



Proje Adi: Rreshen - Kalimash Otoyolu, Thirre Tuneli/Arnavutluk Muteahhit: Bechtel-Enka Ortak Girişim

İNDEKS:

1. Giriş
2. Tunel Dizayni/Insaat
 - 2.1. Zemin Kosullari/Jeolojik Aciklamalar
 - 2.1.1. Bolgesel Jeoloji
 - 2.1.2. Yapisal Jeoloji
 - 2.1.3. Zeminin Fiziksel Ozellikleri
 - 2.1.4. Tunel Kazisinda Gecilen Kaya Birimleri ve Jeolojik-Jeoteknik Kosullar
 - 2.2. Kazi
 - 2.3. Birincil Destekleme
 - 2.4. Beton Kaplama
 - 2.4.1. Giriş
 - 2.4.2. Yalitim
 - 2.4.3. Kemer Betonu
 - 2.4.4. Enjeksiyon Uygulamasi
3. Tunel Gozlem/Deformasyon Olcumleri
4. Tunel Stabilizasyon Calismalari
 - 4.1. Giriş
 - 4.2. Kuzey Tupun Gecici Acilmasi Icin Yapilan Stabilizasyon Calismalari
 - 4.3. Kuzey ve Guney Tuplerin kalici Acilmasi Icin Yapilan Stabilizasyon Calismalari

Hazirlayanlar:

- Serkan Soydan (Insaat Muhendisi)
- Erind Rroko (Insaat Muhendisi)
- Abdurahman Ergin (Tunel Jeoteknik Muhendisi)
- Salih Alkan (Tunel Muduru)

1. GIRIS

Bechtel ENKA Ortak Girişimi (BEJV) Kuzey Arnavutluk'taki Rrëshen – Kalimash Otoyol Projesi 60 kilometre otoyol ile bunun bir parçası olan 5.5 km uzunluğundaki çift tüplü Thirra tünelinin inşaat işlerini üstlenmiştir. Bu proje Adriyatik sahillerindeki Dures limanını Arnavutluk'un kuzey doğusundaki Kukës şehrine ve oradan da doğu Balkan Devletlerine bağlayacak olan daha geniş bir projenin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Balkanlarda, İlyryanın bir parçası olan iki komşu ülkeyi (Arnavutluk ile Kosova'yi) birbirine kavuşturan tünelin 2 sene 12 saat gibi kısa bir süreçte tamamlanması ile, iki ülkenin yıllarca hayal ettiği bir rüya mutlu bir sonuca dönüşmüştür.

2. Zemin Kosulları/Jeolojik Açıklamalar

2.1.1 Bölgesel jeoloji

Thirre tunnel güzergahı literatürde **Mirdita Zone Ophiolites** olarak adlandırılan jura yaşlı ofiyolit zonu içerisinde yer almaktadır. Güzergahın yüzey jeolojisi incelendiğinde, bu zona ait Kukës Ultrabazik Masifi'nin Dunit, pyroxenit birimleri ile gabro ve gabbro-norit ile temsil edilen bazı kayaçların yüzeylendiği görülmüştür.

Dunit; Kukës Ultrabazik Masifi'nin tabanını oluşturan bu birim tunnel güzergahının 3+750 metresinden kuzey portale (Kukës) doğru geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Grimsi koyu yeşil, serpantinleşmiş kesimlerde koyu yeşilimsi siyah renkli olan bu birim, ince mikrokristalin tane dokusu, konkoidal kırılma yüzeyli, orta dayanımlı ve çok çatlaklıdır. Bu birim yer yer içerdiği pyroxen miktarının artması sonucu Harzburgit'e dönüşüm geçirmektedir. Eklemler boyunca yer yer 3-10 cm kalınlığında pyroxenit damarları içermektedir.

Pyroxenit; Bu birim tunnel güzergahının orta bölümünde (3+050/3+750), projenin en yüksek bölgelerinde yüzeylenmektedir. Pyroxenitler genellikle dunit biriminin üzerinde yer almakta, dikkatlice incelendiğinde dunitlerle tedrici geçişli olduğu gözlemlenmiştir. Pyroxenitler genellikle grimsi yeşil renkli, serpantinleşmiş kesimler koyu yeşilimsi, siyah renkli, tane dokusu, kırıklı, çöngünlükla orthopyroxen mineraller (hyperstene, bronzite), yer yer clinopyroxen (diopsid, diopsid) içerirler.

Gabro; Tunnel güzergahının 3+050 ile güney portalı (Thirre) arasındaki geniş bölgede yüzeylenmektedir, pyroxenitlerin üzerinde, bazen içinde intrüzyon yapmış halde görülmektedir. Gabro birimi arazide dış görünüşü itibarıyla gri renkli, taze yüzeyi ise grimsi yeşil olup, plajiyoklaslardan oluşur bazen açık renklidir. Kum boyutunda ince daneli olan bu birim esas olarak Labrador ve Pyroxen içerir. Tunnel kazısı sırasında Dunit ile gabro-norit arasında tedrici geçişli olivine gabro birimleri görülmüştür. Gabro genelde sert ve dayanımlı olup kırıklı veya çok çatlaklı kırıklıdır. Eklemler ve çatlaklar genellikle magnezite dolguludur. Ayrıca hidrotermal ayrışma sonucu fay zonları ve eklemler kloritleşmiştir.

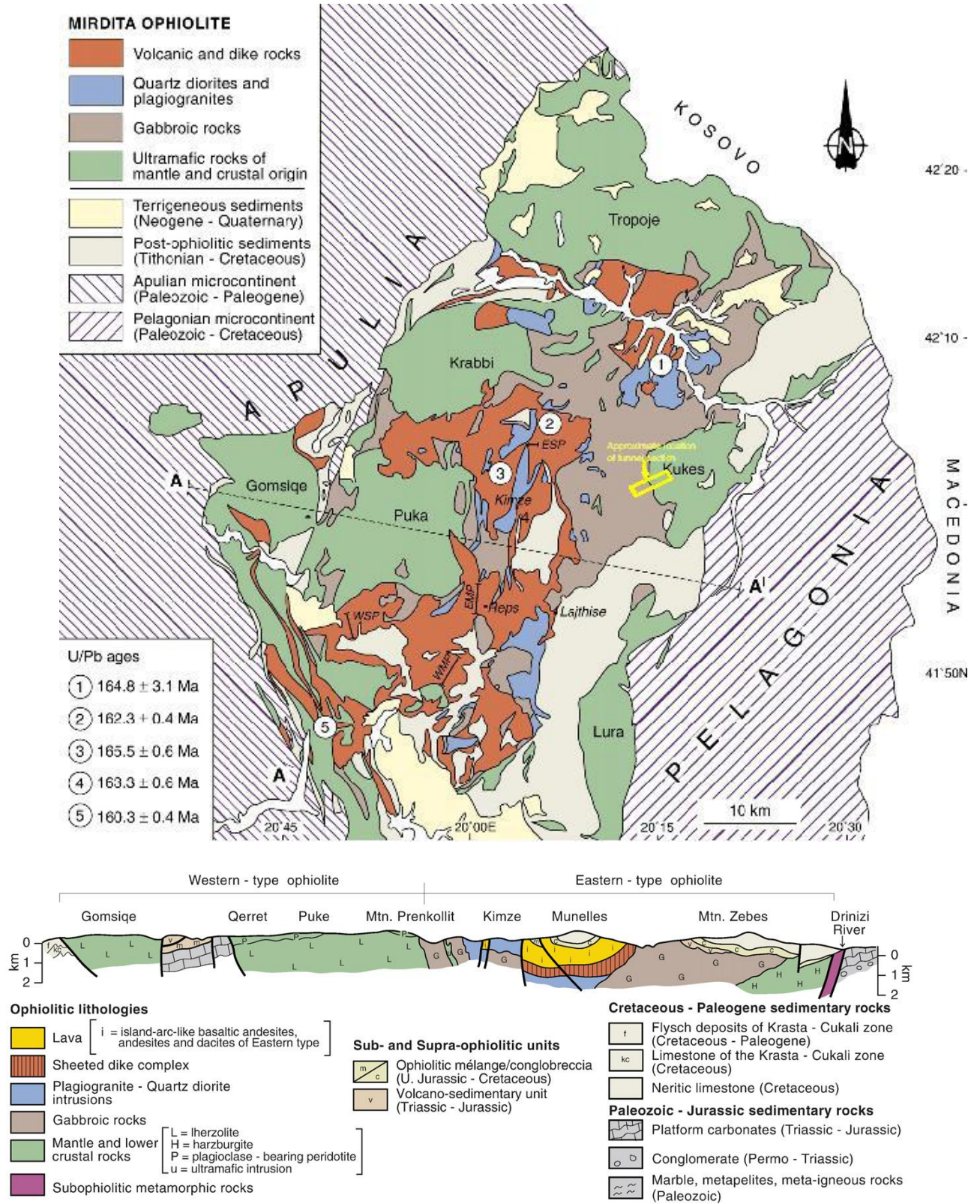
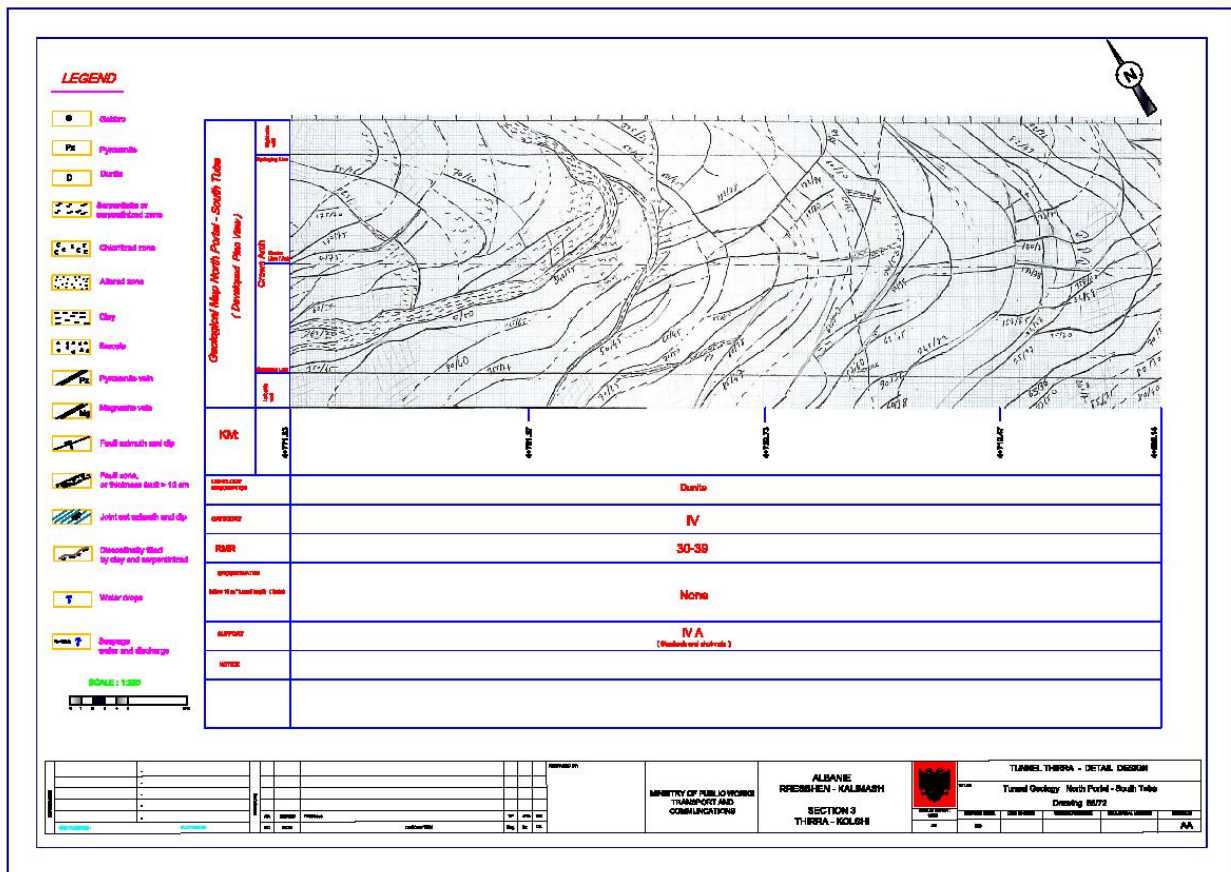
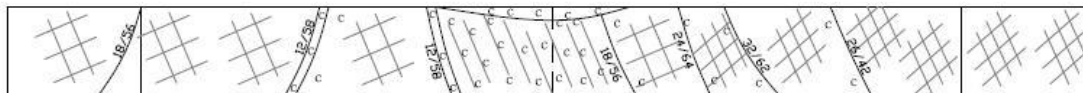


Fig
Mirdita Zone ophiolites ile Apulian ve Pelagonian kita kenar birimlerinin yapisal kesitleri. Dusey kabarma yoktur.



