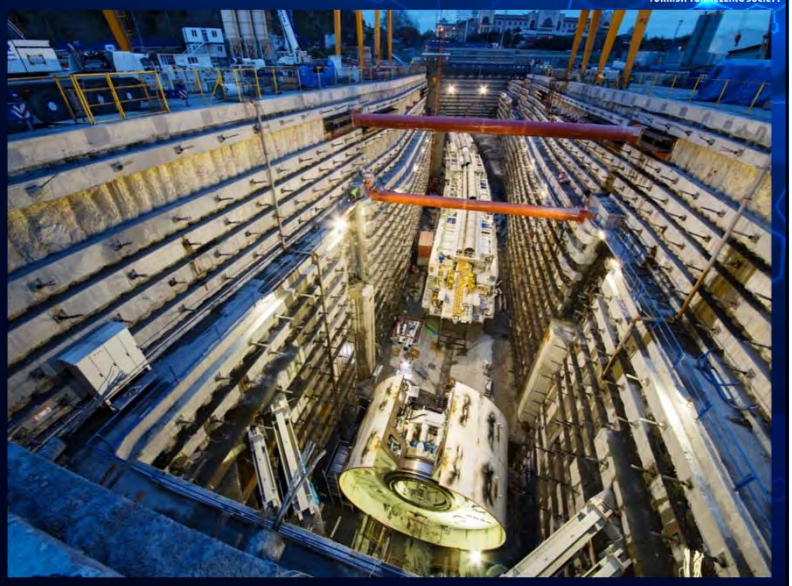
Sismik Segmentler

- Sismik segmentler, genişleme ve sıkışma (±75mm) ile her 3 boyutta kesme kapasitesine (±50mm) sahip olup, depremler sırasında tünelin güvenliğini sağlamaktadır.
- İnşaat sırasında, jeolojik şartların sürekli değişmesi nedeniyle 4 kez, özel eğitimli dalgıçlar tarafından hiperbarik bakım ve onarım operasyonları yapılmıştır.
- Sismik segmentler, depremler anında tünelin güvenliğini sağlarken, omega kauçuk yapıları su sızdırmazlık görevini üstlenmiştir.

AVRASYA TÜNELİ







AVRASYA TÜNELİ İÇ TASARIMI

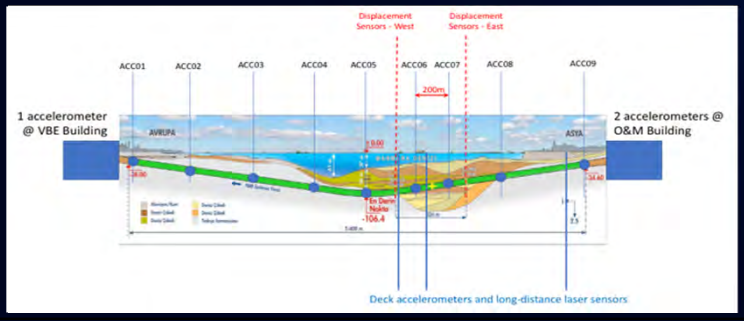
- Segment (1)
- Alt Yol Katı (2)
- Üst Yol Katı (3)
- Havalandırma (4)
- Sinyalizasyon (VMS+VTS) (5)
- Aydınlatma (6)
- CCTV Kameralar (7)
- Yangın Dolabı (8)



AVRASYA TÜNELİ YAPI SAĞLIĞI İZLEME SİSTEMİ

Tünelin işletme dönemi boyunca sürekli olarak izlenebilmesi için bir yapı sağlığı izleme sistemi kurulmuştur.

- Tünel boyunca, 12 adet ivme ölçer ve 21 adet yer değiştirme sensörü ile toplamda 36 sensör, tünelin davranışını izler.
- Bu sistem, olası depremler sonrası otomatik raporlar oluşturarak ilgili yetkililere e-posta gönderir.
- Türkiye'de ilk kez kullanılan LED aydınlatma sistemi, tünel içindeki aydınlatmayı global standartlarda sağlamaktadır.
- İstanbul'un tarihi kimliğini yansıtmak amacıyla Mimar Sinan'ın eserlerinde yer alan 'gülbezek' ve 'çarkıfelek' motifleri tünel içinde kullanılmıştır.







GAYRETTEPE-İSTANBUL HAVALİMANI-HALKALI METRO PROJESİ

Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	69 km	İstasyon Sayısı	16 İstasyon
Tasarım Hızı	120 km/saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	600.000

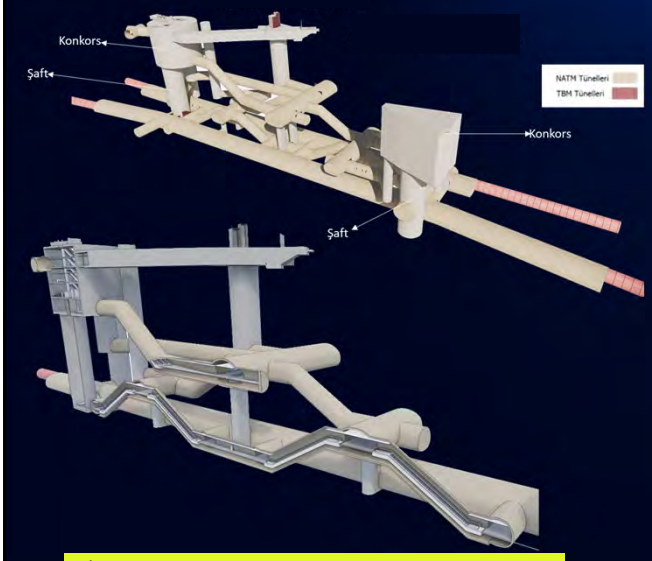
Tünel Uzunluğu	TBM	NATM
137,3 km	124 km	13,3 km


Gayrettepe-İstanbul Havalimanı-Halkalı Metro Hattı (TBM Tünel, NATM Tünel)

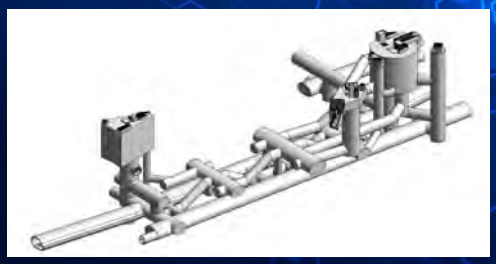
GAYRETTEPE-İSTANBUL HAVALİMANI-HALKALI METRO PROJESİ

Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

Gayrettepe İstasyonu Özelinde



İstasyon Merdiven Tünelleri ve Yaya Geçiş Koridorları



72m derinlikte yer alan **Gayrettepe İstasyonunda;**

- 1.355,25 m Loop Hattı,
- 558,47 m Bağlantı Tüneli(B1 Tip),
- 345,47 m Yaklaşım Tüneli,
- 145,54 m Merdiven Tüneli,
- 40,95 m Bağlantı Tünel(B8 Tip) uzunlukları ile

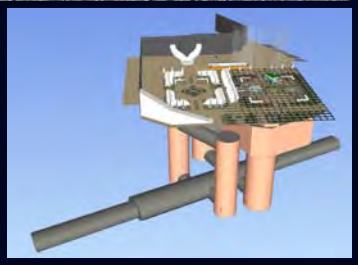
Toplam **2.445,68 m** NATM tipinde tünel inşa edilmiştir.

ALTUNİZADE – ÇAMLICA CAMİ – BOSNA BULVARI METRO HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	4,5 km	İstasyon Sayısı	4 İstasyon
Tasarım Hızı	80 km/saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	200.000

Tünel Uzunluğu (NATM)
8,1 km





BAKIRKÖY – BAHÇELİEVLER – KİRAZLI METRO HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	8,4 km	İstasyon Sayısı	7 İstasyon
Tasarım Hızı	80 km/saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	1.000.000

Tünel Uzunluğu	TBM	NATM
16,5 km	13,3 km	3,2 km

BAKIRKÖY – BAHÇELİEVLER – KİRAZLI METRO HATTI



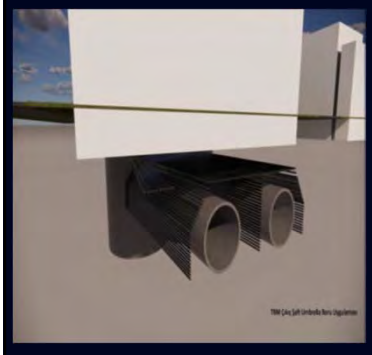


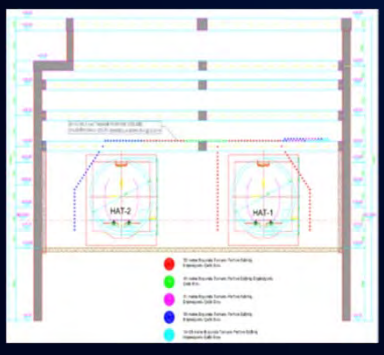
BAKIRKÖY – BAHÇELİEVLER – KİRAZLI METRO HATTI

M3 METRO HATTI KİRAZLI İSTASYONU CİVARINDA ZAYIF ZEMİN KOŞULLARINDA ÖZEL BİR ÇÖZÜM YÖNTEMİ: TBM'LERİN KAFESE ALINMASI

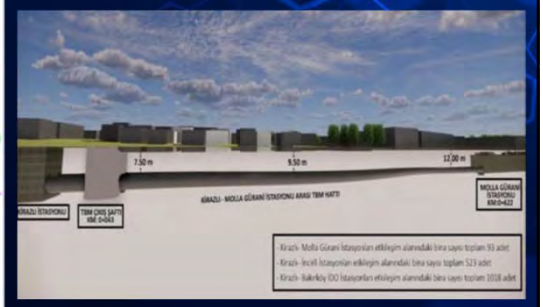
A SPECIAL SOLUTION METHOD FOR WEAK SOIL CONDITIONS AROUND KİRAZLI STATION OF M3 METRO LINE: CAGING THE TBM'S

Yalçın EYİGÜN[1]



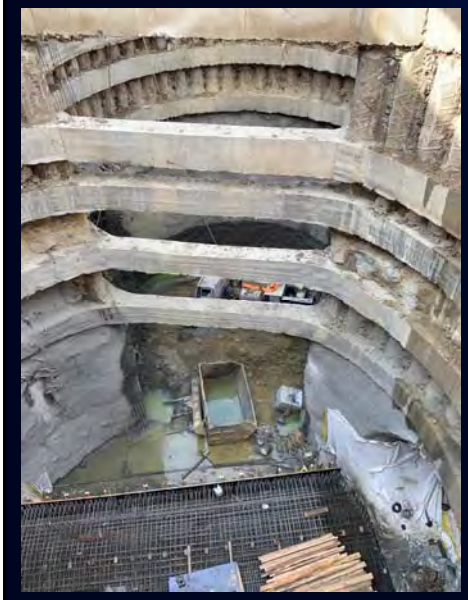


Hat-1 ve Hat-2 metro tünelleri için uygulanan destek sistemlerinin kesit üzerinde ve çelik borulardan oluşan kafes sisteminin 3B görüntüsü gösterilmesi



Metro Hattı (M3) Molla Gürani-Kirazlı istasyonları arası 3B görüntüsü ve Kirazlı şaftı ve civarında yer alan binaların görünümü

BAKIRKÖY – BAHÇELİEVLER – KİRAZLI METRO HATTI







BAKIRKÖY – BAHÇELİEVLER – KİRAZLI METRO HATTI



BURSA EMEK- YHT – ŞEHİR HASTANESİ TRAMVAY HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	6 km	İstasyon Sayısı	4 İstasyon
Tasarım Hızı	70 km/Saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	410.000

Tünel Uzunluğu (Aç Kapa)
7,2 km


Bursa Emek-Şehir Hastanesi Metro Hattı (Aç-Kapa Tünel)

GEBZE – DARICA – OSB METRO HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	15,4 km	İstasyon Sayısı	11 İstasyon
Tasarım Hızı	90 km/Saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	330.000

Tünel Uzunluğu	TBM	NATM	AÇ KAPA
33,9 km	6,8 km	24,6 km	2,5 km

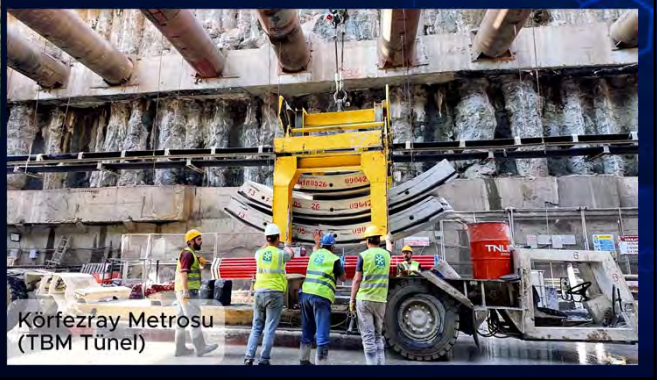

Gebze-Darıca Metrosu (TBM Tünel-NATM Tünel)