ALBANIA RRESSHEN-KALIMASH MOTORWAY PROJECT GEOLOGICAL SECTION FOR SOUTH PORTAL (NORTH TUBE)

KM:2+643.90 STEELARCH NO:573 DATE:31.01.2009 TIME:23.00



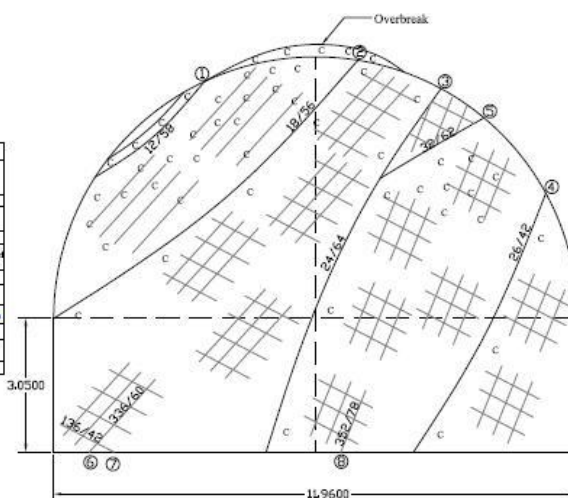
CONDITION OF DISCONTINUITIES

Parameter	Range of values				
Length of discontinuities	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Rating	5	4	3	2	1
Separation	no separation	<0.1 mm	>0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
Rating	5	5	4	3	1
Roughness	very rough	rough	highly rough	smooth	alkalinated
Rating	5	5	3	1	0
Gouge	no gouge	hard gouge	soft gouge		
Rating	5	<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
Rating	5	4	3	2	0
Weathering	unweathered	slightly weathered	moderately weathered	highly weathered	Discompe act
Rating	5	5	3	1	0

GEOMECHANIC CLASSIFICATION

PARAMETER	RANGES OF VALUES	Rating
Uniaxial compressive strength	100-200 MPa	12
Core quality RQD	25-50 % <30 %	6
Spacing of discontinuities	80-200 mm, <80 mm	6
Condition of discontinuities	Soft Discontinuity High or Separation > 5 mm	5
Ground water	Damp	13

TOTAL 42
 Rating Adjustment for Joint Orientation -12
ROCK MASS CLASSES IV



OBSERVATION NO. DESCRIPTION

- 1-Fault 12/38 Und, 10-20 cm thickness and chlorite filling
- 2-Fault 18/36 Und, 1-5 cm thickness and chlorite filling
- 3-Fault 24/64 Und, 1-5 cm thickness and chlorite filling
- 4-Fault 26/42 Und, 1-5 cm thickness and chlorite filling
- 5-Fault 32/62 Und, 1-5 cm thickness and chlorite filling
- 6-Joint set 336/60 spacing 6-20 cm, length 10-20 m, und smooth, moderately weathered, separation 1-5 mm
- 7-Joint set 336/42 spacing <5 cm, length >20 m, und smooth, highly weathered, separation >5 mm
- 8-Joint set 352/78 spacing 6-20 cm, length 10-20 m, und smooth, moderately weathered, separation 1-5 mm
- 9-Tunnel face composed of gabbro chlorite units

Note:

Tunnel were excavated in Thirra dark, coarse grained. Intrusive igneous rock chemically equivalent to basalt Gabbro unit. Gabbro is dense, greenish or dark colored and contains varied percentages of pyroxenes, plagioclase and olivine

ISMAIL SOLAK

Geotechnical Engineer

Supervisor Engineer

2.1.2 Yapısal jeoloji

Faylanma; Tunel güzergahının tamamı fay sistemlerinden oluşan bir zon içerisinde yer almaktadır. Bu fay zonu, değişik ana faylar ile bunlara paralel ve/veya değişik açılarla kesilen tali faylardan oluşmaktadır. Gerek sahada, gerekse tunel kazısında 4 farklı konumda fay sistemi görülmüştür. Bunlar;

1. Grup 300-360/60-80 veya 00-20/60-80 konumlu (tunel eksenine paralel, NW veya NE'ya 60-80° eğimli) faylar olup, bu gruptakiler tunel güzergahında ve tunel kazısında en çok rastlanılan faylardır.
2. Grup 120-200/60-80 konumlu (tunel eksenine paralel, SE veya SW'ya 60-80° eğimli) faylar dir,
3. Grup 30-110/10-50 konumlu (tunel eksenine dik, NE'ya veya kısmen SE'ya 10-50° eğimli) faylar,
4. Grup Seyrek olarak görülen, 210-290/10-50° konumlu (tunel eksenine dik, SW veya kısmen NW'ya 10-50° eğimli) faylardır.

Tunel kazısı sırasında her rauntda mutlaka birden fazla tali fay gözlenmiştir. Söz konusu tali faylar dalgali olup, çöğünün atımları santimetre (birkaç cm ile 50-60 cm) mertebesinde ve açıklıkları 1-10 cm dolayındadır. Ancak ana faylar ile bazı tali faylar zon halinde olup açıklıkları 10-150 cm arasında değişmekte, kalın serpantinesme, fay kili ve Brescia içermekte, atılımlarının büyük olduğu gözlenmektedir. Güzergah boyunca genellikle, eksene dik KD'ya ve kısmen GD'ya eğimli fayların diğer fayları kestikleri görülür. Bazen aksi durumlar da gözlenmiş olup, bu da sık sık tekrarlanan değişik yöndeki gerilmelerin etkisiyle oluşan yer hareketleriyle izah edilebilir. Ayrıca bazen içinde bulunduğu sistemin ters yönünde konumlanan tali faylar vardır ki, bunlar fay zonundaki makaslama etkisiyle oluşmuşlardır.

Yüzey jeolojisi çalışmasında, South Portall'in GB istikametinde yaklaşık 250 m mesafede görülebilen ve KD ya doğru Rerr Kumbulles deresi sol yamacında yer yer takibedilebilen, tunel aksini yüzeyde yaklaşık 3+750 km de dar bir açıyla keserek KD yönünde devam ettiği görülen bir fay, uzunluk ve zon genişliği açısından güzergahta tesbit edilebilen en büyük fay niteliğindedir. Muhtemel sağ yönlü doğrultu atımlı fay niteliğindeki bu fayın etkinlik alanında, gabrolarda yoğun kloritlesme, dunit ve pyroxenitlerde ise serpantinleşme görülmektedir. Bu fayla birlikte, tunel güzergahının 3+300 km'indeki yan dere boyunca geçen fay ve bu faydan itibaren KD yönünde uzanan diğer faylar faylar nedeniyle tunel güzergahının 3+300-4+500 km'leri arası yoğun fay etkinliğinin bulunduğu alan durumundadır. Bunların dışında, güzergahın 4+900, 5+100, 5+450 km'lerinde KB-GD doğrultulu, 60°-80°KD eğimli fay zonları görülmektedir.

Eklemler: Gerek tunel güzergahında, gerekse tunel kazısında gözlenen 4 grup fay sistemi ile benzer konumlu dört eklem sistemide gözlenmiştir. Bu sistemlerin en az ucu bir arada bulunmaktadır. 4. grubu oluşturan 210-290/10-50 konumlu eklem sistemi muhtemelen ultrabazik masif tabaniyla uyumludur Eklemler; genellikle dalgali, 6-20 cm sıklıkta, yer yer 20-60 cm sıklıkta olup açıklıkları birkaç mm, bazen ≥ 5 mm'dir. Yüzeyleri dunitlerde serpantinleşmeli ve kil dolgulu, gabrolarda kloritleşmeli ve kil dolgulu veya kaplamalıdır. Yüzeyleri düz veya kayma yüzeylidir. Gabroda sık sık, ultrabaziklerde ise seyrek olarak eklemler ve diğer çatlaklar mm mertebesinde 5 cm'ye varan kalınlıklarda magnesite dolguludur.

Alterasyon: Tunel güzergahındaki birimlerde iki çeşit alterasyon gözlenmiştir. Dunit ve pyroxenitlerde serpantinleşme, gabrolarda ise kloritleşme ve killeşme görülmektedir.

Dunit ve pyroxenleri kesen fay zonlarında yogun bir serpantinlesme gorulur. Bunun nedeni; CO₂ ile yuklu genc veya hydrothermal sularinin yarik ve catlaklarda dolusarak bu sular ile ultrabazik arasındaki kontakt zonda bilhassa olivine ile ortopyroxenler serpentine donusmektedir. Soz konusu reaksiyon asagida verilmistir.

Reaksiyon a:

Olivin + Su + Karbonik asit → Serpentine + Manyetite + Metan

Reaksiyon b:

Olivin + Su + Karbonik asit → Serpentine + Manyetite + Magnezit + Silika

Gabro biriminde de hydrothermal sular clinopyroxenleri (Ca,Mg,Fe²,Fe³,Al)Si₂O₂ chlorite (Mg,Fe,Al)₆(Si,Al)₄O₁₀(OH)₈ donusturmus, plajoklaslar killesmistir. Boylelikle hydrothermal sivilarin gectigi fay zonlari ve diger sureksizliklerde kloritlesme ve killesme seklinde alterasyon gorulmektedir. Ozet olarak hydrothermal alterasyon sonucunda, tunel guzergahinda yer alan birimler fay zonlarında ve diger sureksizlikler boyunca asagida gorulen donusume ugramistir.

Dunit/Pyroxenite (saglam kayac) → Serpentine (zayif kayac)

Gabro (saglam kayac) → Pyroxenes (klorit) and Plagioklas (kil)

Soz konusu alterasyon zonlarında, tunnel acimi esnasında olumsuz sartlar olusturmakta, overbreak, gocuk ve deformasyonlara neden olmaktadır.

Hydrojeoloji: Tunel guzergahında, Guney Portal tarafında, guzergahın kuzeyinde Përr Menës deresi, guneyinde de Përr Kumbulles dereleri guney batiya dogru tunnel portalinin 250 m gerisinde birleserek akmaktadır. Kuzey Portal tarafında da, yine kuzeyde Përr Kumbulles deresi ve buna kavusan Përr Majes Runjes deresi ile guzergahın guneyinde Përr Kroil te Pulave dereleri portalin 500 m kuzeydogusunda birleserek akmaktadır. Soz konusu dereler yagmur ve yukseklerde eriyen kar sulari ile beslenmekte, beslenme alaninin azligi nedeniyle yazın sular asiri derecede azalmaktadır.

Tunel guzergahında yer alan birimler (Dunit, Pyroxenite, Gabro) cok catlakli-kirikli olmalarına ragmen, sureksizliklerin serpentin, chlorite, magnezite ve kil dolgulu olmaları nedeniyle gecirimsiz veya az gecirimli olup, akifer olusturmamaktadırlar. Guzergaha en yakin mesafedeki Drini nehri ve South Portall tarafında Repe'e dogru akan Përr Kumbulles deresinin talveg kotları tunel kotunun cok altında kalmakta ve mevcut yeraltisuyu bu kotlarda desarj olmaktadır. Bu nedenle, tunnel guzergahında yeraltisu seviyesi tunnel taban kotunun altında kalmakta ve guzergah boyunca yuzey sularından beslenen derelerden bazi acik catlak ve kirik zonları boyunca sızan sızıntı suları dışında yeraltisuyu sorunu bulunmamaktadır. Kazi esnasında bazi fay zonlarında damlama, sızıntı ve azami 30 litre/min debili akıntılar dışında kayda deger yeraltisuyu ile karsilasilmamıştır.

Sismik Risk

Tirana Sismoloji Enstitüsü'nun (1989) ALTEA cikarmis oldugu sismik bolgesel haritalar baz alınirsa, proje bolgesinin VII derece (XII uzerinden) sismik sidete sahip oldugu gorulur. Buda bize bu bolge ve civarında buyuk bir deprem riski olmadigini gosterir fakat genede digger bolgelerdeki buyuk depremlerin bu bolgeyi etkilemesi beklenmektedir.

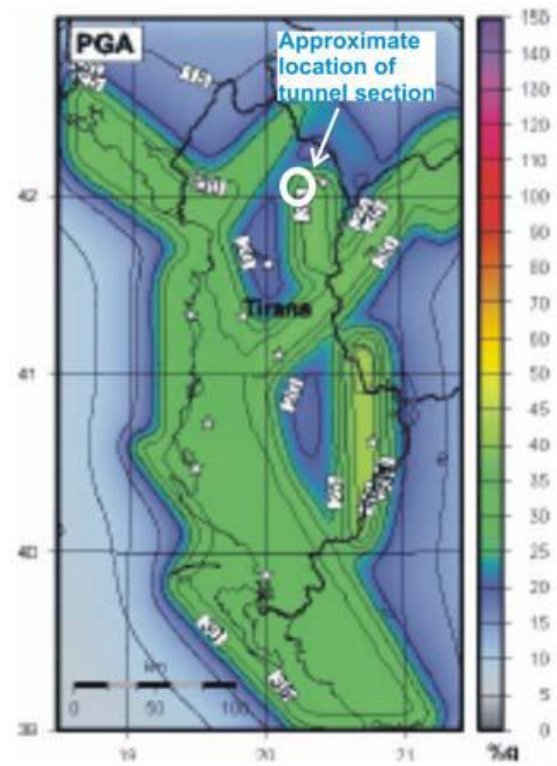
En son yayımlara göre (örn: S. Aliaj et al., 2004) baskın bir şekilde buyuyan Korca-Ohrid bölgesini Arnavutluk'taki en yüksek sismik tehlike olarak belirlemektedir (aşağıdaki haritaya bakınız). Yinede proje bölgesinde tahmin edilen en yüksek zemin ivmesi %90 güven seviyesi $\leq 0.35 \cdot g$ 'dır ki bu IV ve V derece siddete karşılık gelir, buda bir şekilde ALTEA'nin belirlediği (VII derece) degerin altındadır. VII dereceden düşük olan zemin titreşimleri tuncle ciddi hasar vemez ama betonda çatlamalara, küçük kaymalara ve fay hatlarındaki suyun artmasına yol açabilir.

Bu nedenle denebilirki zemin sallanmaları genellikle tuncle ciddi zararlar vermez ama inşaat sırasında, özellikle de IV'un ve V'in birincil desteklemesi sırasında, bir risk faktörü olarak göz önüne alınmalıdır.

Geolojik incelemeler sırasında fay hatları boyunca herhangi bir güncel sismik aktiviteye rastlanmamıştır (örn: fay ucu durumları) ve tuncle bölgesi ve civarının sismik riskinin az olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Historical and instrumental record of seismicity in Albania (from Aliaj et al., 2004). Red: historical catalogue, grey: recent catalogue since 1964. Magnitude range from 2.0 to 7.0



Map of probabilistic peak-ground-acceleration on rock for a period of 50 years at a confidence level of 90%. (From Aliaj et al., 2004)

2.1.3 Zeminin Fiziksel Özellikleri

Tuncle kesiti boyunca alınan litoloji numunelerin saha ve laboratuvar testlerini A.L.T.E.A & GEOSTUDIO 2000 Şh.p.k firması yapmıştır. Aşağıda gabbro ve ultrabazik kayaların (dunite, pyroxenite) konu ile ilgili datalarını bulabilirsiniz.

<i>Fiziksel Ozellikler</i>	<i>GABBRO</i>	<i>ULTRABASIC KAYAÇLAR</i>
Yigin yogunlugu	2350 – 2750 kg/m ³	2850 – 2950 kg/m ³
Gecirgenlik	5x10 ⁻⁴ – 5x10 ⁻⁵ cm/sec	5x10 ⁻³ – 5x10 ⁻⁴ cm/sec
Poisson orani	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20
RQD	(50 – 55%) 70%	(40 – 45%) 60%
Deformasyon modulu	3.5x10 ³ – 2.2x10 ⁴ MPa	2.6x10 ² – 2.8x10 ³ MPa
Tek eksenli basinc mukavemeti	90 – 100 MPa	80 – 90 MPa
Jeotermik derece / 100m	2.4 – 2.5 °C	2.4 – 2.5 °C

ALTEA tarafından verilen bu degerler literaturde daha once buna benzer kayalar icin verilen degerlerle karsilastirilince gercekci gorunmektedir. Sadece RQD degeri alcak gorunmektedir, bu da uygun olmayan delme ekipmani yuzunden olabilir. Yularki tabloda bu deger gercekci degerlere gore duzeltilmistir.

2.1.4 Tunel kazisinda gecilen kaya birimleri ve jeolojik-jeoteknik kosullar

Tunel kazisi baslangic km'si olan Guney Portal'in 0+367 km'sinden itibaren gecilen kaya birimleri asagidaki gibidir.

Kuzey Tup

Km (0+367- 2+536) Gabro, Gabro-Norite

Km (2+536 – 2+616) Olivin gabro

Km (2+616- 5+843) Dunite

Guney Tup

Km (0+367 – 2+425) Gabro, gabro-Norite

Km (2+425 – 2+600) Olivin gabro

Km (2+600 – 5+834) Dunite

Yuzey jeolojisinde tunnel guzergahinin orta kesiminde yuzeylenen pyroxenite birimine tunnel kazisinda rastlanilmamistir. Ancak, yer yer kesitte ayirtlanamayacak boyutlarda ince pyroxenite damarlari gorulmektedir. Ayrica, tunnel kazisinda karsilasilan serpentinlerin genelde dunite orijinli oldugu, orta kesimlerde ise yer yer parlak siyahimsi koyu yesil rengiyle pyroxenite orijinli oldugu izlenimini vermistir. Bu nedenle tunnel guzergahinin orta kesimlerinde yuzeylenen pyroxenite biriminin, egim yonunde incelerek kamalandigi, tunnel seviyesine gelindiginde ise yer yer damar ve kucuk mercekler halinde bulundugu, bunun da tamamen serpentinite donustugu dusunulmektedir.

Yine yuzeyde yuzeylenmemis olan Olivin Gabro'nun tunnel kazisinda rastlanilmis olmasi, bu birimin Gabro-Norit ile ve hatta Dunite ile dikey ve yanal gecisli oldugu anlasilmaktadir.

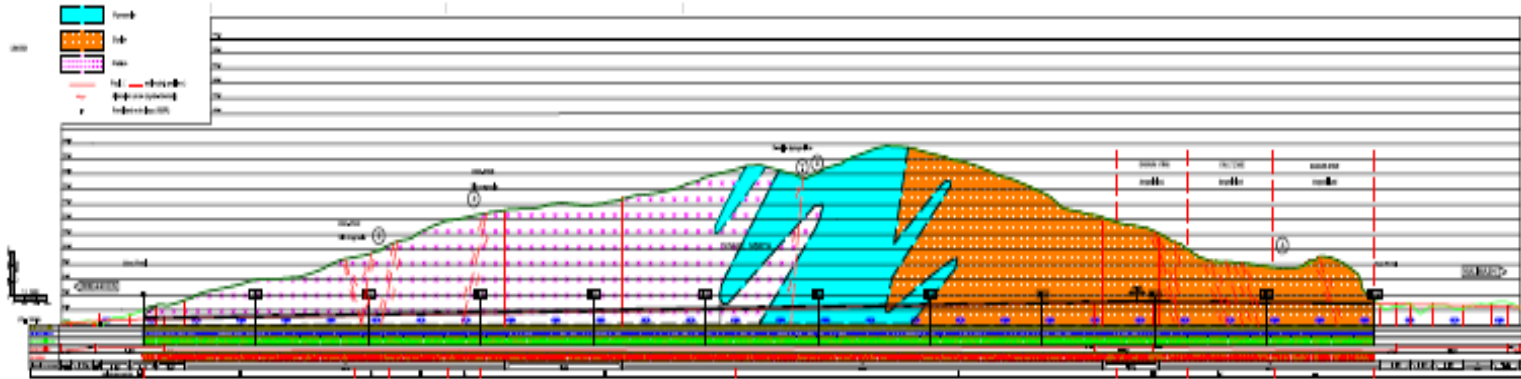


Selected Tunnel Alignment

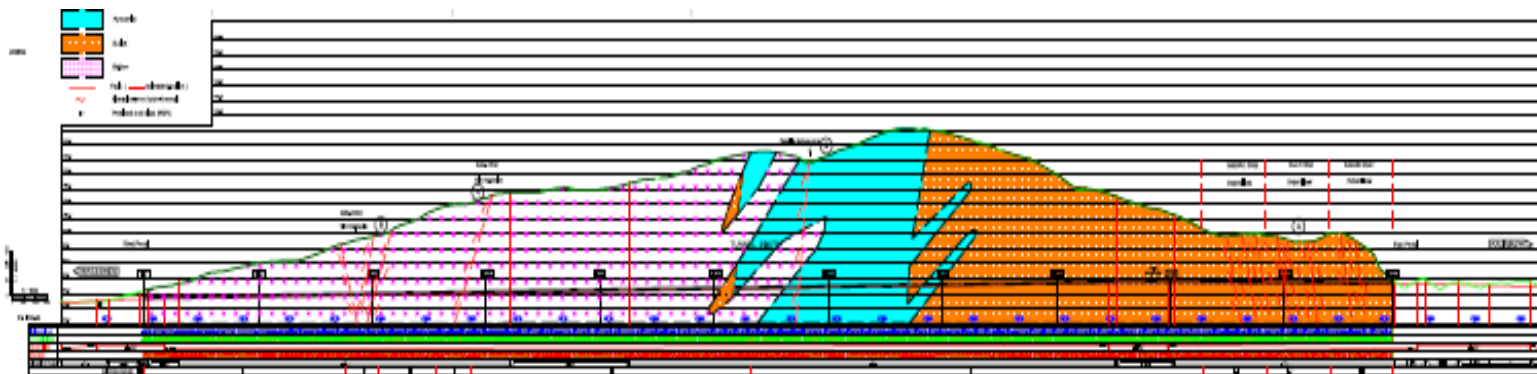
Gabbro

Pyroxenite

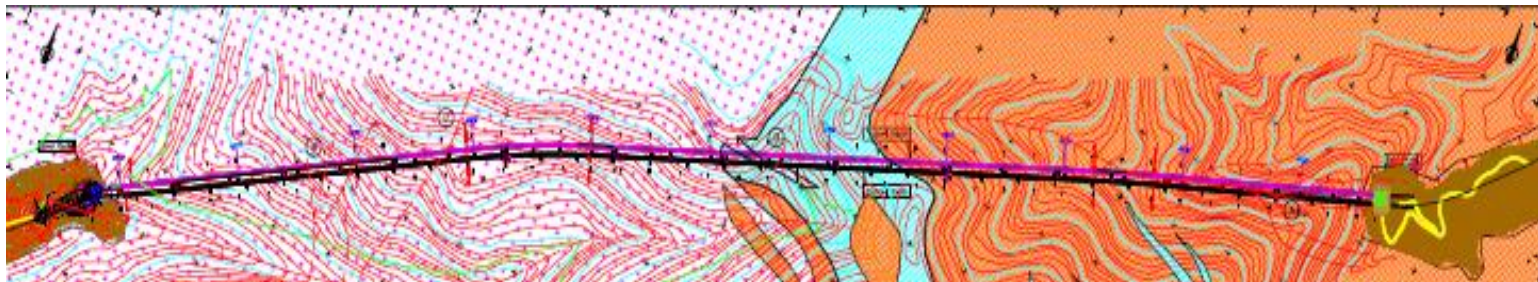
Dunite



NORTH TUBE



SOUTH TUBE



Gabbro

Pyroxenite

Dunite

2.2. Kazi

Tunel kazisi, design ve teknik sarnamenin tanımladığı şekilde kayacın RMR (Geomechanical Classification Bieniawski,1979) değeri baz alınarak tespit edilen Kazi-Destekleme Class'ına uygun gerçekleştirilmiştir.