KOCAELİ KUZEY HRS HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	28,5 km	İstasyon Sayısı	18 İstasyon
Tasarım Hızı	90 km/Saat	Günlük Yolcu Kapasitesi	500.000

Tünel Uzunluğu	TBM	NATM
55,8 km	53,1 km	2,7 km


Körfezray Metrosu (TBM Tünel)

DEMİRYOLU
DEVAM EDEN TÜNEL PROJELERİ

ANKARA – İZMİR HIZLI TREN HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	505 km	Viyadük Adedi	67
Tasarım Hızı	250 km/saat	Toplam Viyadük Boyu	26,4 km
Yolcu Kapasitesi	13,3 milyon yolcu/yıl	Yük Kapasitesi	90 milyon ton/yıl



Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu (NATM)
48	41,76 km

BANDIRMA-BURSA-YENİŞEHİR-OSMANELİ HIZLI TREN HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	201 km	Viyadük Adedi	24
Tasarım Hızı	250 km/saat	Toplam Viyadük Boyu	3,8 km
Yolcu Kapasitesi	29,9 milyon yolcu/yıl	Yük Kapasitesi	59,7 milyon ton/yıl



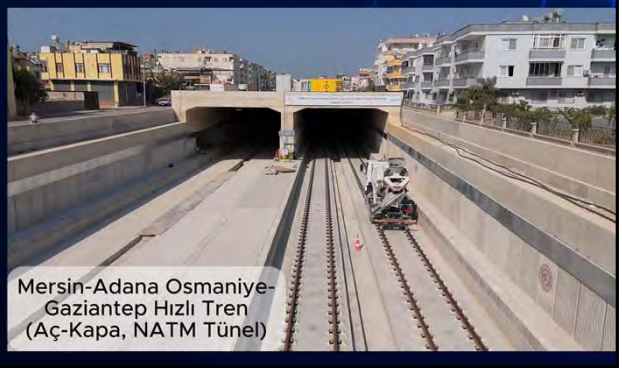
Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu (NATM)
25	35,06 km

MERSİN – ADANA – OSMANİYE - GAZİANTEP HIZLI TREN HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	312,5 km	Viyadük Adedi	10
Tasarım Hızı	200 km/saat	Toplam Viyadük Boyu	5986,81 m
Yolcu Kapasitesi	3,1 milyon yolcu/yıl	Yük Kapasitesi	37,1 milyon ton/yıl

Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu (NATM)
12	37,1 km


Mersin-Adana Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren (Aç-Kapa, NATM Tünel)

TARSUS ŞEHİR GEÇİŞİNİN AÇ KAPA TÜNEL İLE YER ALTINA ALINMASI



YERKÖY – KAYSERİ YÜKSEK HIZLI TREN HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	142 km	Toplam Köprü Adedi	27
Tasarım Hızı	250 km/saat	Toplam Köprü Boyu	6608 m
Yolcu Kapasitesi	5,5 milyon yolcu/yıl	Yük Kapasitesi	13,5 milyon ton/yıl

Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu	NATM	AÇ KAPA
15	20,5 km	17,3 km	3,2 km



HALKALI - ISPARTAKULE HIZLI TREN HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	9 km	Yük Kapasitesi	9,6 milyon ton/yıl
Tasarım Hızı	200 km/saat	Yolcu Kapasitesi	3,4 milyon yolcu/yıl

Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu (TBM)
2	12,35 km



ISPARTAKULE – ÇERKEZKÖY HIZLI TREN HATTI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	67 km	Viyadük Adedi	6
Tasarım Hızı	200 km/saat	Toplam Viyadük Boyu	2,6 km
Yolcu Kapasitesi	3,4 milyon yolcu/yıl	Köprü Adedi	13
Yük Kapasitesi	9,6 milyon ton/yıl	Köprü Boyu	2,5 km

Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu	TBM	NATM
4	12,6 km	12,2 km	0,4 km



ISPARTAKULE – ÇERKEZKÖY HIZLI TREN HATTI



KARS - IĞDIR - ARALIK - DİLUCU DEMİRYOLU BAĞLANTISI



TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	224 km	Viyadük Adedi	3
Tasarım Hızı	160 km/saat	Toplam Viyadük Boyu	2,87 km
Yolcu Kapasitesi	5,5 milyon yolcu/yıl	Toplam Köprü Adedi	10
Yük Kapasitesi	15 milyon ton/yıl	Toplam Köprü Uzunluğu	0,63
Toplam Menfez Adedi	480	Toplam Altgeçit Adedi	144
		Toplam Üstgeçit Adedi	27

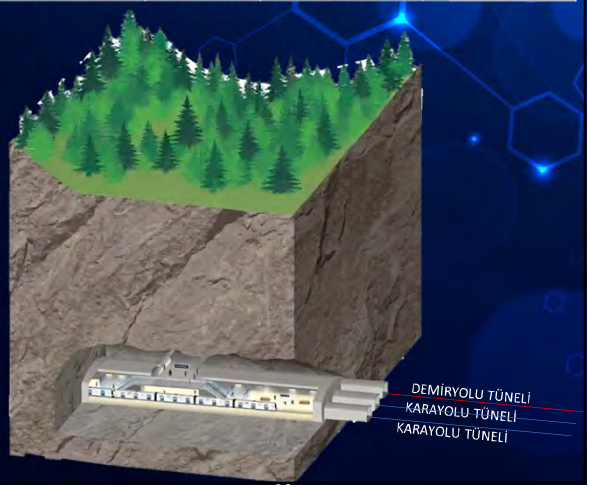


Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu	Tünel Türü
6	12,30 km	NATM

DÖRTYOL – HASSA OTOYOLU VE DEMİRYOLU

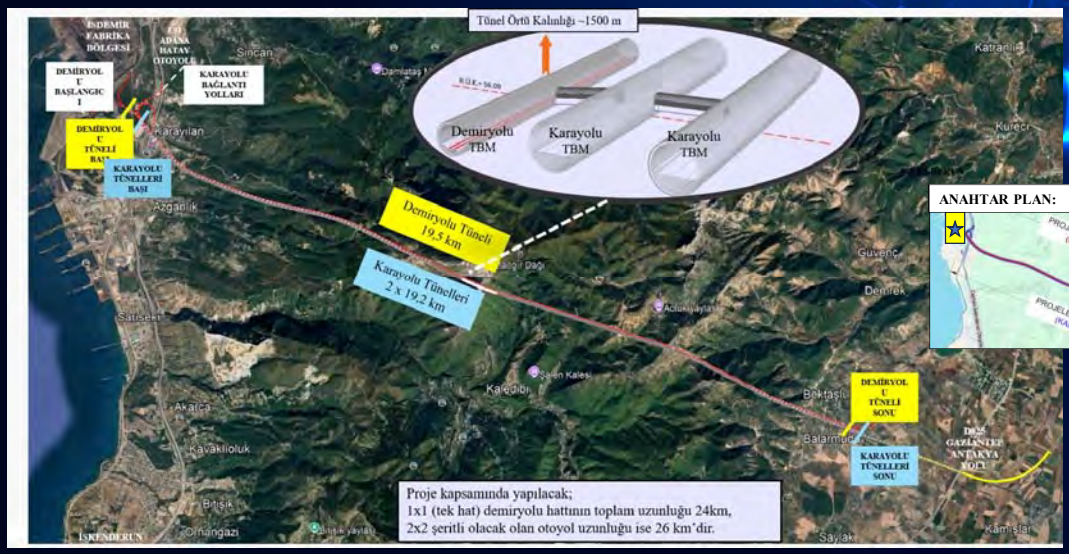


TEKNİK ÖZELLİKLER			
Güzergah Uzunluğu	1. Etap 25 km	Yolcu Kapasitesi	16,3 milyon yolcu/yıl
Tasarım Hızı	160 km/saat	Yük Kapasitesi	10 milyon ton/yıl

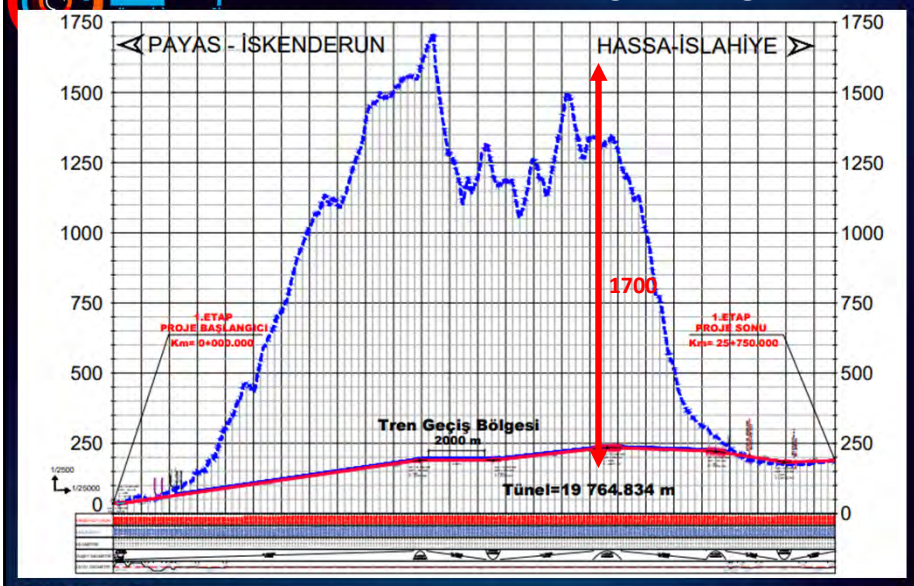


Tünel Adedi	Tünel Uzunluğu	TBM	NATM
3	59,1 km	26,4 km	32,7 km

DÖRTYOL – HASSA OTOYOLU VE DEMİRYOLU TÜNEL GİRİŞ BÖLGESİ

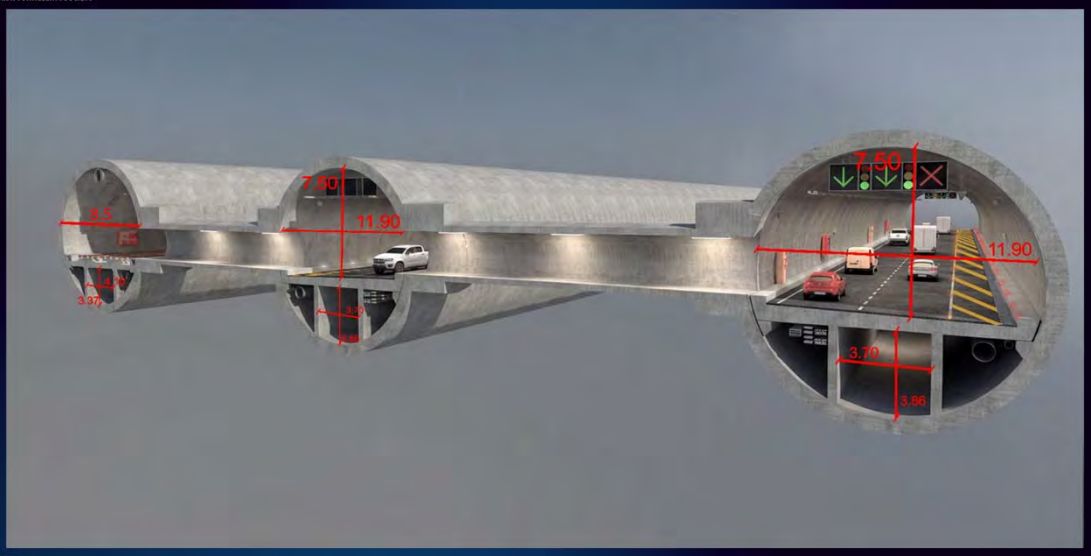


TÜNEL PROFİLİ

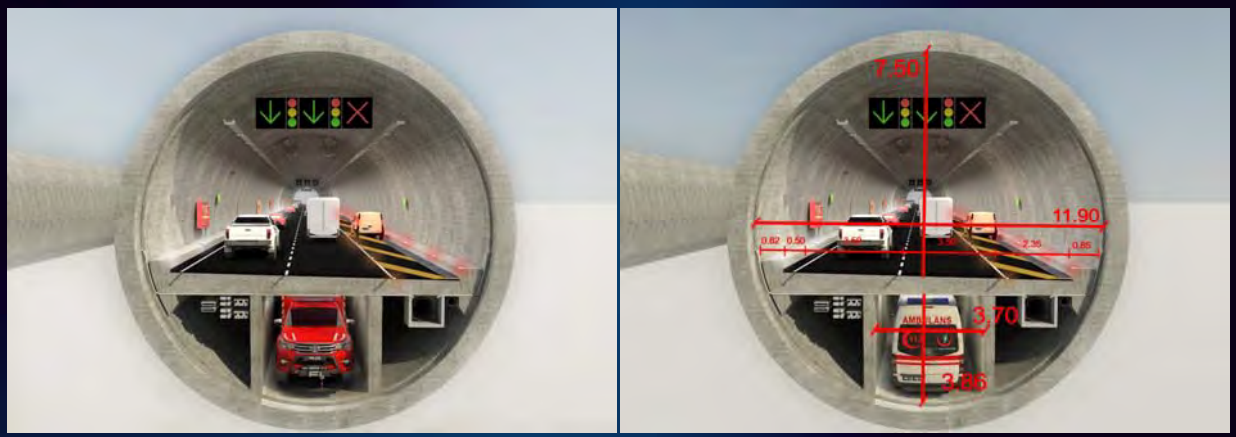


Yüksek bir dağ sırasının iki tarafını birbirine bağlayan bu tüneller acil durumlar için de korunaklı sığınma alanları sağlayabilir.