Class I, II, III Tüm kesit

Class VI a Tüm kesit

Class VI b Ust yari - Alt yari

Class V a Ust yari - Alt yari

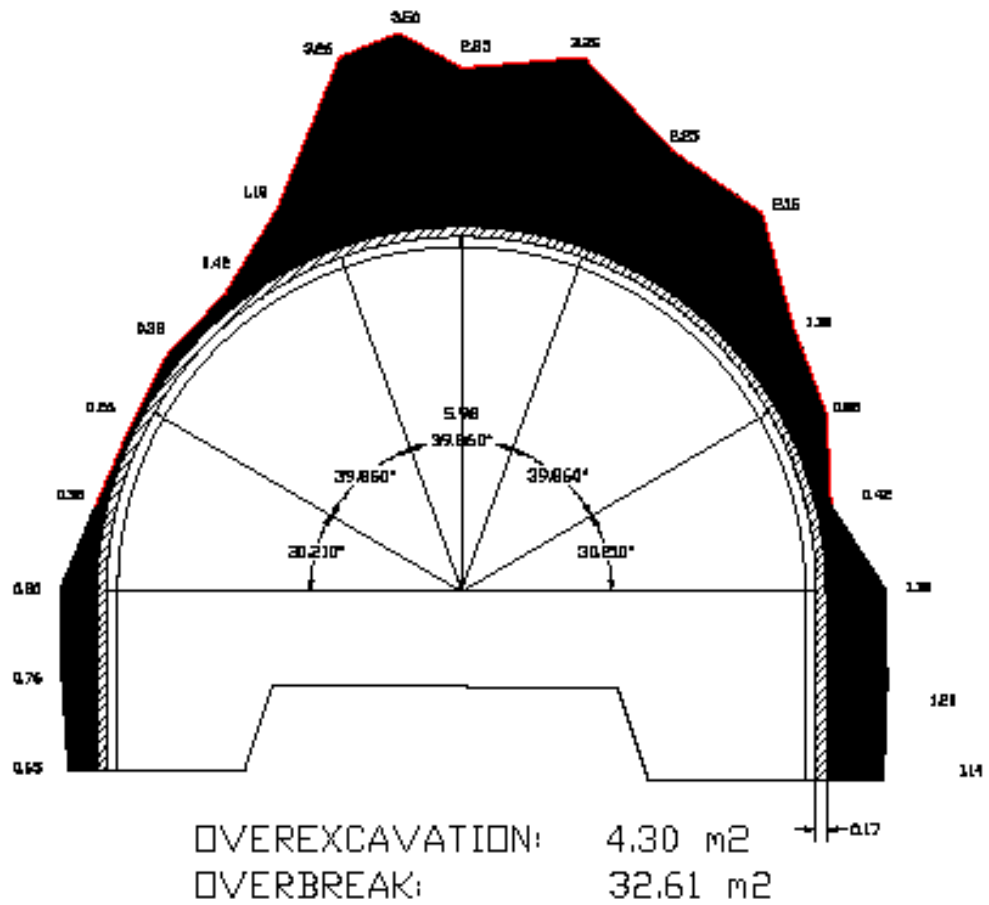
Class V b Ust yari - Alt yari – Invert kazisi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Projenin Genelinde kazi-destekleme class yuzdeleri

Class III % 26

Class VI % 70

Class V % 4, olmuştur.

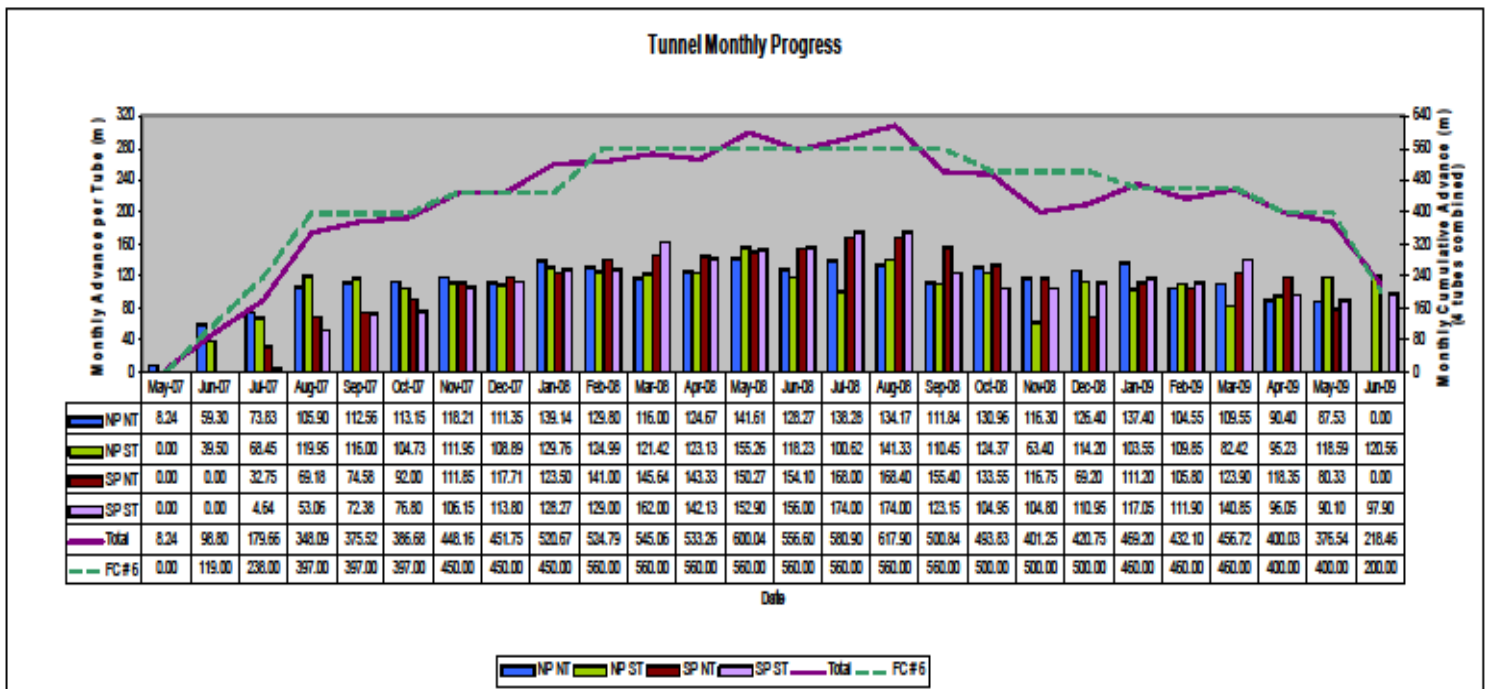


Tunnel Excavation Progress Summary

The overall progress of tunnel excavation each month is summarized in the table below.

Monthly Advance (m)	NP NT	NP ST	SP NT	SP ST	TOTAL (all tubes combined)	% by Class		
						III	IV	V
2007								
May	8.24	0.00	0.00	0.00	8.24	0%	100%	0%
June	59.30	39.50	0.00	0.00	98.80	0%	100%	0%
July	73.83	68.45	32.75	4.64	179.66	6%	93%	0%
August	105.90	119.95	69.18	53.06	348.09	0%	89%	11%
September	112.56	116.00	74.58	72.38	375.52	6%	88%	6%
October	113.15	104.73	92.00	76.80	386.68	4%	95%	1%
November	118.21	111.95	111.85	106.15	448.16	3%	97%	0%
December	111.35	108.89	117.71	113.80	451.75	0%	100%	0%
2008								
January	139.14	129.76	123.50	128.27	520.67	31%	69%	0%
February	129.80	124.99	141.00	129.00	524.79	94%	6%	0%
March	116.00	121.42	145.64	162.00	545.06	51%	49%	0%
April	124.67	123.13	143.33	142.13	533.26	16%	84%	0%
May	141.61	155.26	150.27	152.90	600.04	53%	47%	0%
June	128.27	118.23	154.10	156.00	556.60	55%	45%	0%
July	138.28	100.62	168.00	174.00	580.90	59%	39%	2%
August	134.17	141.33	168.40	174.00	617.90	50%	50%	0%
September	111.84	110.45	155.40	123.15	500.84	36%	64%	0%
October	130.96	124.37	133.55	104.95	493.83	8%	89%	3%
November	116.30	63.40	116.75	104.80	401.25	19%	68%	13%
December	126.40	114.20	69.20	110.95	420.75	45%	51%	4%

2009								
January	137.40	103.55	111.20	117.05	469.20	13%	83%	4%
February	104.55	109.85	105.80	111.90	432.10	0%	97%	3%
March	109.55	82.42	123.90	140.85	456.72	0%	87%	13%
April	90.40	95.23	118.35	96.05	400.03	0%	73%	27%
May	87.53	118.59	80.33	90.10	376.54	0%	92%	8%
June	0.00	120.56	0.00	97.90	218.46	0%	100%	0%
Total (for each tube)	2,769.40	2,726.83	2,706.78	2,742.83	10,945.83	26%	70%	4%
Forecast					10,945.83	33%	65%	2%



Tunel sarnmesi ve Design larda her ne kadar tunelin NATM metoduna uygun kazilip desteklenecegi belirtilmis olsada ,uygulamada design dan kaynaklanan yogun steel arch (HEB 180) kullanimi, hasir celik ve bulon kullanilmamasi, NATM in ‘zeminin kendi kendini tasiyabilecegi ve bu surecte bir miktar deformasyon yapmasina musade edilebilecegi’ felsefesine tamamen zit bir uygulama yapmak zorunda kalinmistir.Bu uygulamanin zeminin karakterislik yapisi ve deformasyon yapmamasini nedeniyle uzun sure tunnelede hatiri sayilir bir problem ve gecikme yasanmamistir. Ancak her iki tupdede, overburden in 650 m ulastigi ,yogun fay ve teknotik problemlerin oldugu ozetle kayacin kendi kendini tasimasina ve kemerlenmesine imkan olmayan sartlardaki, km 2+600 ile km 3+500 arasinda 1,5 m varan yuksek deformasyonlar olusmustur.Bu problemler ve alinan onlemler ve sonuclari ileride detaylica belirtilecektir.



Kuzey Portal



Guney Portal

İki tupten olusan ,5475 m x 2 =10945 m uzunlugundaki tunelin kazisinda uzun bir deneyim sureci yasanmistir.Bu surecin baslangicinda her iki tupte de uzun sure zeminde deformasyon problemi ile karsilasilmamistir,buna mukabil yukarda jeolojik aciklamalardada detayli bahsedilen serpantilesme ve kloritlesme olan kayac bolgelirde asiri overbreak-kaya dumsuzlari ve gocukler olmus (%7 civarinda overbreak olusmustur) ve bu zorluklar modern tunnel teknolojisi urun ve metodlari uygulanarak zaman kaybetmeksizin hizli ve emniyetsiz bir ilerleme saglanarak, 2 sene 12 saatte kazi destekleme calismalari tamamlanarak iki ulkenin ruyasi gerceklestirilmistir.

2.3. Birincil Destekleme

Uygulamada kazi destekleme classina, kayacin RMR degerine gore kazi aynasinda karar verilmektedir.Proje asamasinda belirlenen kazi-destekleme siniflarindan ve jeolojik sartlardan farkli durumlarda karsilasilmasi halinde degisik duzenleme ve uygulamalar yapilmistir.