DÖRTYOL- HASSA KARAYOLU VE DEMİRYOLU TÜNELLERİNİN ACİL DURUMDA KULLANIMI



DÖRTYOL- HASSA KARAYOLU VE DEMİRYOLU TÜNELLERİNİN ACİL DURUMDA KULLANIMI



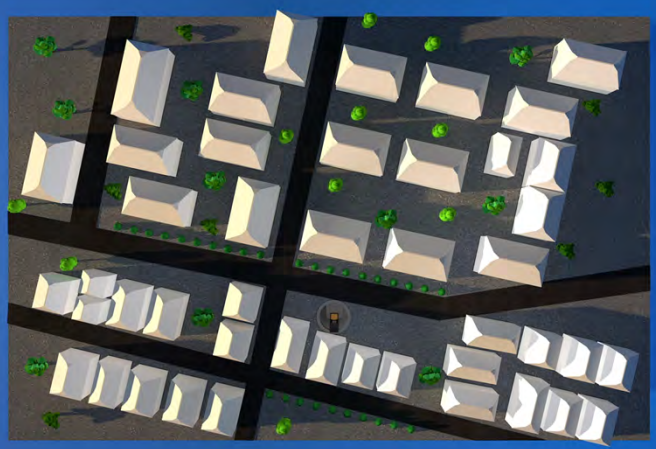

T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
TÜNELLERDE YENİ NESİL ÇÖZÜMLER


T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
İNCİRLİ MAKAS TÜNELİ

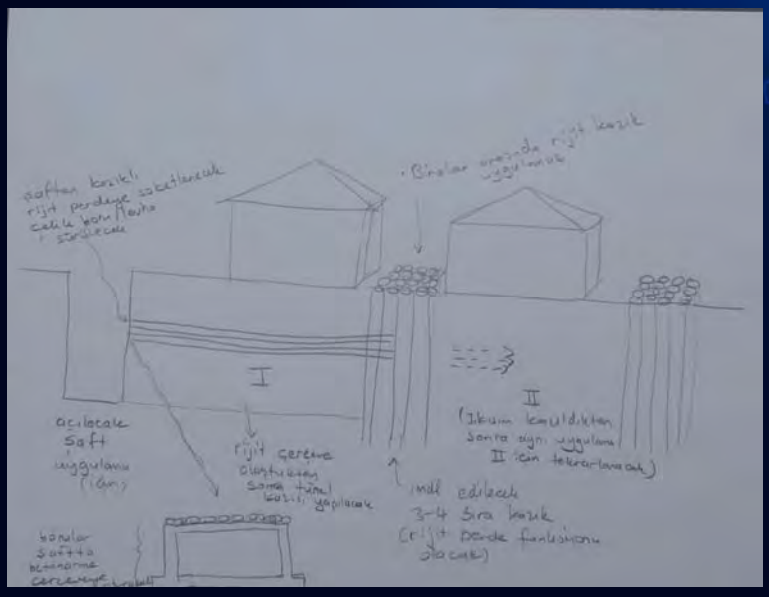
İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM

Etkileşimde

86 Daire

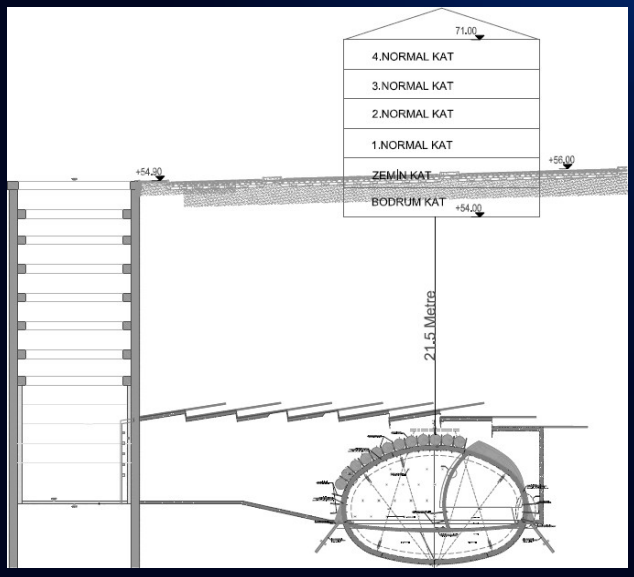


İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



Yapılan çeşitli çalışmalar ve analizler sonucunda İncirli Makas Tünelinin kazılarına yaklaşım tünelinden boru itme yöntemi ile devam edilmesine karar verilmiştir.

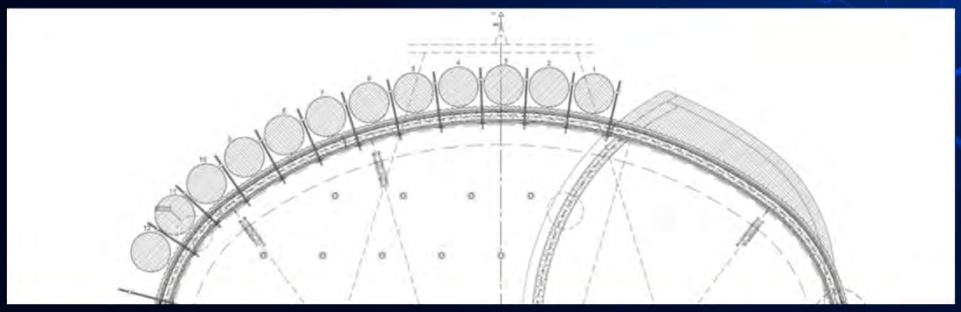
İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



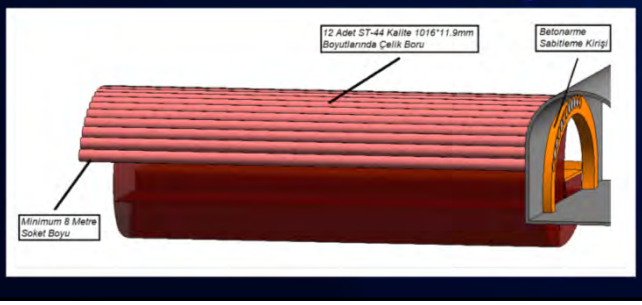
- Konvansiyonel yöntemin önerdiği şemsiye kemer (umbrella arch) çözümü uygulansa dahi güvenli sınırlarda kalınamamıştır.
  - Ø : 114.3/6.3 mm
  - L : 12 m

'Güngören üyesi kil' tipi zemin içerisinde çok sığ tünel.

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



- 12 adet çelik borunun her biri 1016mm çapında ve 11,9mm kalınlığında olup tamamı kazının ikinci aşamasının üzerinde çatı oluşturacak şekilde uygulanacaktır. Her bir boru merkezi arası 1,1m olacaktır.



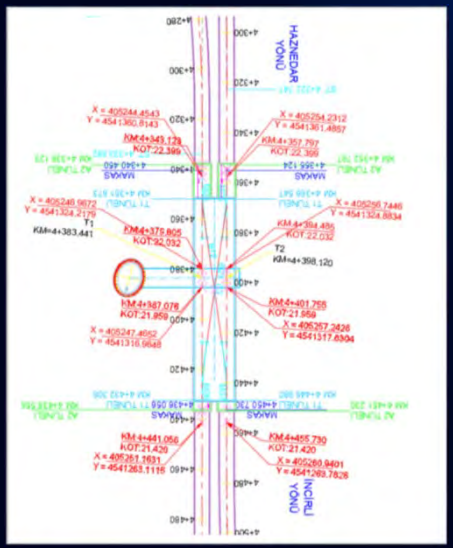
İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM





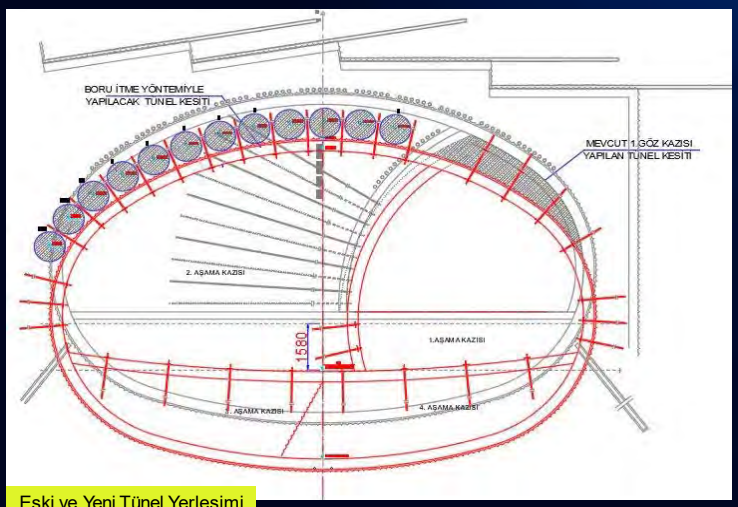
- Sahada imalatı tamamlanan yaklaşım tüneli ve 1.Göz kazısı sonucunda oluşan yüzey deformasyonu sınırlı bir bölgede 25 mm değerlerine ulaşmıştır.

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



- Sahada imalatı tamamlanmış boru şemsiye ve zemin çivisi aplikasyonu dikkate alınarak, uygulaması yapılacak borulara yer açmak için; güzergah 1.58 m batırılmıştır.
- Makasın azalan km deki dili, araç gabarileri dikkate alınarak Anahat tüneli içerisine alınarak, toplam makas tüneli uzunluğu 98 m den 82 m ye revize edilmiştir.

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM

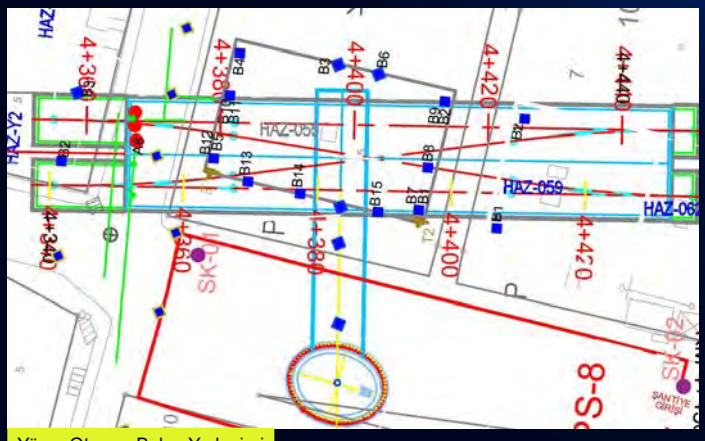


Eski ve Yeni Tünel Yerleşimi

Yeni yapılan tasarımda kazı 4 aşama olarak planlanmıştır.

- 1. Aşama kazı ile, mevcut 1.göz kazısı yeni kazı kotuna getirilmiştir. Kalan üst yarı kazısı
- 2. Aşama olarak tek seferde kazılmış, alt yarı kazısı ise 3. ve 4. Aşama olarak 2 kademede kazılmıştır.