Tunel kazisi, Class III ve Class IVa da genellikle delme patlama seklinde(Patlayici olarak Emulite TG ,1,3 kg/m³ - 1.86 drn/m³) ,Class IVb ve Class V de excavatorlere monteli kiricilarla gerceklestirilmistir.Primary support da asil olan kayacin mumkun oldugunca kısa surede designa uygun olarak desteklenmesinin yapilarak kemerlesmesine yardimci olmaktir.Desteklenmenin tamamlanma sureci , ilerleme raundlarinin boylarini belirler. Ilerleme boylari, ekip ve ekipmanin yaptigi permormansa gore her vardiye suresinde,

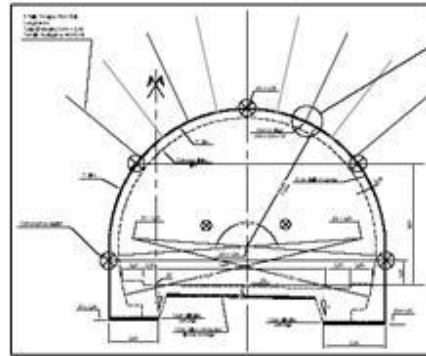
Class II	3m
Class VI	1.5 / 2 m
Class V	1 / 1.5 m, olmustur

Kazi-destekleme tipleri kazi clasina bagli olarak design da assagida belirtildigi sekildedir;

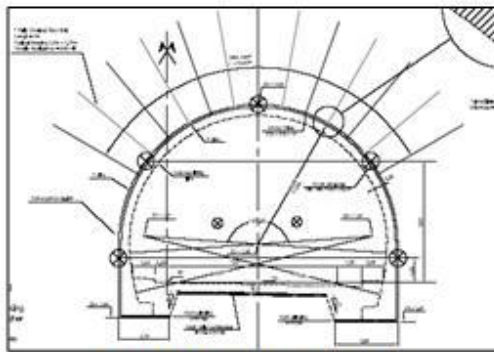
Class III	3m ilerleme boyu, Puskurtme betonu (t=10 cm) + Bulon 4m (1.5 m x 1.5 m sistematik)
Class VI	1.5 / 2 m ilerleme boyu, IKSA (HEB180) + Puskurtme betonu (18 cm)
Class V	1 / 1.5 m, ilerleme boyu, IKSA (HEB180) + Puskurtme betonu (18 cm).

Tunnel Ground Support Categories I, II & III

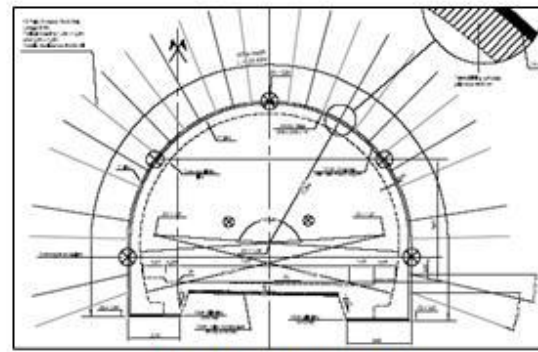
NATM Design Philosophy using Rock Bolts, Wire Mesh & Shotcrete.



Rock Mass Category I



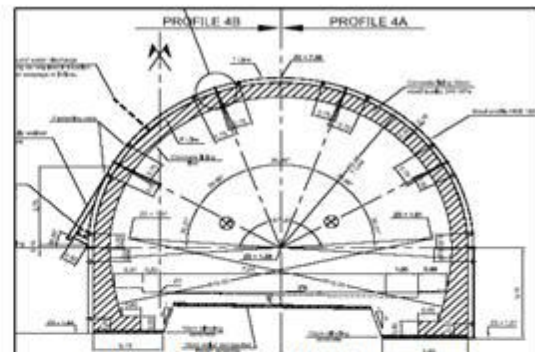
Rock Mass Category II



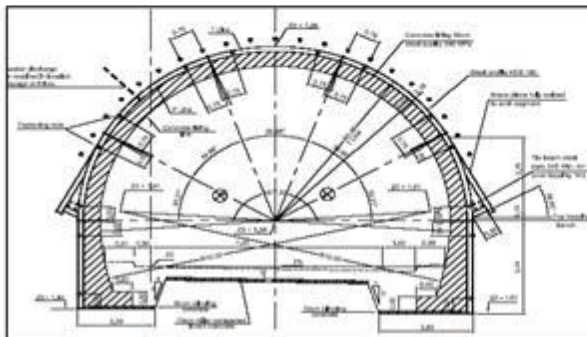
Rock Mass Category III

Tunnel Ground Support Categories IV & V

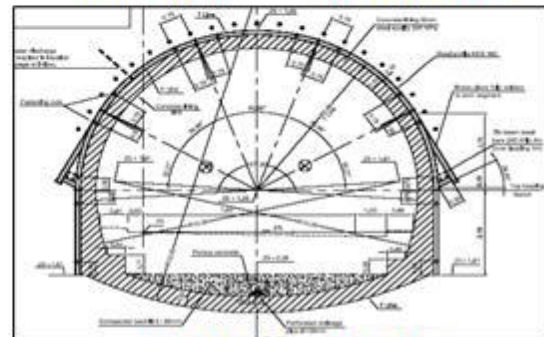
Conventional Design Philosophy using heavy steel arches with shotcrete/concrete infill but no rock bolts or wire mesh.



Rock Mass Category IVA & IVB



Rock Mass Category VA

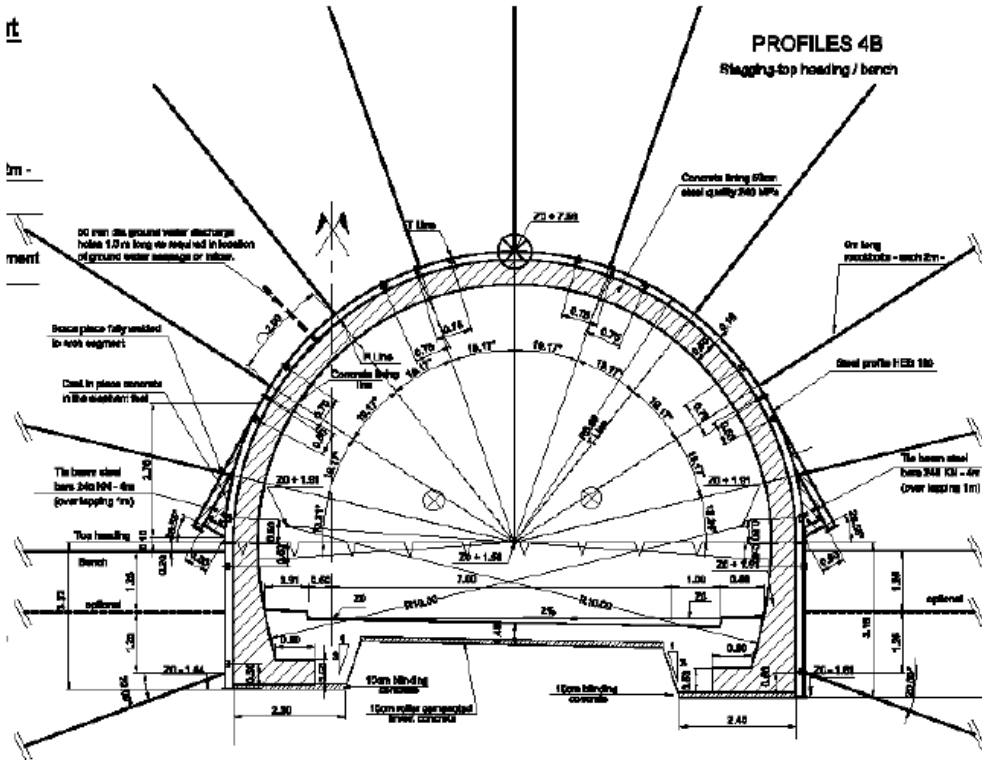
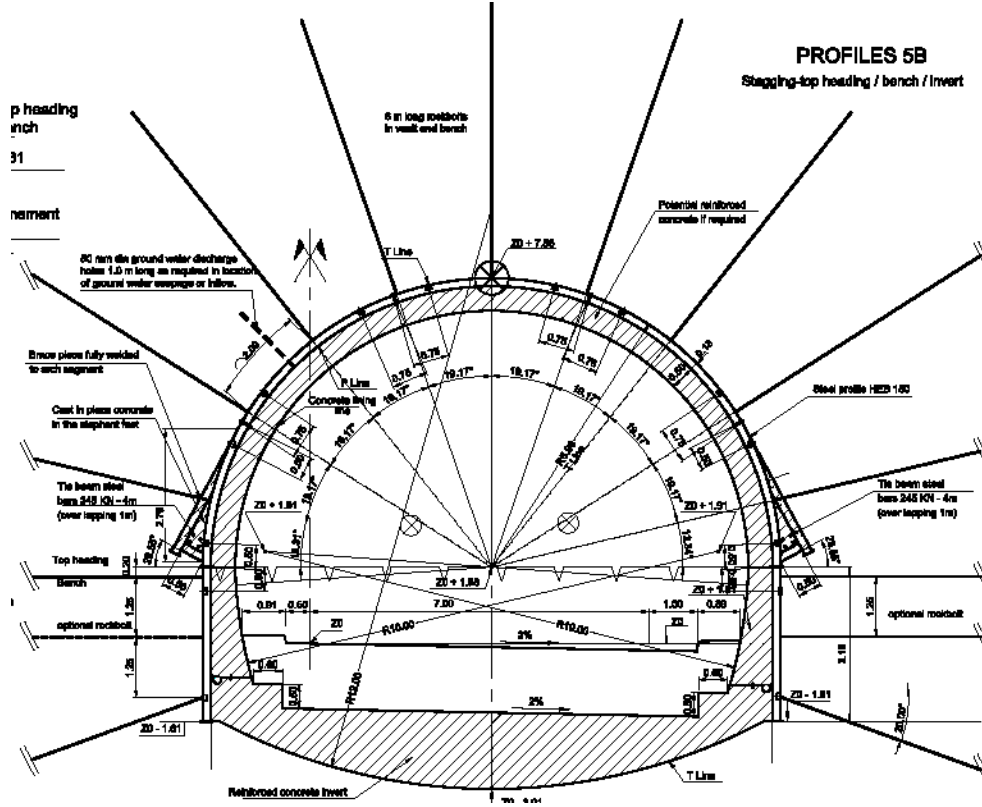