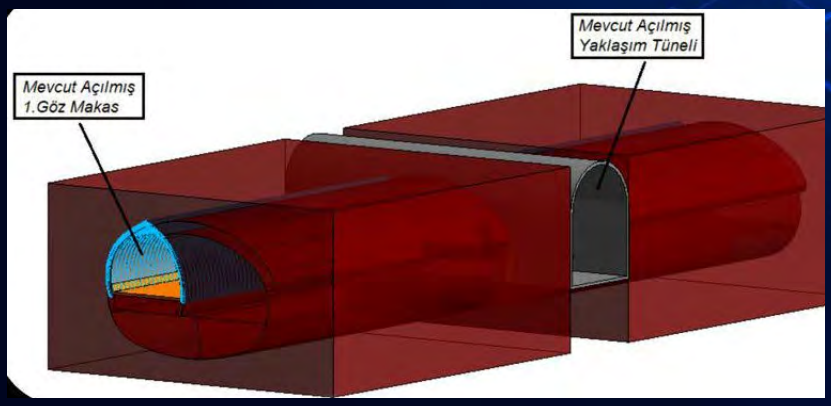
İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



Yüzey Oturma Bulon Yerleşimi

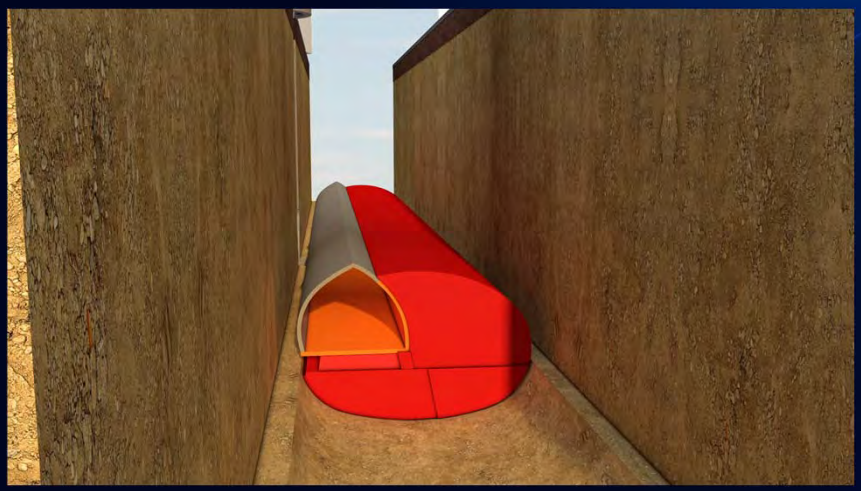
- 15.10.2017 tarihinde İncirli Makas Tüneli Ulaşım Şaftı kazıları başladı,
- 15.01.2018 tarihinde şaft kazısı tamamlandı.
- 20.01.2018 tarihinde yaklaşım tüneli kazılarına başlandı.
- 03.03.2018 tarihinde yaklaşım tüneli kazıları tamamlanmış ve İncirli Makas Tüneli Aynaları kazılar için hazırlandı.

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



55

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



Mevcut 1.Göz kazıları yapılırken imal edilen yan zemin çivileri, boru şemsiyeler ve yaklaşım tüneli iksaları yapılacak boru itme işlemi için engel oluşturmaktadır.

56

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM

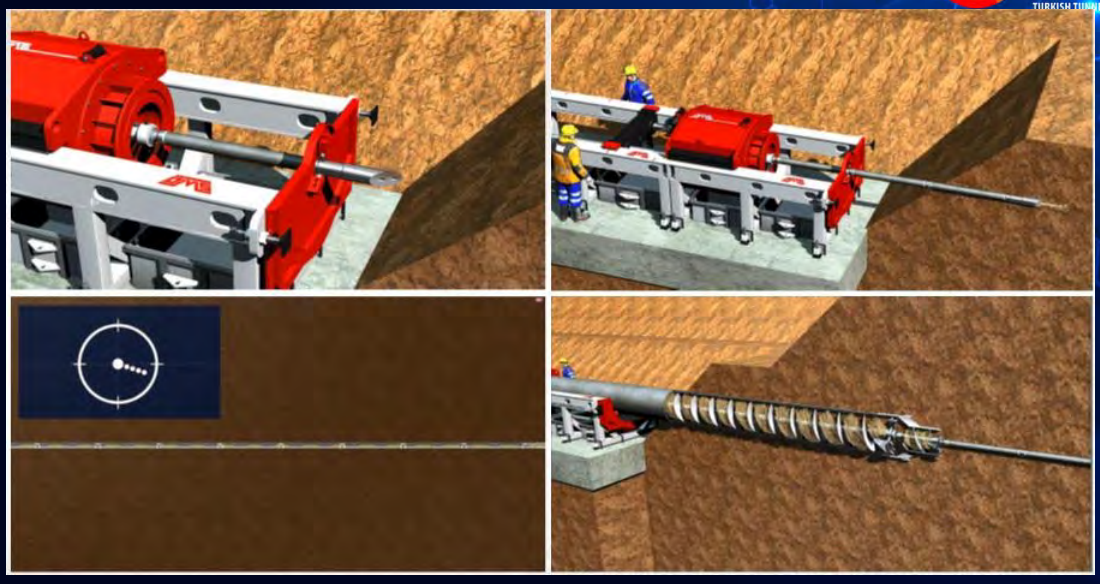


- 04.03.2018 tarihinde Makas Tüneli 1.Göz kazı imalatlarına başlanmıştır.

Kazı çalışmaları sırasında 1.göz kazısı pilot tünel olarak kullanılmış, çeşitli zemin iyileştirme yöntemleri denenmiş fakat zemin permabilitesi sebebiyle aynadan ve yanlara doğru yapılan enjeksiyon çalışmaları başarılı olmamıştır.

- 04.06.2018 tarihinde 1.Göz kazısı tünel boyunca tamamlanmıştır.

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM





İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



2.Göz Tünel Kazısının Tamamlanması

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM



Geçici Çelik Kiriş ve Çelik Kolon İmalatı

2.Göz kazısından sonra, makas tünelinin başında ve sonunda zeminin içerisine gömülü olarak kalan boru desteklere düşeyde mesnet oluşturmak amaçlı, alt yarı kazlıları yapılarak invert imalatları tamamlanmış, düşey çelik boruların montajı yapılmıştır.

İNCİRLİ MAKAS TÜNELİNDE ÖZEL ÇÖZÜM





Makas Tüneli Kazısının Nihai Hali

İSTANBUL-KADIKÖY'DE KARAYOLU ALTINDAN GEÇEN ÇOK SIĞ BİR TÜNEL İÇİN ÖZEL BİR METOD

İSTANBUL-KADIKÖY'DE KARAYOLU ALTINDAN GEÇEN ÇOK SIĞ BİR TÜNEL İÇİN ÖZEL BİR METOD





Hattın uzunluğu: 21,7 km
İstasyon Sayısı: 16

- İstasyon geometrisi ve arazi topoğrafyasının sonucu olarak E-5 (D100) karayolu altından geçecek olan bu bağlantı tünelinin üzerinde sadece 3-4 m kadar üstelik dolgudan ibaret bir örtü tabakası bulunacaktır.
- Bu koşullar altında modifiye bir yöntemle dahi delme tünel seçeneğinin uygulanmasının ne kadar zor olduğu anlaşılabilir.

JEOLOJİK-GEOTEKNİK ÇALIŞMALAR

40 m derinliğinde yapılan sondaj verileri ışığında bu yaya geçiş tüneline mahsus bulguları aşağıda özetlenmiştir;

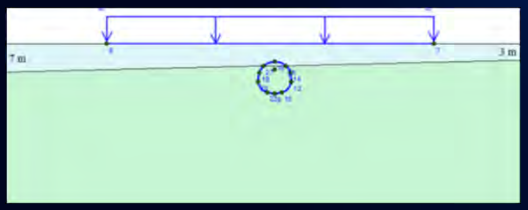
- Yüzeyden itibaren kalınlığı 1-2 metreyi geçmeyen yapay dolgu tabakası bulunmaktadır .
- Dolgunun altında kalınlığı 22 metreyi bulan Kil tabakasına rastlanmıştır. Grimsi kahve renkli ve içeriğinde kum-çakıl bulunan bu tabakanın kalınlığı değişken olmak üzere derine doğru Standart Penetrasyon Sayısı (N30) büyüyen iki seviyeye ayrıldığı söylenebilir.



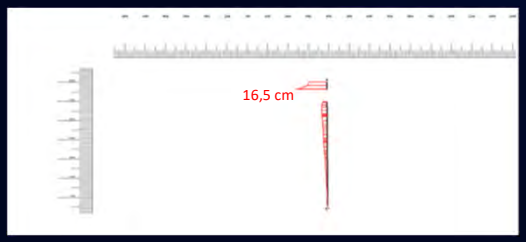
KONVANSİYONEL YÖNTEME GÖRE ÇÖZÜM VE BEKLENEN DEFORMASYON MİKTARLARI

- Portal giriş yapısı kesişen kazıklı (perde)
- Tünelde tavan bölgesinin omuzlara kadar şemsiye kemer (umbrella arch)
  - Boy : 9m
  - Çap : 100 mm
- Altyarı – Üstyarı ardışımı : maksimum 6m
- Kaya bulonu ;
  - Boy : 4 m
  - Çap : 100 mm

KONVANSİYONEL YÖNTEME GÖRE ÇÖZÜM VE BEKLENEN DEFORMASYON MİKTARLARI



- Yapay dolgu tabakasının 3 m ile 7 m arasında değişmesi ve tünelin tam üzerinde 3-4 m kalınlığa sahip olması şemsiye kemer (umbrella arch) kullanılsa dahi kazının yapılabilirliğini sorunlu hale getirmektedir.



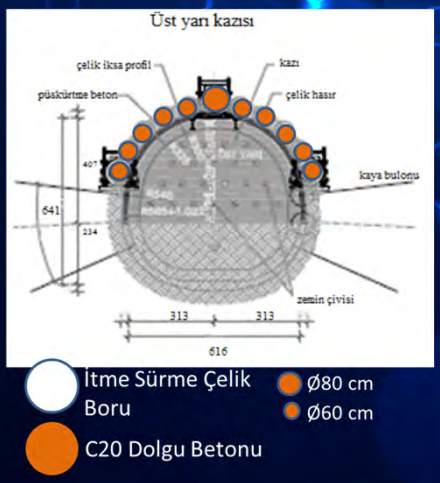
- Plaxis 3D versiyonu kullanılan analiz sonunda tünel üzerinde meydana gelecek düşey deformasyon değerinin 16,5 cm olacağı bulunmuştur

Tünel üstünde oluşacak deformasyon olarak hesaplanan 16,5 cm değeri, uluslararası kabul görmüş limitlerin çok üstündedir. Bu durumda yaya tünelini özel önlem almadan emniyetli bir şekilde açma imkânı yoktur.