Rock Mass Category VB

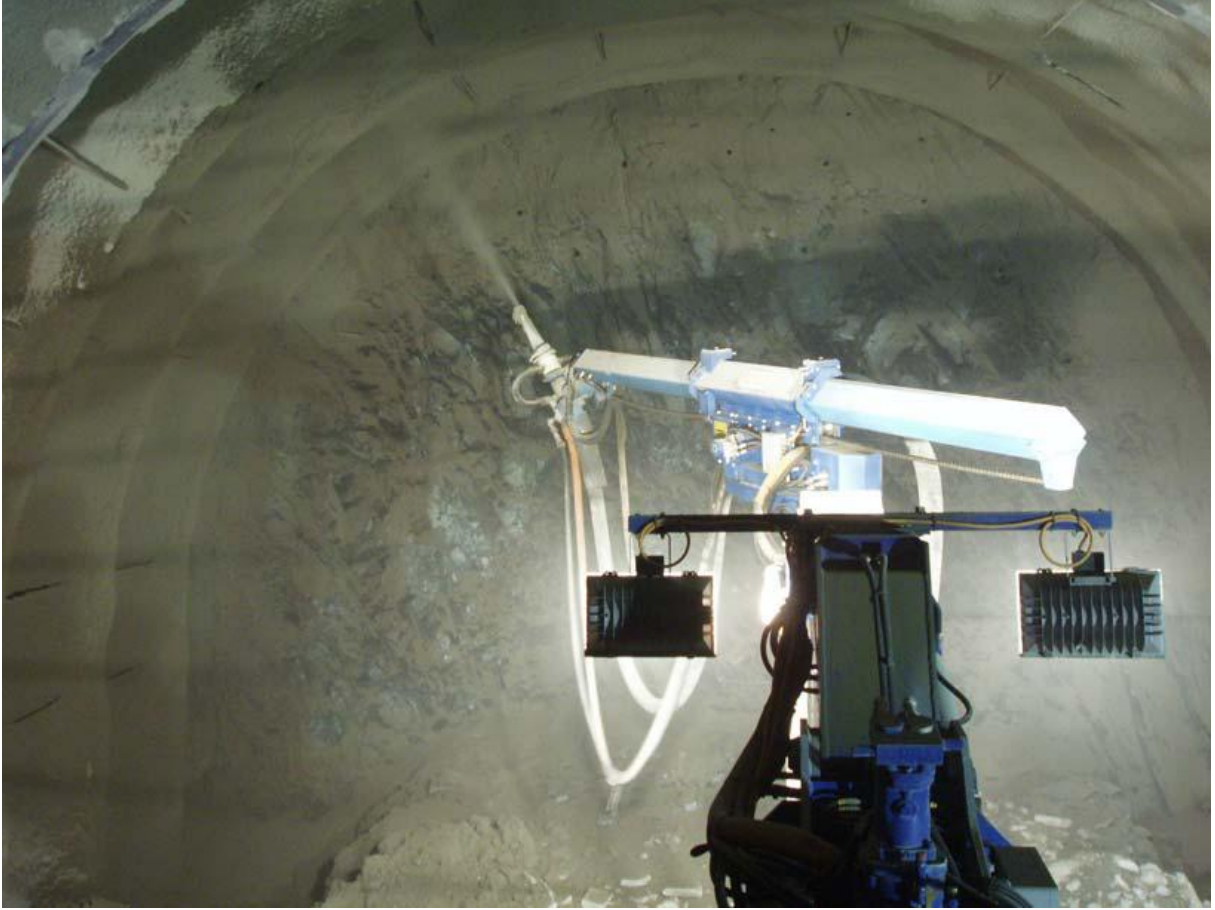
Tunel Kazi Destekleme

IVBbis & VBbis Kategorileri

Yuksek deformasyona sahip bolgelerde uygulanmasi gereken zemin guclendirme projesi.







Ancak asiri deformasyonların gözlemlendiği 900 m'lik orta kısımda Steel arch(HEB 180)+shotcrete 'e ilave olarak rock bolt ve W.Mesh kullanılmıştır.Ozellikle belrtmek gerekirkı design kaynaklanan ringin tamamlanması nedeniyle uygulanan desteklemeler yeterli olmamış ve 1,5 m'ye varan yüksek deformasyonlar ve tabanda kabarmalar oluşmuştur.

Kazi destekleme aşamasında ikinci bir adımda Class IV b ve Class V de alt yarı ve üst yarı arasındaki optimum mesafenin tespiti olmuştur.Düz alt yarılarda bu mesafe , deformasyonların sonuğlendiğı süreçtir.Ancak asiri deformasyonların oluştuğı kayalarda mümkün olduğunca dairesele yakın alt yarı kazısı yapmak ve üst yarının hemen 15-20 m ekipmanların minimum çalışacağı mesafenin gerisinden ringin gerekli destekleme elemanlarını ile tamamlamaktır.Bizim designlarımızda destekleme kesiti ringi tamamlanamamaktadır,bunun için bizim edindiğimiz tecrübe alt yarı kazısına üst yarıdaki deformasyonların tamamlanmasından sonra girilmesidir.

Kazi-destekleme calismalari klasik kazi ve destekleme ekipmanlari ile yapilmistir. Ana ekipmanlar asagida belirtilmistir.

	MANUFACTURE	MODEL	TYP	QTY
1	WOLKSWAGEN	TRANSPORTER	AMBULANCE	1
2	MERCEDES	AXOR 3028	WATER TRUCK	1
3	MERCEDES	AXOR 3340	WATER TRUCK	1
4	MERCEDES	AXOR 3340	TRANSMIXER - 7m3	12
5	MERCEDES	AXOR 3335	DUMP TRUCK	2
6	MERCEDES	AXOR 3340	DUMP TRUCK	4
7	MANITOU	M 50-4	FORKLIFT	1
8	MANITOU	MT 1440 SL	MANLIFT	2
9	NORMET	HIMEC 9905	TWIN BOOM PLATFORM	1
10	CATERPILLAR	966 H	WHEEL LOADER	2
11	CATERPILLAR	D8-R	DOZER	1
12	HITACHI	ZX250 LCH-3	CREWLER EXCAVATOR	2
13	HITACHI	ZX130 W	WHEEL EXCAVATOR	1
14	WACKER	RD7H-S	DRUM COMPACTOR	3
15	MASSEY FERGUSON	3.085 D	FARM TRACTOR	1
16	WACKER	LCT4	LIGHT TOWER	3
17	CATERPILLAR INGERSOLL	C-18	GENERATOR - UP TO 1000 KW	4
18	RAND	500 CFM	AIR COMPRESSOR	2
19	RAMMER	E-64	HYD.BREAKER FOR UP TO 10 TON	1
20	RAMMER	E-66	HYD.BREAKER FOR UP TO 10 TON	1
21	SANDVIK	BR 2064	HYD.BREAKER FOR UP TO 10 TON	1
22	SANDVIK	BR 2266	HYD.BREAKER FOR UP TO 10 TON	2
23	GURIS-ELBA	60 m3	CONCRETE BATCH PLANT-WET	1
24	GURIS-ELBA	38 m3	CONCRETE BATCH PLANT-WET	1
25	MILLER	XMT456	ELECTRIC WELDING GENERATOR	5
26	MILLER	BIG BLUE 400CX ROCKET BOOMER	DIESEL WELDING MACHINE	1
27	ATLAS COPCO	L2C ROCKET BOOMER	JUMBO DRILL 2 ARMS	2
28	ATLAS COPCO	L2D	JUMBO DRILL 2 ARMS	1
29	MEYCO	SUPREMA	WET SHOTCRETE MACHINE	1
30	MEYCO	POTENZA	WET SHOTCRETE MACHINE	2
31	ALIVA	252.1	DRY SHOTCRETE MACHINE	1
32	PASHA	TB 150	INJECTION PUMP	2
33	MAI	M 400	INJECTION PUMP	1
34	PUTZMEISTER	BSA 1408E	ELC.CONCRETE PUMP	1

Destekleme elemanlarının uygulamasında safety ilk adım olmalı, can ve mal güvenliği riske atılmamalı. Uygulama aşamasında özellikle serpantize olmuş kazı aynalarında ve kloritlenmiş bölgelerde ani kaya düşmesi ne karşı çalışan personel ve ekipmanlarda özel donatılar kullanılarak maksimum can güvenliği ön planda tutulmuştur. Sürekli safety eğitimi ve denetimi ön planda olmuştur. Safety eğitimi ve denetimi işin sürekliliğini kesinlikle azaltmamış, zaman kaybına neden olmamış, düşünülen aksine performansın ve kendine güvenin artmasına neden olmuştur. Ayrıca safety uygun çalışıp verimliliğin artmasına neden olanlar maddi olarak büyük destek görmüşlerdir.

Projenin diğer bir başarı aşaması, tünelleme olmasa olmazı olan, kazinin hemen sonrasında kazı yüzeyine uygulanan 3 ile 5 cm kalınlığındaki on shotcrete olmuştur. Bu uygulamanın amacı kazı yüzeyinin atmosferin etkilerinden korumak olmakla beraber, özellikle kloritlenme olan bölgelerde küçük kaya düşmelerini önlemekte oldukça fayda sağlamıştır. Ancak serpantilemiş bölgelerde özellikle ayna yüzeyinden olan büyük boyutlu kayaların kaymasını uzun süre saklamakta ani kaya düşmelerine neden olmaktadır. Domino teorisine göre dizilmiş, kırıklık ve süreksizlikler arasında hiç bir bağlayıcısı olmayan serpantilemiş kayalardaki kazı aynalarında, tarmalardan sonra kaya düşmeleri olmaktadır, bu yüzey shotcrete ile kaplı olduğunda çatlakların oluşumu gözlenememekte ve ani kaya düşmeleri olmaktadır,

Hem Güney tüpü, hemde Kuzey tüpüne tuneli orta kısmına rastlayan 2+600 ile 3+500 metrelerinde kazı-destekleme işlerinin bitirilmesinin akabinde destekleme tipinin yetersizliği veya uyumsuzluğu nedeniyle yüksek deformasyonlar oluşmuştur. Bu deformasyon değerleri zaman içerisinde 1,5 m yükselmiştir. Bu bölgelerin büyük bir bölümü tünel açılışından önce re-profiling yapılarak proje sınırlarına çekilmiştir. Ancak bu bölgelerde deformasyonlar alınan ilave desteklemelerinde yetersizliği nedeniyle zaman içinde devam etmiştir. Alınan ilave destekleme çalışmalarının yetersizliği gözlemlendiğinden, Güney tüpünde -invertli tip kazisinin sonuçlarını gözlemek için- test bölgeleri oluşturulmuş. Invert kazisi tipindeki kazı-destekleme metodunda, daha önce konulmuş çelik profiller tamamen alınmış ve çift sıra hasır çelik ve tabanda 30 cm, yanduvarlarda 25 cm çukurtme betonu uygulaması ile maksimum 6 m uzunluğunda birincil destekleme çemberi tamamlanmıştır, ilk aşamada her bir test bölgesi 40 m olarak seçilmiştir. Bir sonraki aşamada yan cidarlara 1.5 x 1.5 m patern ile 9m uzunluğunda bulon, tabanda 6 m uzunluğunda bulon uygulaması yapılarak sonuçları monitoring edilerek design ile paylaşılmıştır.

Yüksek deformasyon gözlenen bölgelerde kazı-destekleme 5 aşamalı bir gelişme göstermiştir.

1. ASAMA; Kayacın RMR değerine göre tespit edilen kazı sınıfına uygun destekleme designi projesi (IKSA HEB180 + hazır çeliksiz çukurtme betonu) seçilerek, birincil destekleme tamamlanmış, ilerlemeye ve tüneldeki deformasyonların ölçümüne devam edilmiştir.

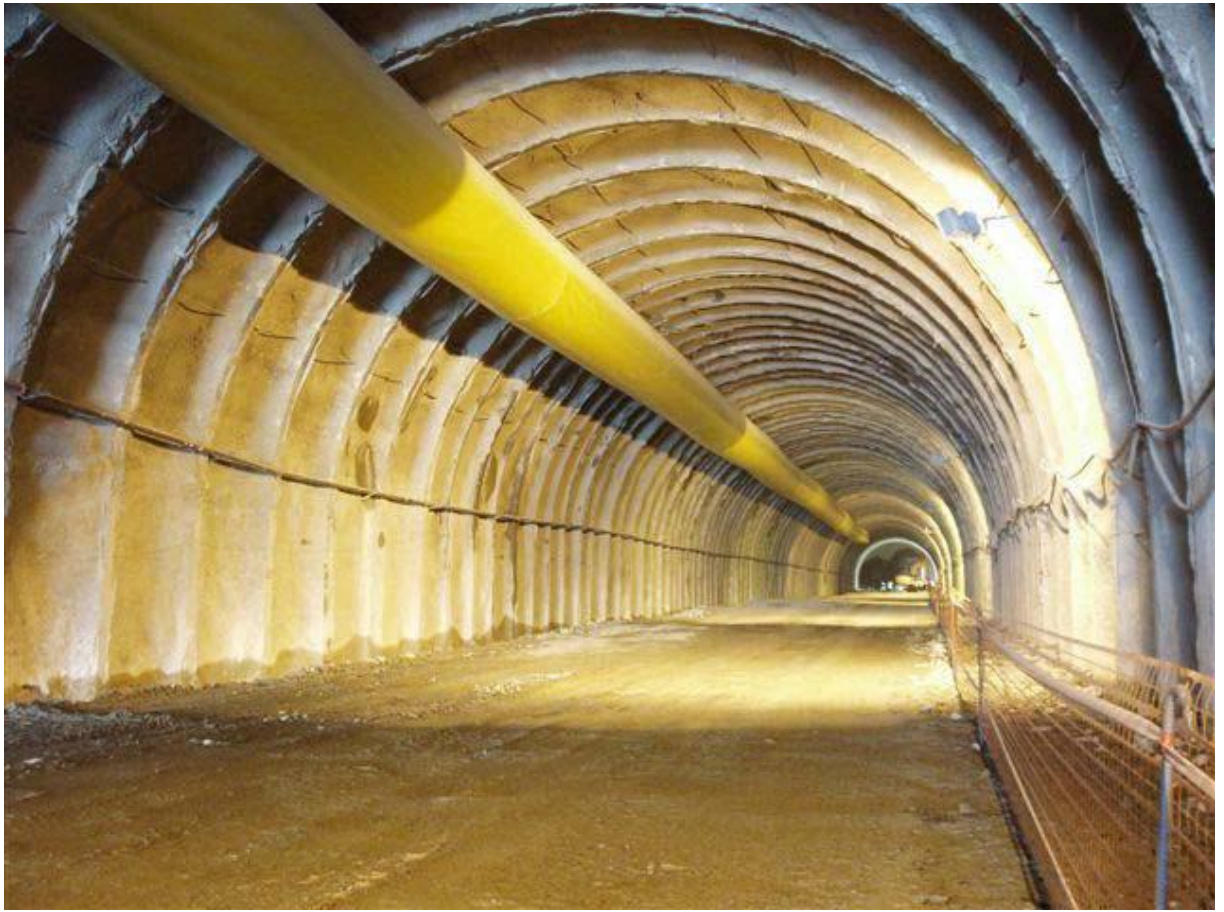
2. ASAMA; Kazinin ilerlemesine paralel özellikle kazı aynasından 20-25 m ilerledikten sonra deformasyon noktalarında tünel içerisinde deformasyonların başladığı ölçülmüş ve supervisorun önerisi ile ilave destekleme tedbirleri alınmıştır. Bu tedbirler IKSA ların arkasına Q131/131 hasır çelik yerleştirmek ve kısmi bulon (4m) uygulaması şeklinde olmuştur.

3. ASAMA; İlerleyen süreçte bu ilave destekleme çalışmalarının da yetersizliği ölçümlenmiş ve sistemik bulonlama (4m/6 m) uygulamasına geçilmiştir.

4. ASAMA; İlave desteklemelerin yetersizliği ki bizce bunun nedeni -hareket başladıktan sonra ilave destekleme tedbirlerinin alınması-designin, oluşan bu yüksek

deformasyonlara cevap vermemesi, deformasyonların ciplak gözle bile rahatca görülebileceği ve endişeye sokacağı şekle gelmesi tedirginliklere neden olmuş, bunun sonucunda ilave destekleme ve design geliştirmeye karar verilmiştir. Bu aşamada her iki tüpe de özellikle İKSA'ların alt yarısı yüksek gerilmeler nedeniyle puskurtme betonu-hasır çelik sisteminden siyrilerek birincil destekleme sistemini devre dışı bırakmıştır. İKSA'ların asiri burkulup kopan kısımları ile beton kaplama sınırları içersine giren kısımları kesilip uzaklaştırılmış, destekleme sistemi, ilave puskurtme betonu, hasır çelik ve bulonlarla (6m) takviye edilmiştir. Bu sürecin devam ettiği zaman aralığında tunnel kazıları tamamlanmış fakat deformasyonların sürmesi nedeniyle beton kaplama çalışmaları durmuştur.

5.ASAMA;Bu aşamada yanıl deformasyonların yanıl sıra tunnel tabanında kabarma (25-43 cm) gözlenmiştir. Bu aşamada supervisorun önerisi ile Güney tüpe invertli kazı-destekleme için test bölgeleri oluşturulmuş, 5 m aralıkla deformasyon noktaları yerleştirilmiş ve devamlı olarak ölçüm yapılarak deformasyonlar izlenmiştir. Test bölgelerindeki kazı başlamadan önce üst yarındaki kazı sınırları dışına çıkmış ve deforme olmuş tüm İKSA'lar sökölüp alınmış, kazı kesiti $R=5.80$ olacak şekilde (Birincil destekleme dahil) re-profile edilmiş, çift sıra hasır çelik , 30 cm puskurtme betonu ve bulonlamalarla (9m -1,5 m x1,5m sablon) desteklendikten sonra alt yarı ve invert kazısına geçilmiştir. Invert kazısında puskurtme betonu kalınlığı 30 cm seçilmiştir. Ayrıca invertte 1.5 m x 1.5 m sablonlu bulon (6m) uygulaması yapılmıştır.



2.4.Beton Kaplama

2.4.1.Giris

Tunel icindeki kaplamanin yapilmasi icin teknik sartnamede aylık deformasyonun 4 mm altinda olmasini belirtmistir. Aylık deformasyon tablolari takip edilerek beton kaplamanin imalat sinirlari belirlenmistir.

Yaklasik 10950 m tunelin kaplamasi icin her türlü tunel tipine uygun, motorize yuruyus ekipmanli, acilir-kapanir-yeteri kadar satih vibratoru iceren celik kaliplar imal ettirilmistir.

A tipi, Normal tip celik kalip R=5.30 m 4 adet L= 12 m.

B tipi, Arac gecisi celik kalibi 2 adet L= 6 m.

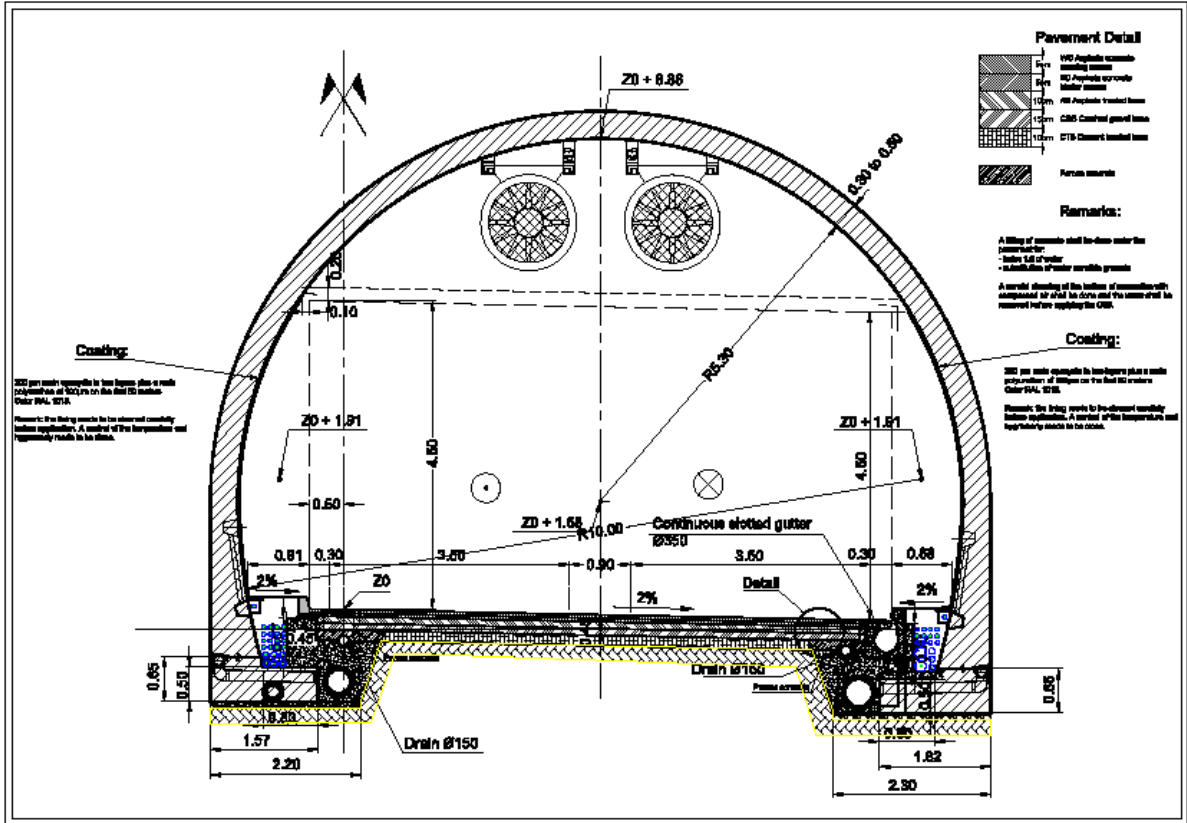
C tipi, Yaya gecisi celik kalbi 1 adet L= 4 m.

G tipi Garaj bolgesi celik kalibi 1 adet L= 7 m.



Kaplamanin amaci, kalici emniyet, estetik, hava akisinin kolaylastirilmasi, E/M ekipmanlarinin montaji sayila bilinir. Ancak Kuzey Tupun Haziran 2009 basinda trafige acilabilmesi ve Kuzey Tupte 1200 m lik bolimde halen deformasyonlari devam etmesi nedeni ile kalici kaplama yapilmamis, yuzey can ,mal guvenligi ve olabildigince duzgun bir yuz olusturmak icin ilave puskurtme betonu ile gecici kaplama seklinde gecilmistir. Ancak bu bolgede deformasyonlari devam etmesine bagli puskurtme betonu yuzeylerindeki kirkilmelerin ve dokulmelerin olmasi nedeni ile tavanin bir kismi Telfens ve Geotextile ile kaplanmistir.

Trafige acik oldugu surecede devamlı gozetim altında tutulmuştur. Betonlama yapılan kisimda asagıda tariflenen bir is akisi olmuştur.



2.4.2. Yalitim

Beton kaplama uygulanan kesimlerde, kaplama öncesi su yalitimı designına göre yapılmıştır. Design in ana teması;

a-Beton kaplama uygulanacak yüzeydeki keskinliklerin ve sertkoselerin shotcretle yumusatılması, teknik şartnamede tanımlanan sınırlar içersine getirilmesi,

b-Yan yüzey tabanında suyun cabuk drena olması için 1 m yüksekliğinde enkadrain ile kaplanması,

c-Yüzeyin 1000 gr/m² geotektile kaplanması(bunun amacı PVC membranin shotcretten kaplı yüzeyden etkilenmemesi),

d-Tüm yüzeyin t=2mm kalınlığında çift tabakalı(sinyal tabakalı)PVC membrane ile kaplanması,

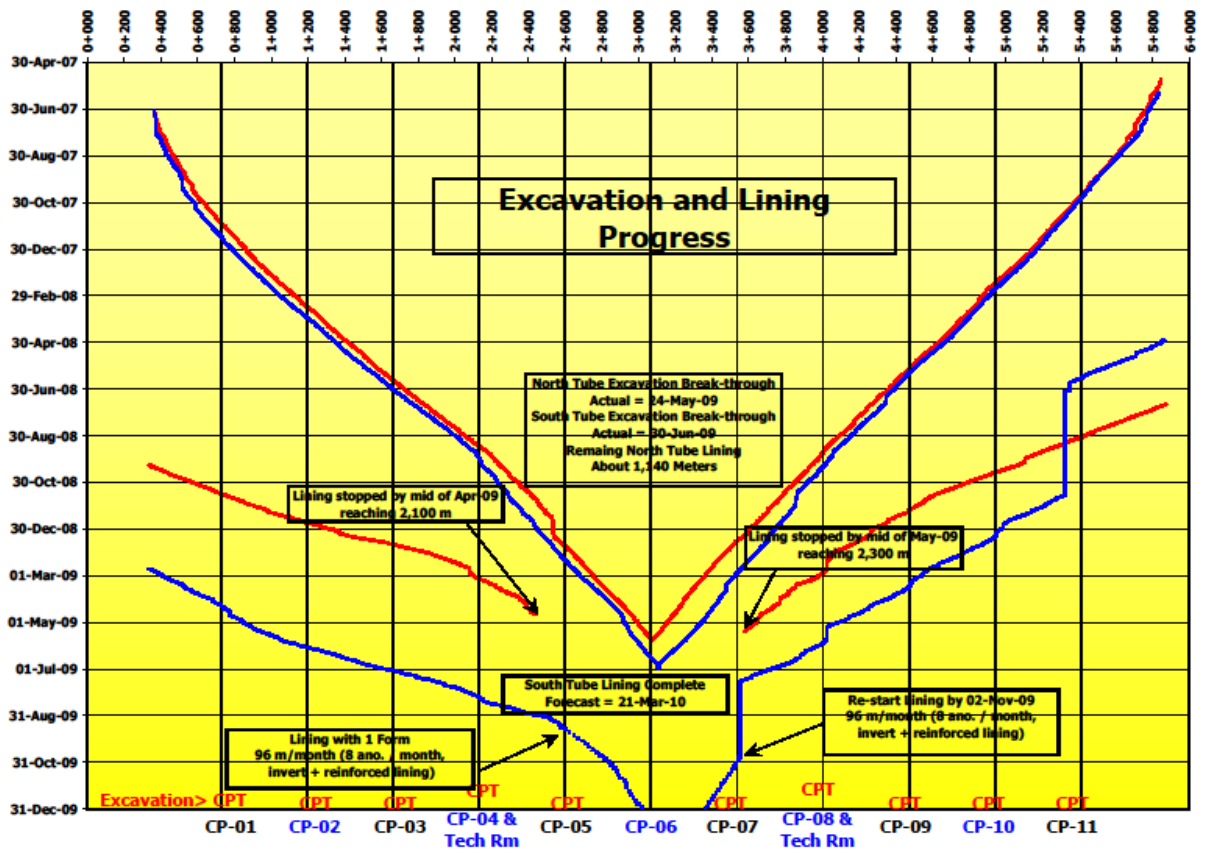
e-Tabandan 2 m yüksekliğinde korucu PVC membranla korunması şeklindedir.