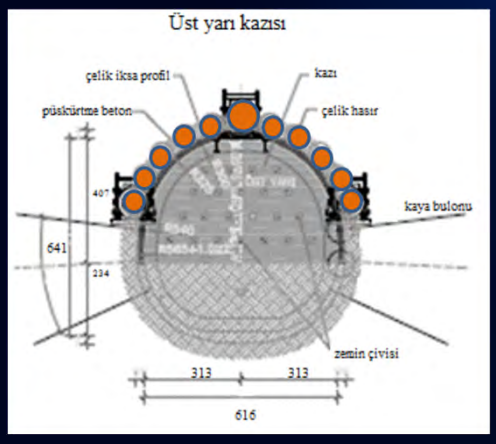
TÜNEL AÇIMI İÇİN ÖNERİLEN ÖZEL YÖNTEM

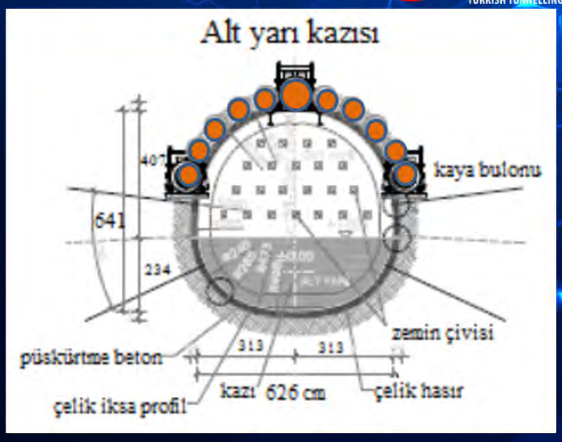
❖Çalışma kapsamında yeterli ayna güvenliğini sağlamak üzere geliştirilen çözüm;

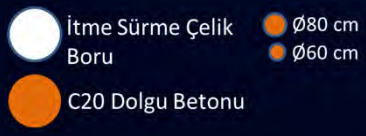
Uygulama İçeriği	Uygulamanın Niceliği
Tünel Uygulama Boyu	85 m
Tünel Çapı	6,8 m
Ön Tahkimat Boru Adedi	9
Boru Çapı	8 adet:60 cm, 1 adet:80 cm
Çelik Boru Et Kalınlığı	6 mm
Boru İçine Beton Uygulaması	C20 ile doldurulacak
Kazı Adımı	60 cm
Kazı Ardışımı	Üst Yarı+ Alt Yarı
Püskürtme Beton ve Kalınlığı	C25, 25 cm
Çelik Profil	Tip: HEB160
Çelik Hasır	Çift Sıra Q 589/589
Aynada Zemin Çivisi	Ø26 çaplı demir, delik çapı 110 mm, L=6 m Üst Yarıda
Yanlarda Zemin Çivisi	Ø26 çaplı demir, delik çapı 110 mm, L=6 m Üst Yarıda ve Alt Yarıda



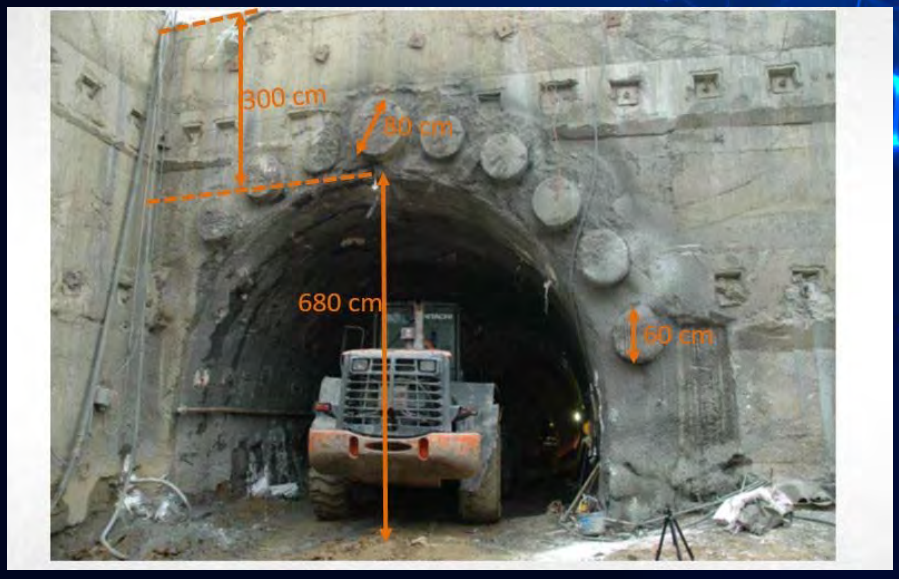
TÜNEL AÇIMI İÇİN ÖNERİLEN ÖZEL YÖNTEM





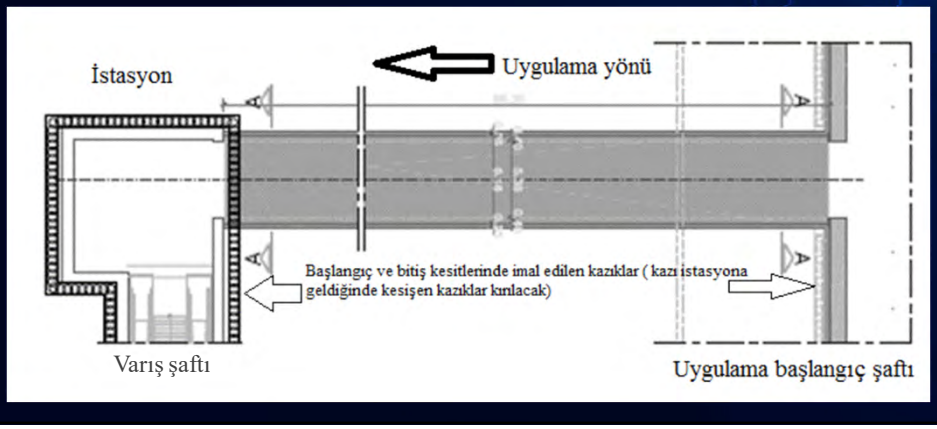


TÜNEL AÇIMI İÇİN ÖNERİLEN ÖZEL YÖNTEM



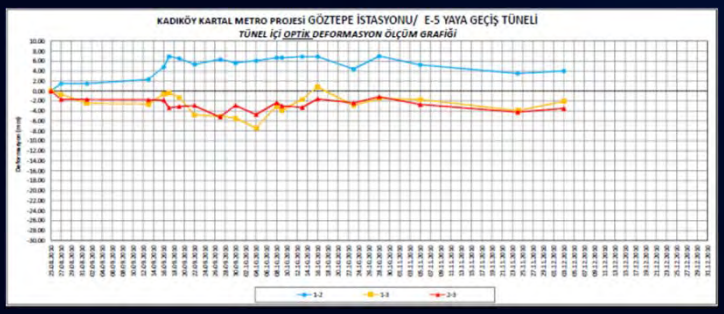
TÜNEL AÇIMI İÇİN ÖNERİLEN ÖZEL YÖNTEM

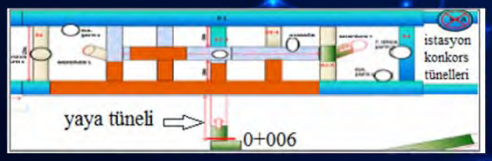
- Uygulama için yaya geçiş tünelinin karşı tarafta başlayacağı ve boruların birbirine eklenerek istasyona doğru imal edilmeleri kararlaştırılmıştır. İstasyon duvarına rastlanacak noktada stabilite sorunu yaşanmaması için anılan duvarın 65 cm. çaplı teğet kazıklarla imal edilmesi ve tünel bu noktaya geldiğinde kazıkların tünel kesiti ile kesişen kısmının kırılarak alınması sistemi tamamlayan unsurlardan olmuştur.



TÜNEL İÇİ DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİ

- Toplam boyu 85 m olan tünelde karayolunun altından geçen kısım 60 m'dir. Son 25 m'lik kısım istasyon inşaat şantiyesi alanı içinde kaldığından çevreye zarar verme riski bulunmamaktadır. Bu yüzden boru sürme ile açılan tünelin ilk 60 metresinde ölçüm ağı sık teşkil edilmiştir. Tünel içinde görülen 9 noktada tünel içi optik konverjans ölçümü alınmıştır. Uygulamanın başladığı 25 Ağustos'tan tamamlandığı 3 Aralık gününe kadar ilk sıfır okuması yapılarak başlanan ölçüm işleri, 100 gün boyunca aksamadan sürdürülmüştür.
- En büyük düşey deformasyon **16 mm** olarak ölçülmüştür.

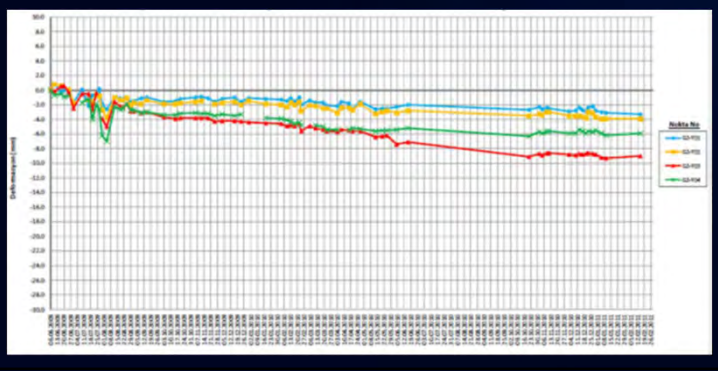


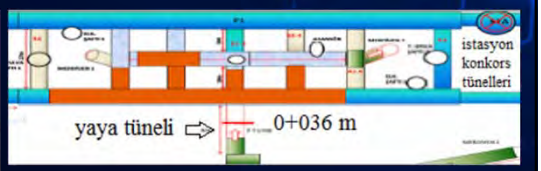


- *Şekilde konverjans ölçümlerinin alındığı kesitlerden bir örnek noktanın (km 0+006) planda lokasyonu gösterilerek 100 gün boyunca alınan ölçümlerin grafiği verilmiştir.*

YÜZEY DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİ

- Şekil, maksimum yüzey oturması (tasman) veren noktanın plan ve ölçüm grafiğini vermektedir. E-5 (D100) karayolu orta refüjünden (km: 0+036) alınan okumalarla oluşan grafikte tünel iç kaplaması tamamlanana kadar ölçülen en büyük deformasyon **9,5 mm** olarak ölçülmüştür.
- Bu değer Rankin (1988) ve Boscardin ve Cording (1989)'e göre "önemsiz ve hasar ihtimali olmayan" bir tasman değeridir. Bu durum, karayolu dinamik yük etkisi ve dolgu tabakası altında çok sığ bir tünel için önerilen metodun doğru çözüm olduğunun göstergesidir.





SONUÇLAR

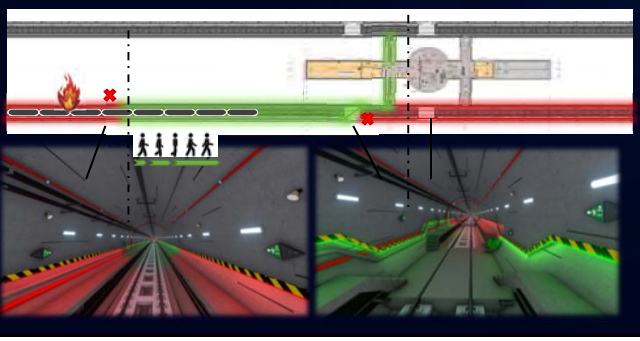
- Karayolunun geçici olarak kapatılması veya servis yoluna aktarılmasının mümkün olmadığı haller için ön tahkimat elemanı olarak içi betonla doldurulmuş büyük çaplı çelik boruların zemine sürülmesi yoluyla "çelik boru tavan" elde edilmesi emniyetli bir alternatif çözüm olmaktadır.

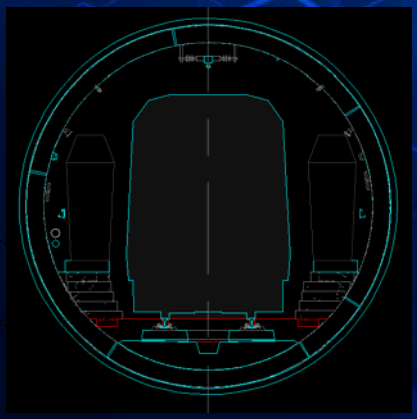
	KONVANSİYONEL YÖNTEMLERE GÖRE ÇÖZÜM	TÜNEL AÇIMI İÇİN ÖNERİLEN ÖZEL YÖNTEM
Ön Tahkimat Boru Çapı	10 cm	8 adet: 60 cm, 1 adet :80 cm
Ön Tahkimat Boru Uzunluğu	9 m	85 m
Öngörülen/Gerçekleşen Düşey Deformasyon	16,5 cm	16 mm tünelde 9,5 mm yüzeyde



İKİ TARAFLI YÜRÜME YOLU

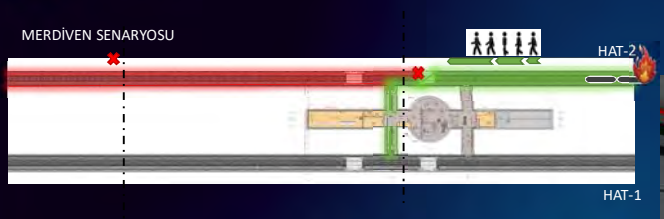
- T04-T05 arasında yolcu tahliyesinin hızlandırılması adına tünelin her iki tarafına yürüme yolu yerleştirilecektir.
- Acil durum anında aracın her iki tarafından tahliye sağlanması planlanmaktadır.
- Dever ve eğim'in durumuna göre yer yer değişiklik gösterecek yürüme yolu genişliği NFPA130 2017 6.3.2.1 gereği temiz boşluğu T04-T05 arası tüm noktalar için sağlamaktadır.





İKİ TARAFLI YÜRÜME YOLU

MERDİVEN SENARYOSU





TAHLİYE SÜRECİNİ KISALTACAK İLAVE ÖNLEMLER



ACİL KAÇIŞ KAPILARININ GENİŞLETİLMESİ

T04-T05 servis istasyonlarında tahliyenin hızlandırılması adına kaçış kapıları 90cm olan 110/150 cm olarak değiştirilmesi planlanmıştır.

İki ayrı kaçış yolundan kaçışın sağlandığı tünelden gelen yolcular için tahliye sürelerinin kısaltılması hedeflenmektedir.



ACİL KAÇIŞ YÖNLENDİRME LEVHALARI

Tünel içerisine acil kaçış yönlendirme levhaları yerleştirilecektir.

Yangın senaryolarına entegre edilecek levhalar yolcuların çalıştırılan senaryoya göre belirlenecek yönde kaçmalarına yardımcı olacaktır.

Sadece kaçış yönünü gösteren levhalar senaryo gereğince aktive olacak. Diğer levhalar nötr kalacaklardır.



AYDINLATMA ÖZELLİKLİ KORKULUK

Aydınlatma Özellikli Hand Rail tahliye sırasında yürüme yolunun aydınlatılarak daha güvenli tahliye sağlanması sağlanacaktır.



SESLİ ANONS SİSTEMİ

T04-T05 arası tünel boyunca Sesli Anons sistemi ile yolculara tahliye koşulları ile ilgili bilgilendirme yapılacaktır.

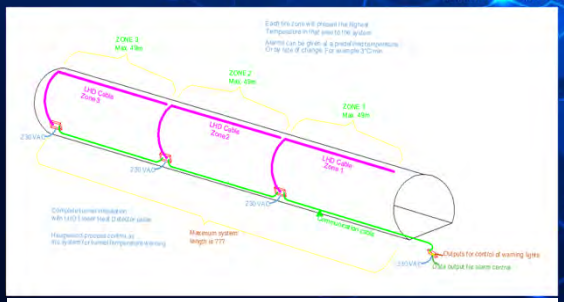
Tahliye yönleri ile ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar.

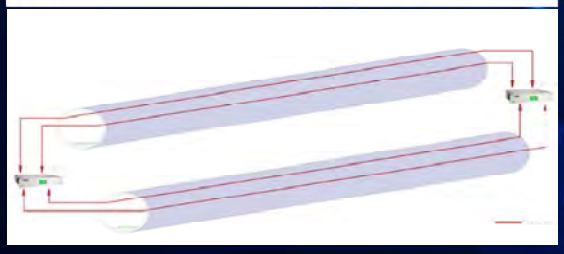
Tahliye süresince uyulması gereken kurallar.

TAHLİYE SÜRECİNİ KISALTACAK İLAVE ÖNLEMLER

LHD (DOĞRUSAL ISI DETEKTÖRÜ) İLE HIZLI ALGILAMA

- **Çalışma Prensibi**
  - İki kablo arasındaki yalıtkanın artan ısı ile erimesi sonrası oluşan kısa devre sonucunda yangın alarm algılama ünitesine noktasal lokasyon bilgisinin iletilmesi sağlanır.
- Belirlenen zon eş zamanlı olarak 2 sisteme algılama bilgisini göndermektedir.
  - Kontrol Merkezine
  - Water Mist Kontrol Paneline
- Kontrol Merkezi tünelin ilgili kısmı için önceden tasarlanmış senaryoları çalıştırır.
- Water Mist Kontrol paneli ilgili zon ve bitişiğindeki 2 zonu aktive ederek derhal söndürmeyi başlatır.
- Burada araçtan gelen algılama bilgisi de kullanılabilecektir.
- Hızlı ve doğru bilginin LHD sistemi ile taşınımı sonucunda hızlı algıla ve senaryonun aktivasyon süresinin kısaltılması amaçlanmaktadır.






T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
TÜNELDE SU SİSİ UYGULAMASI
MİKRO PARTİKÜL
ANINDA TERMAL BASKILAMA


TUNNEL
TÜNELCİLİK DERNEĞİ
TURKISH TUNNELLING SOCIETY
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

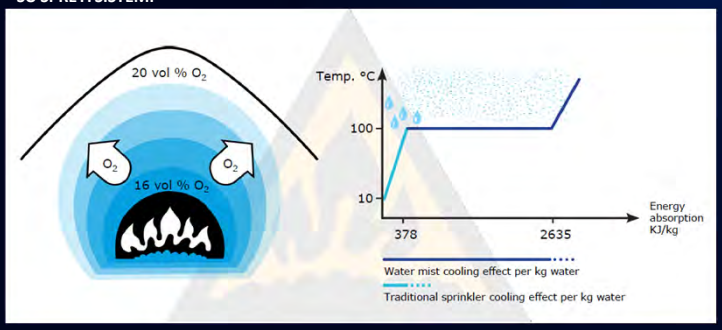
YANGININ BASKILANMASI VE SÖNDÜRÜLMESİ

AYGM Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

TUNNEL TURKEY 2021

TÜNELCİLİK DERNEĞİ
TURKISH TUNNELLING SOCIETY

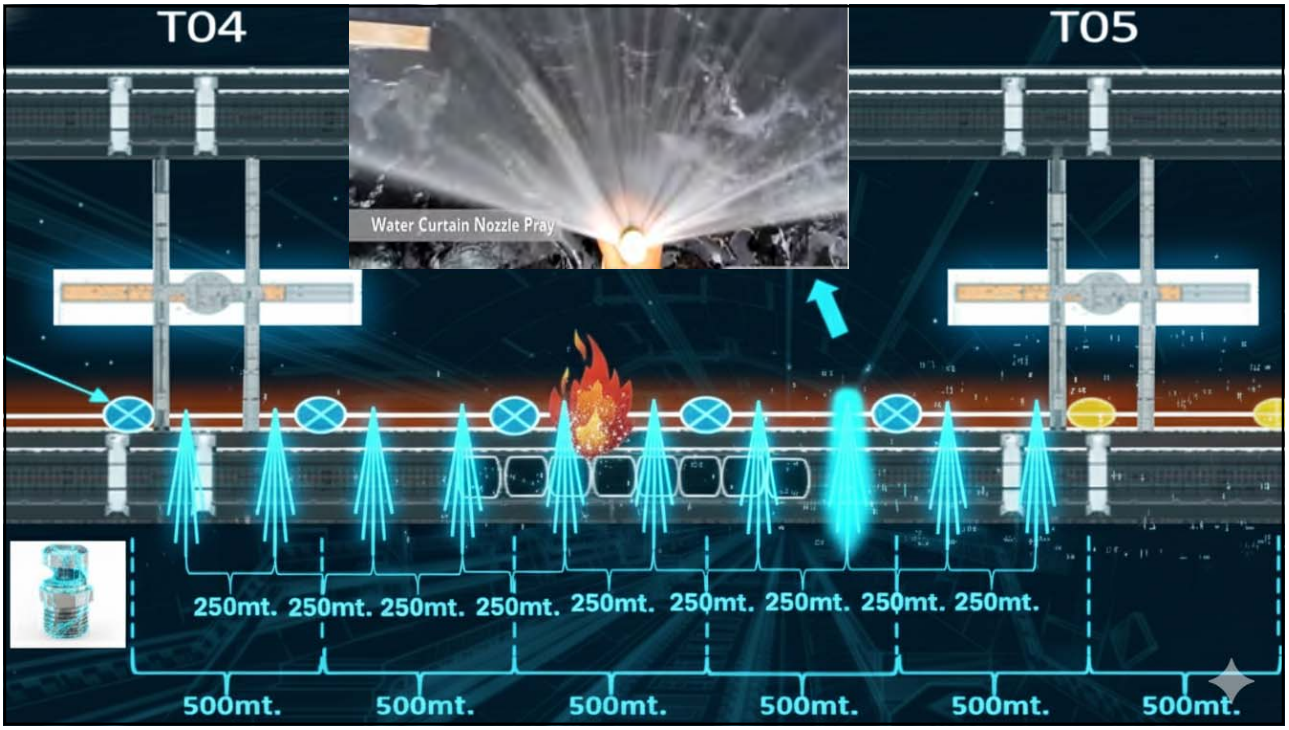
SU SPREYİ SİSTEMİ

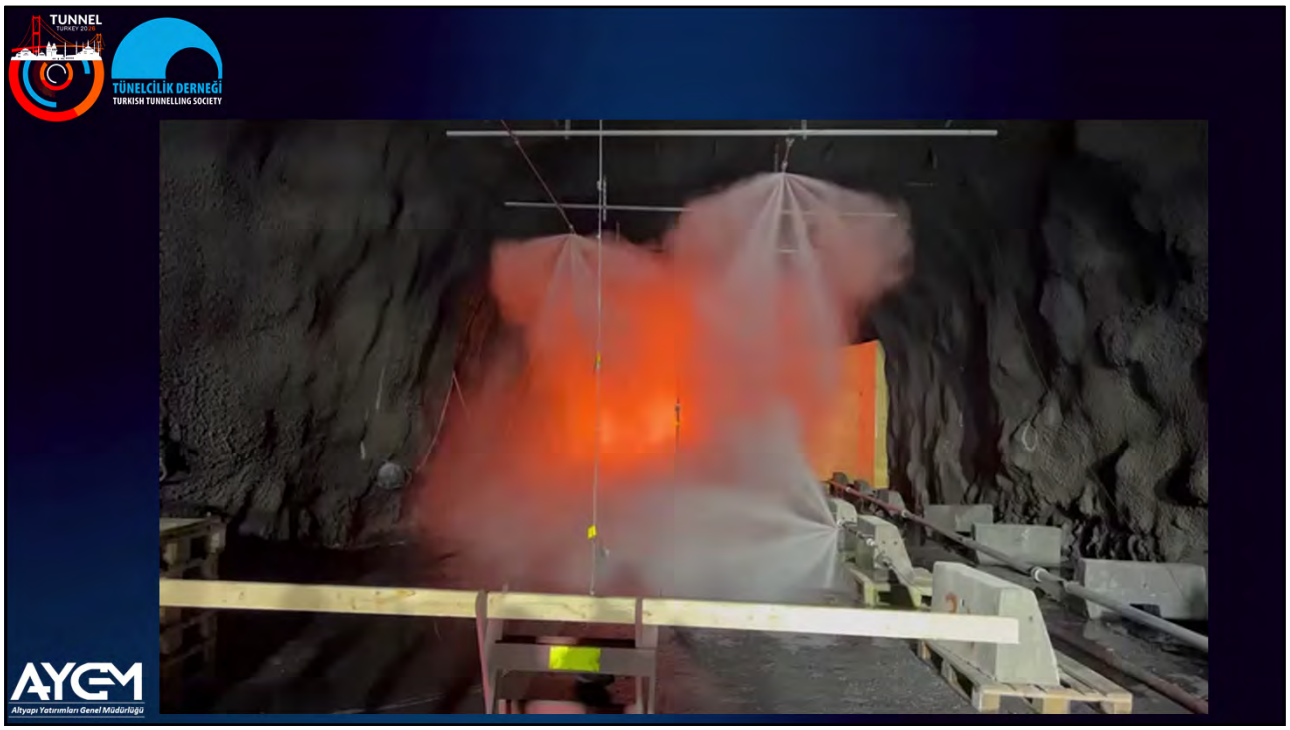


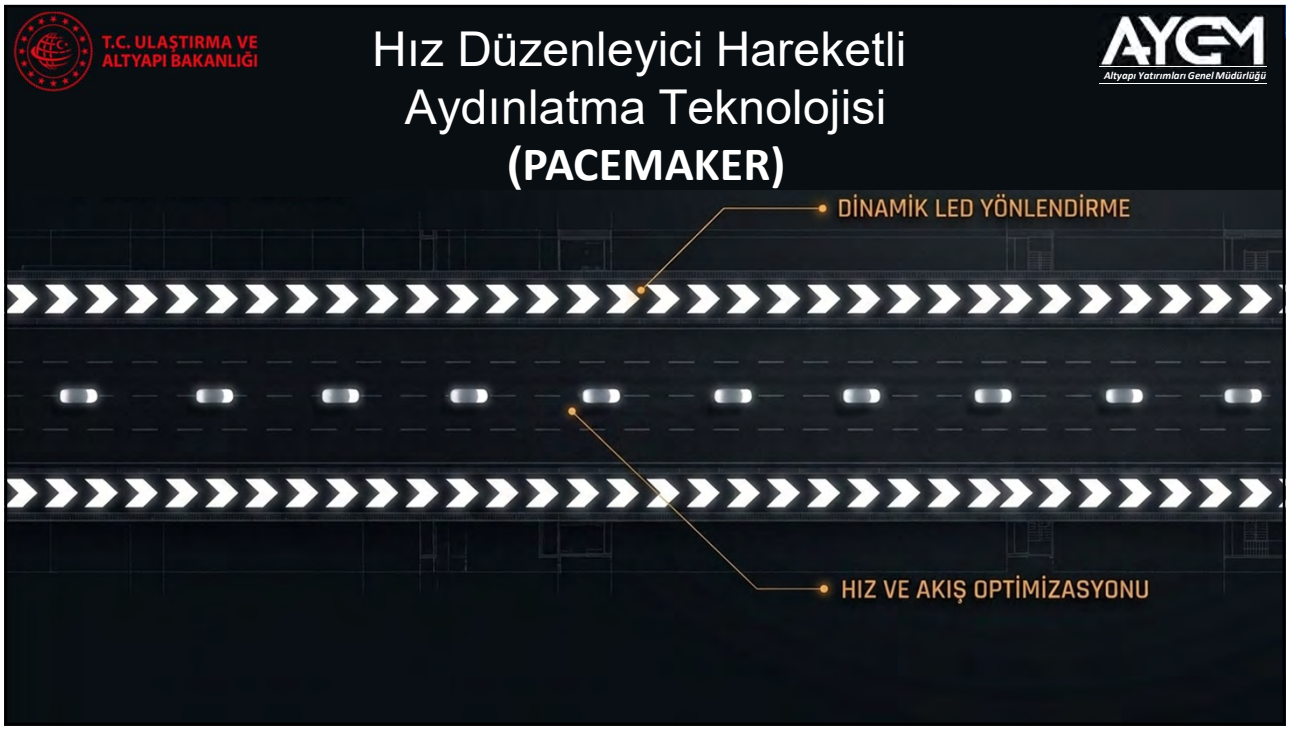
Su spreyi söndürme sistemlerinin boğma ve soğutma etkisi bulunmaktadır. Açığa çıkan ısı soğutma etkisiyle ortamdan uzaklaştırılarak yangın söndürülür.

Su spreyi sistemindeki suyun damlacık boyutu yangınla mücadelede çok büyük öneme sahiptir. Damlacık boyutunun azaltılması durumunda ısı geçiş yüzeyi artmakta ve soğutma etkisi buna bağlı olarak etkin hale gelmektedir.

Küçük su damlacıkları yangın üzerine püskürtüldüğü esnada temas yüzeyinin artmasından dolayı daha çok ısı soğurulacaktır. Isının yaklaşık olarak %30-%60 oranında soğurulması yangının kontrol altına alınıp söndürülmesini sağlamaktadır.




TUNNEL
TÜNELCİLİK DERNEĞİ
TURKISH TUNNELLING SOCIETY
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü


T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Hız Düzenleyici Hareketli Aydınlatma Teknolojisi
(PACEMAKER)
AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
DİNAMİK LED YÖNLENDİRME
HIZ VE AKIŞ OPTİMİZASYONU

AVRASYA TÜNELİ HIZ DÜZENLEYİCİ AYDINLATMA (PACEMAKER) SİSTEMİ

2020 yılında entegre edilen Pacemaker sistemi, trafik akışını düzenlemek amacıyla geliştirilmiştir.

- Pacemaker sistemi sayesinde, tünelde araç hızları ve yoğunluk aynı anda arttırılarak verimlilik %8,5 oranında artırılmıştır.
- Pacemaker, CO ve NO2 gibi egzoz gazlarını %12 ve %8 oranında azaltmaya yardımcı olmuştur.

Güncel Durum ve Başarılar:

- Avrasya Tüneli, İstanbul'un ulaşım altyapısında önemli bir yer tutmaktadır.
- 2021 yılında, Pacemaker sistemi New Civil Engineer (NCE) Dergisi tarafından "Tünelcilik Sistemleri, Bakım ve Yenileme Alanında İnovasyon" ödülüne layık görülmüştür.



AVRASYA TÜNELİ HIZ DÜZENLEYİCİ AYDINLATMA (PACEMAKER) SİSTEMİ





TBM ANLIK İZLEME

Körfezray Metro Projesi'nde aktif kazı yapan 6 TBM'e ait operasyonlar 7/24 takip edilmekte ve gerekli müdahaleler yapılmaktadır.

7/24 izlenen ana TBM parametreleri şunlardır;

- EPB / ayna basıncı, ilerleme hızı ve itme kuvveti
- Kesici kafa dönüş hızı, tork ve penetrasyon
- Shield (kalkan) pozisyonu, artikülasyon ve itme kuvveti
- Enjeksiyon miktarı / basınçları ve alınan pasa miktarı
- Anlık yüzey deformasyonları okumaları



TBM Parametreleri Anlık Takip Odası

GÜNLÜK TBM TAKİP SİSTEMİ

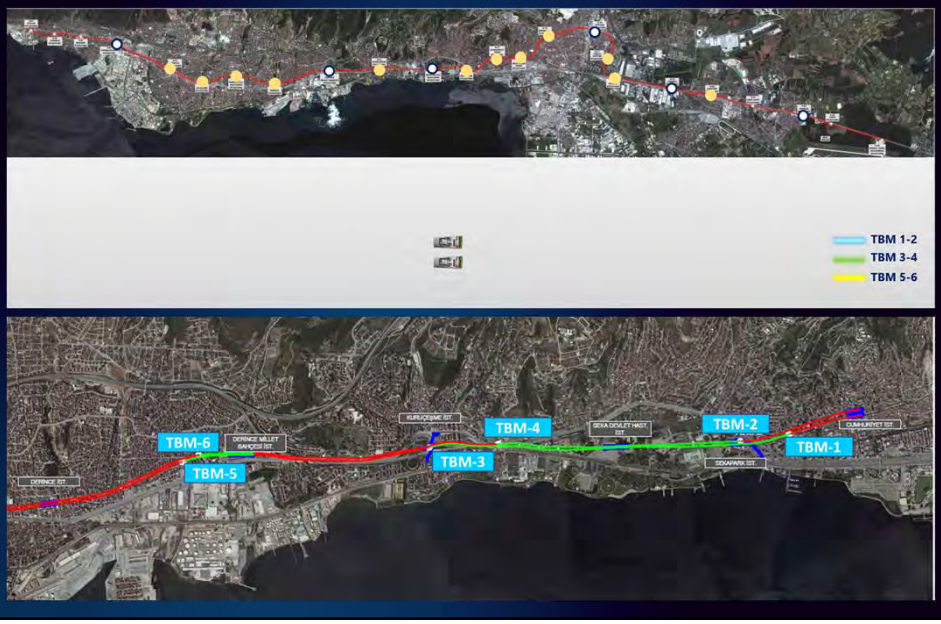
TBM hareketine bağlı deformasyon ve hareketlerini sürekli takip etmek amacıyla, kazı alanının farklı mesafelerde ileri ve geri kısımlarında yeryüzü ölçümleri yapılarak sonuçlar takip edilmekte ve raporlanmaktadır.



YAPI SAĞLIĞI TAKİP SİSTEMİ



6 Adet TBM Kazısı Eş Zamanlı Olarak Yapılmaktadır.





Proje kapsamında yapılan zemin sondaj çalışmaları esnasında yüzeye ulaşan yanıcı gaz çıkışı.
Yüzeye ulaşan gaz 15 gün aralıksız yanmaya devam etmiştir.



TBM GAZ İZLEME

Körfezray Metro Projesi'nde aktif kazı yapan 6 TBM'e gaz takibi 7/24 takip edilmekte ve gerekli müdahaleler yapılmaktadır. TBM'lerde kesici kafa, helezondan banda döküş, ve operatör kabini çevresinde anlık gaz izleme sensörleri yer almaktadır.



TBM kesici kafa bölgesinde yer alan gaz izleme sensörü



TBM helezonu bölgesinde yer alan gaz izleme sensörü

Ayrıca anlık gaz izlemesi için TBM içerisinde ilave gaz ölçüm sistemi de yer almaktadır.

Buna ek olarak seyyar gaz ölçüm cihazları ile TBM ve tünel içerisi de anlık olarak takip edilmektedir.

TBM'de ani gaz gelimine önlem olarak nitrojen jeneratörleri ile kesici kafa haznesine nitrojen gazı basılmakta ve hazne içerisindeki oksijen seviyesi düşürülmektedir. Bu sayede ani gaz parlamasının önüne geçilmektedir.

TBM konveyör bandında hafriyatla gaz taşımını engellemek adına TBM konveyör bandı tamamen kapatılmakta ve tünel içerisine gaz yayılımı engellenmektedir.



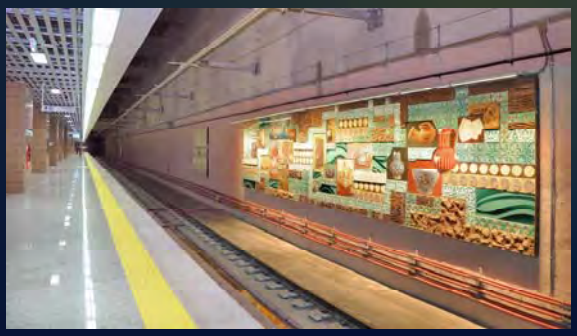
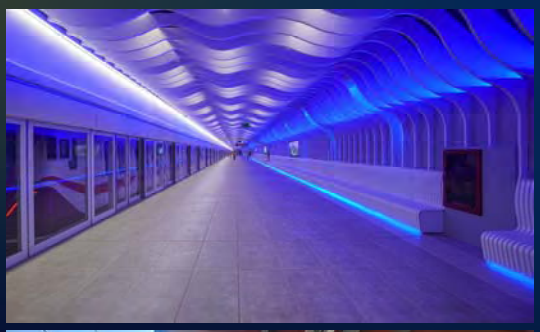
TBM ilave gaz ölçüm sistemi gaz takip paneli



Seyyar gaz ölçüm cihazı



İSTASYONLAR



ÇAM VE SAKURA ŞEHİR HASTANESİ İSTASYONU

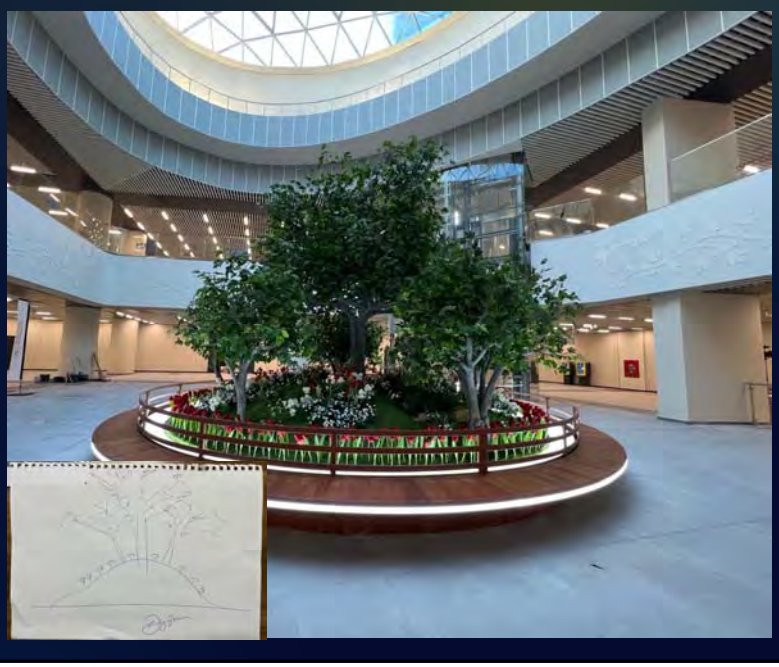


ÇAM VE SAKURA ŞEHİR HASTANESİ İSTASYONU





İNCİRLİ İSTASYONU





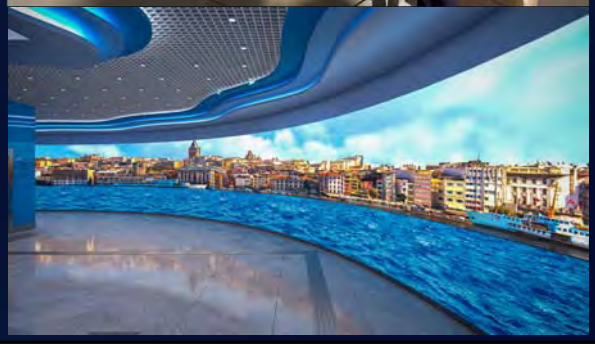
GAYRETTEPE İSTASYONU

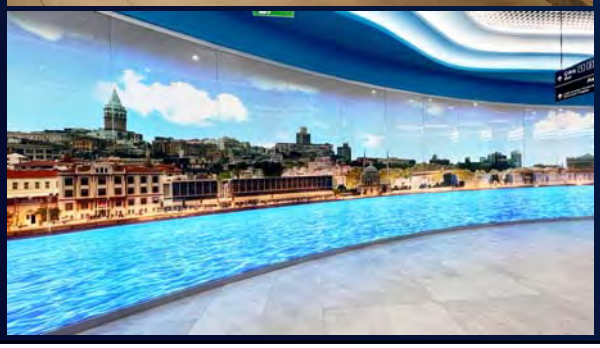


GAYRETTEPE İSTASYONU





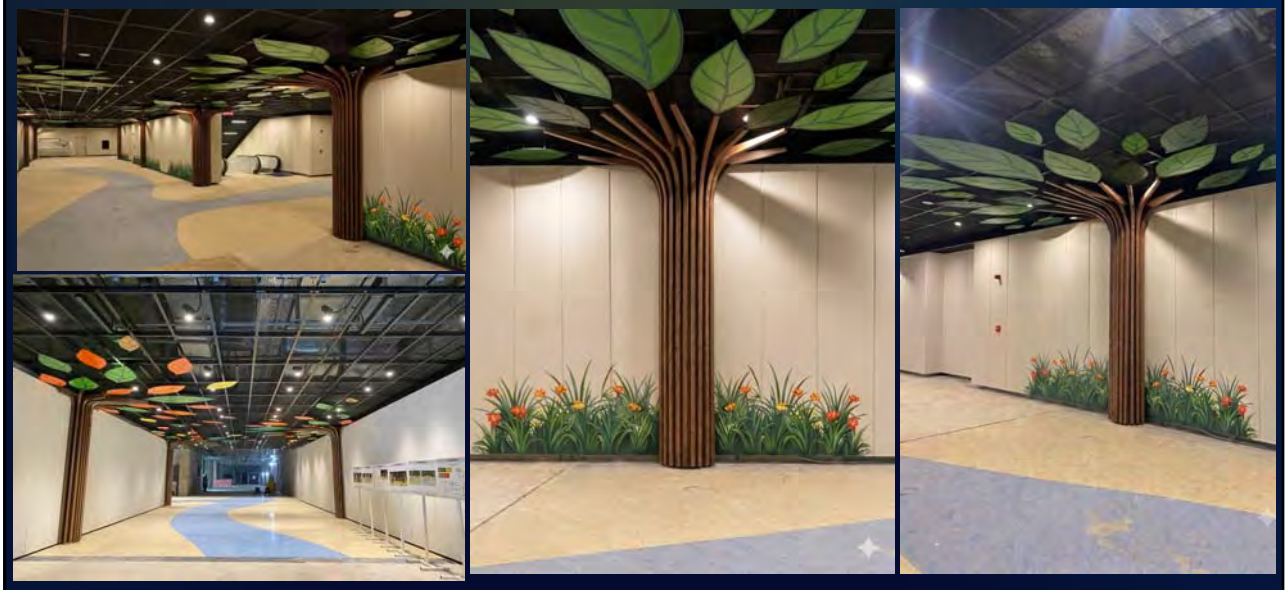




GEBZE DARICA METRO HATTI



GEBZE DARICA METRO HATTI



BURSA -YHT GAR -ŞEHİR HASTANESİ METRO HATTI







BURSA YHT GAR



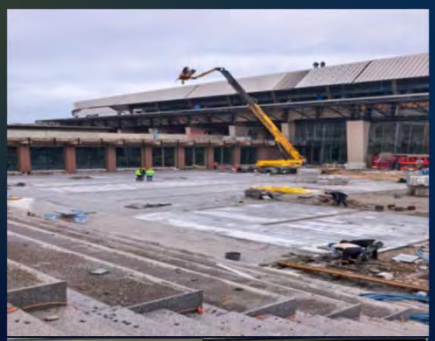
BURSA YHT GAR



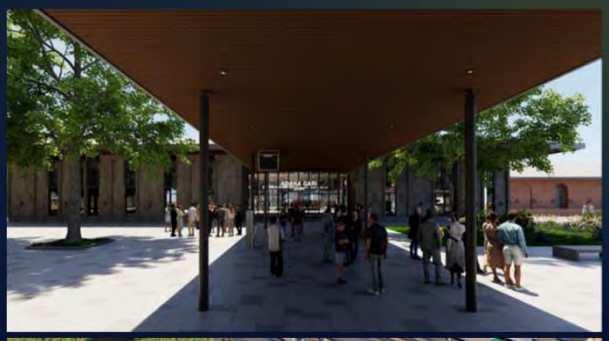




BURSA YHT GAR


ADANA YHT GAR






MERSİN YHT GAR






TARSUS YHT GAR



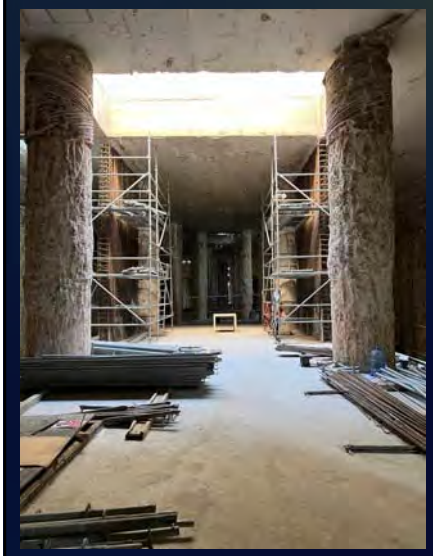



TARSUS YHT GAR



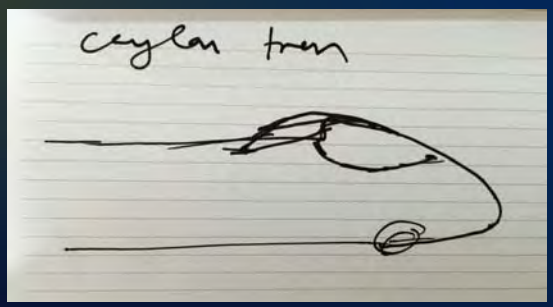


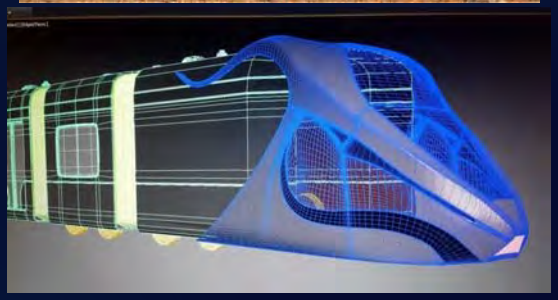
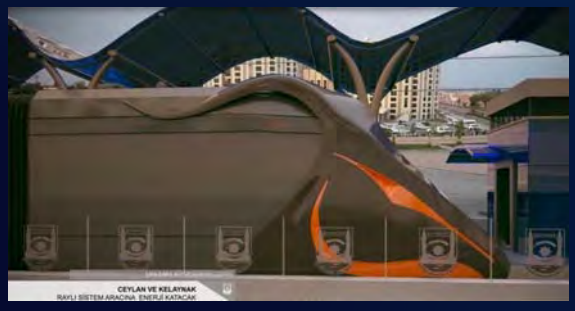

TARSUS YHT GAR



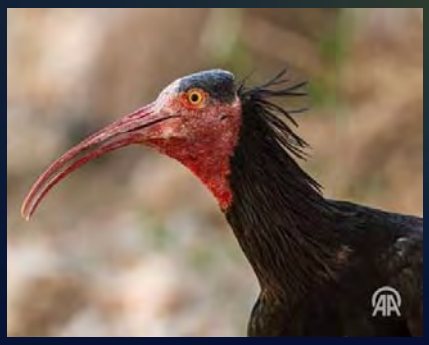


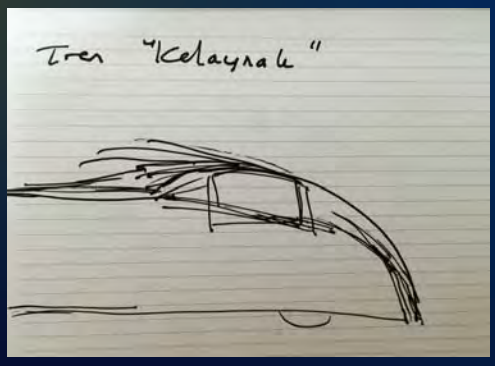
ŞANLIURFA TRAMVAY HATTI

ŞANLIURFA TRAMVAY HATTI

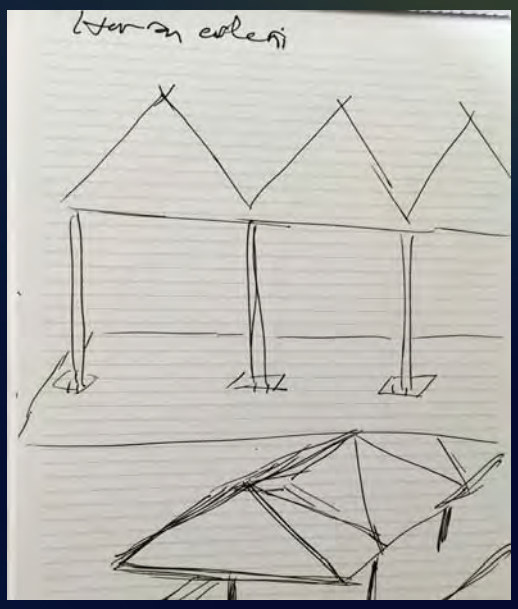








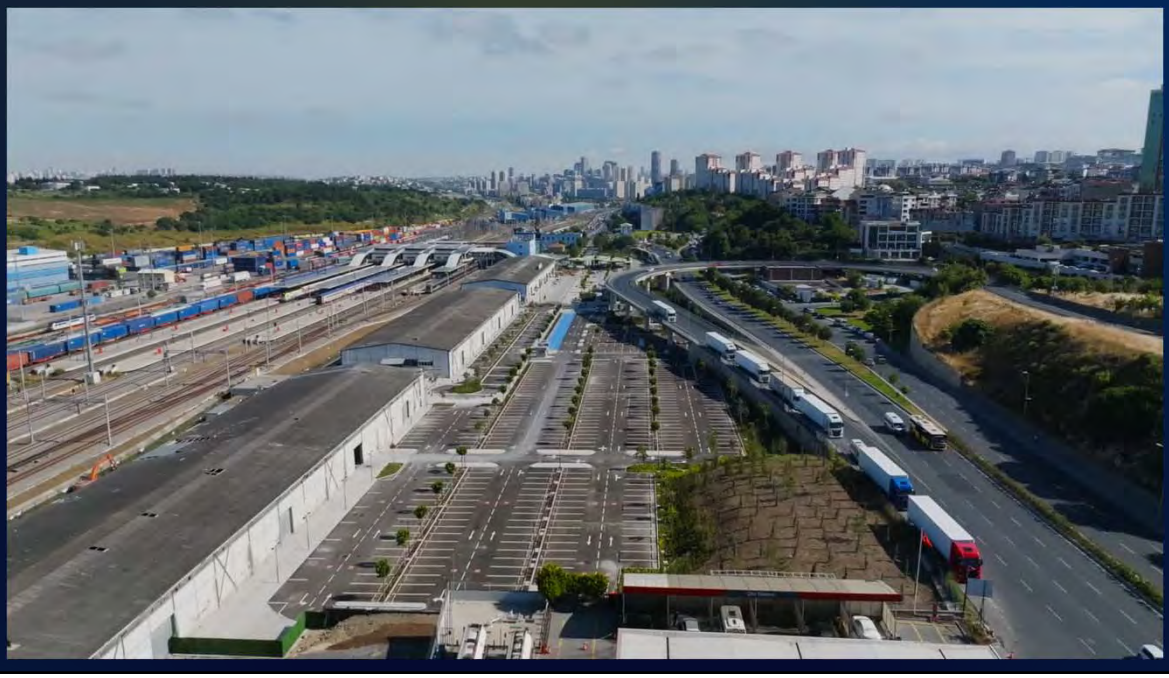
ŞANLIURFA TRAMVAY HATTI







HALKALI İSTASYONU



Uluslararası Tünelcilik Sempozyumu

T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

AYGM Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

TÜNELCİLİK DERNEĞİ TURKISH TUNNELLING SOCIETY

TEŞEKKÜR EDERİZ

www.tunnelturkey.org

DR. YALÇIN EYİGÜN
AYGM GENEL MÜDÜRÜ