Yalitim çalışmaları beton kaplamanın 24-36 m onunde, ihtisas sahibi özel ekip ve ekipmanlarla yapılmaktadır. Yalitim,montaj çalışmalarında yuruyen celik platformu kullanılmıstır. PVC yalitimın her birlesim noktası özel kaynak metodu ile birlestirilmis ve 2,5 bar basıncla test edilmiştir (10 dakika surece).



2.4.3 Kemer betonu

Giris bolumunde'de belirtildigi uzere her tipde ki tunnel kesiti icin ozel celik kalip kullanilmistir. Celik kaliplar tasiyici ayaklara monteli yuruyus takimi ile yurutulmekte ,tipine gore 30-60 cm kadar kuculmekte kendi ekseni dogrultusunda (x-y-z) her yone hareket kabiliyetine sahip oldugundan topografik acidan kalip montaji cok hizli olmaktadır. Uygulama alanina getirilmeden once celik kalip yuzeyi bir onceki beton dokumunden kalan artiklardan arindirilir, kalip yagi ile yaglanir. Beton kaplama icersinde kalacak E/M aksam drenaj yuvalari ve gomulu butun elemanlar projesine gore yerlestirildikten sonra celik kalip uygulama noktasina getirilir ve topografik kontrolu yapildiktan sonra dokume hazir dir.Beton,beton uretim tesisine (60 m³/sa ile100 m³/sa kapasiteli) onayli mix design gore uretilip, transmixoner lerle(7m³) tunnel icersinde kalibin bulundugu noktaya tasimakta,buradan beton pompasi (40 m³/sa) ve dagitici yardimi ile celik kalip yan yuzerindeki pencerelerden ve tavandaki kollektorlerden kalip icersine tasimakta ,satih vibratorleri ile yerlestirilmektedir.Dokum hizindaki sinir kalibin alt yarisi icin max 20 m³/sa veya 1 m/sa, ustyarisi icin 25 m³/sa dokum hizi uygulanmistir, Uygulamada montaj ve dokum suresi ortalama 9 hr olarak gerceklestirilmistir. Ozetle 12 m lik bir anonun imalat suresi 24 hr olmus ve ayluk ortalama uretim 22-25 anodur (250 m-300m). Celik kalibin sokum suresi tunnel girislerinde 12 hr iken ic kisimlarda 10 saat olmustur. Uretilen betonun sicakligi 15 C derece ile 25 C limitleri arasinda tutulmus max slump 17 olmustur. Drenaj bosliklari ve gecit birlesme noktari disinda kaplama icersine donati yerlestirilmemistir. Kalip sokumunden itibarren minimum bir hafta sure ile beton yuzeyine su ile kur uygulanmistir. Su kurunun secilmesindeki amac ikinci asamada beton yuzeyine uygulanacak olan epoxi boyadir,bu nedenle kimyasal kur sistemi secilmemistir.

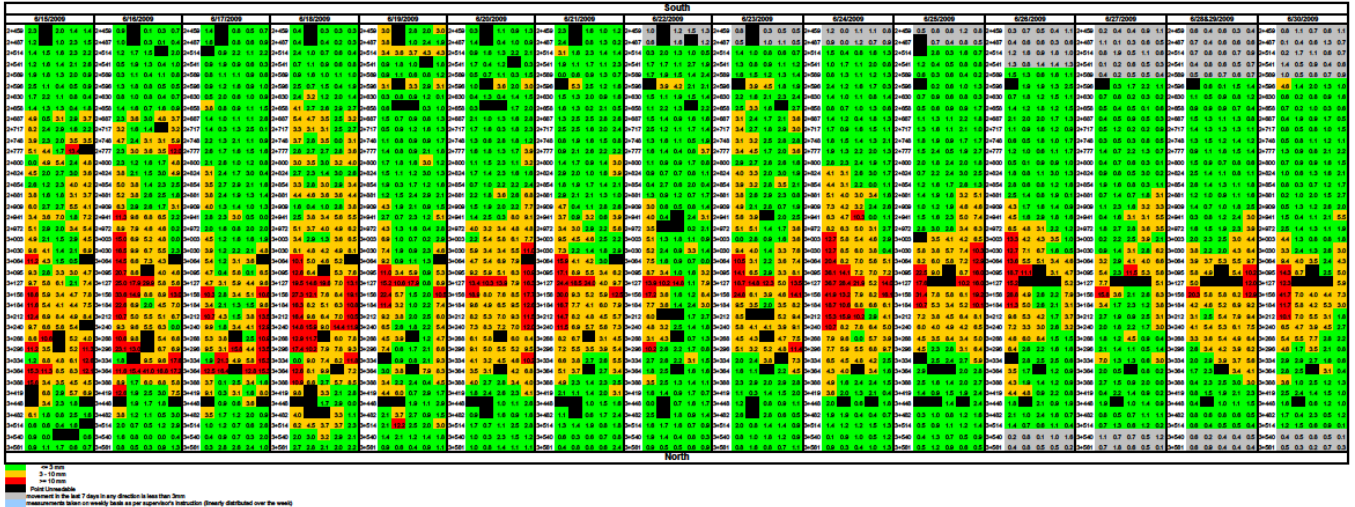


2.4.4. Enjeksiyon uygulaması

Beton kaplamanın tamamlanmasından 28 gün sonra, beton kaplamanın tavanında ve arkasında, yalıtım ile kaplama arasında kalabilecek boşluklar cimento enjeksiyonu ile doldurulmuştur. Enjeksiyon uygulamasının yapılabilmesi için beton kaplamanın dokumu sırasında çelik kalıp içersine –yalıtıma zarar vermeyecek şekilde- konik çelik borular yerleştirilmekte, kalıp sökümüne paralel kaplama içersinden alınmaktadır. Enjeksiyon uygulaması tavanda 3 noktada bırakılan bu deliklere paker bağlanarak yapılmıştır. Uygulamada su/cimento oranı (1/1 and 5/7), uygulama basıncı maximum 1,2 bar olmuştur. Uygulama öncesinde; her anodaki delikler sistematik olarak beton dokumundan hemen sonra acılmalı, uygulama aşamasında asiri basınca kaçmamalı, basıncı kademeli olarak yükseltmeli, birleşim derzlerinden olan kacaklar önlenmeli ki boşluk ve çatlaklar amaca uygun olsun. Bu işin olmazsa olmazı tecrübeli eleman ve hassas çalışan ekipmanlardır, özellikle basıncı göstergeleri çok sık kalibre edilmeli, her uygulama sonunda ekipman ve uygulama sahasındaki drenaj noktaları çok iyi temizlenmelidir.

3. TUNEL GOZLEM/DEFORMASYON OLCUMLARI

Kazi-destekleme çalışmalarına paralel olarak NATM ana prensiplerinden olan deformasyon ölçümleri, jeoteknik mühendisliği liderliğinde oluşturulan ölçme grubu tarafından, kazi-destekleme tipine ve design tariflendiği şekilde tesis edilen ölçün ağı üzerinden periyodik olarak ölçülüp değerlendirilmiştir.



TRIGGER	SIDEWALL		CROWN		OVERALL	
	VALUE (mm)	MINIMUM ACTION	VALUE (mm)	MINIMUM ACTION	VALUE (mm)	MINIMUM ACTION
GREEN	<3	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection once per day by geotechnical engineer. Report trend & damage within 8 hrs Schedule repairs within 8hrs Carry out repairs within 24hrs Check repairs within 8hrs Report at weekly meeting 	<3	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection once per day by geotechnical engineer. Report trend & damage within 8 hrs Schedule repairs within 8hrs Carry out repairs within 24hrs Check repairs within 8hrs Report at weekly meeting 	<3	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection once per day by geotechnical engineer. Report trend & damage within 8 hrs Schedule repairs within 8hrs Carry out repairs within 24hrs Check repairs within 8hrs Report at weekly meeting
AMBER	>3 <10	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection within 3 hours by geotechnical engineer. Report trend & damage within 4hrs Schedule repairs within 8hrs Carry out repairs in next 8hr closure Check repair within 8hr Report at weekly meeting 	>3 <8	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection within 3 hours by geotechnical engineer. Report trend & damage within 4hrs Schedule repairs within 8hrs Carry out repairs in next 8hr closure Check repair within 8hr Report at weekly meeting 	>3 <8	<ul style="list-style-type: none"> Immediate inspection by senior staff geotechnical engineer/tunnel engineer/construction manager Report trend & damage within 3hrs Schedule repairs within 8hrs or declare RED immediately. Carry out repairs in next 8hr closure or immediately (RED) Check repair within 3hours Report at weekly meeting or call extraordinary meeting (RED)
RED	>10	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection within 3 hours by geotechnical engineer/tunnel engineer/construction manager. Report trend & damage within 4hrs Schedule repairs within 3 hours Carry out repairs in next 8hr closure unless otherwise agreed to close tunnel & repair immediately. Check repair within 3hours Report at weekly meeting or at extraordinary meeting within 8 hrs. 	>8	<ul style="list-style-type: none"> Visual inspection within 3 hours by geotechnical engineer/tunnel engineer/construction manager. Report trend & damage within 3hours Schedule repairs within 3 hours Carry out repairs in next 8hr closure unless otherwise agreed to close tunnel & repair immediately. Check repair within 3hours Report at weekly meeting or at extraordinary meeting within 8 hrs. 	>8	<ul style="list-style-type: none"> Close tunnel, evacuate from danger area. Immediate inspection by senior staff by geotechnical engineer/tunnel engineer/construction manager. Report trend & damage within 3hours Schedule repairs within 3hrs Carry out repairs within 8hrs Check repairs within 3hours Report at extraordinary meeting within 8 hours

Deformasyon noktasinin tesis araligi, olcum sikligi ve degerlendirme ve sunus sekli, teknik sartname ve design da tanimlanmistir. Deformasyonların oldukça az olduğu bölgelerde convergence kesitleri araligi 50 m, her kesitte tesis edilen convergence noktası sayısı 5, olcum suresi 1aydır. KT ve GT de km 2+600 ile 3+500 un metreler arasında, jeolojik yapinin getirdigi problemler, overburdenin 650 m ulasmasinin neden olduğu ilave basınçlar ve zeminin karakteritliklerinin nedeni ile zamanla yükselen deformasyonlarla karsilasilmistir. Bu deformasyonlar bazı kesitlerde 1,5 m ulastigi olculmustur. Deformasyonların artması supervisorun ve designda endise tasimasi üzerine 15 Haziran 2009 tarihinden itibaren olcumler daha hassas donanima sahip bagimsiz bir olcme grubuna servis edilmiştir. (Geodata) 15 Haziran 2009 tarihinden sonra bu grubun her iki tup için sundugu günlük deformasyon okumaları degerlendirmede dikkate alınmıştır.

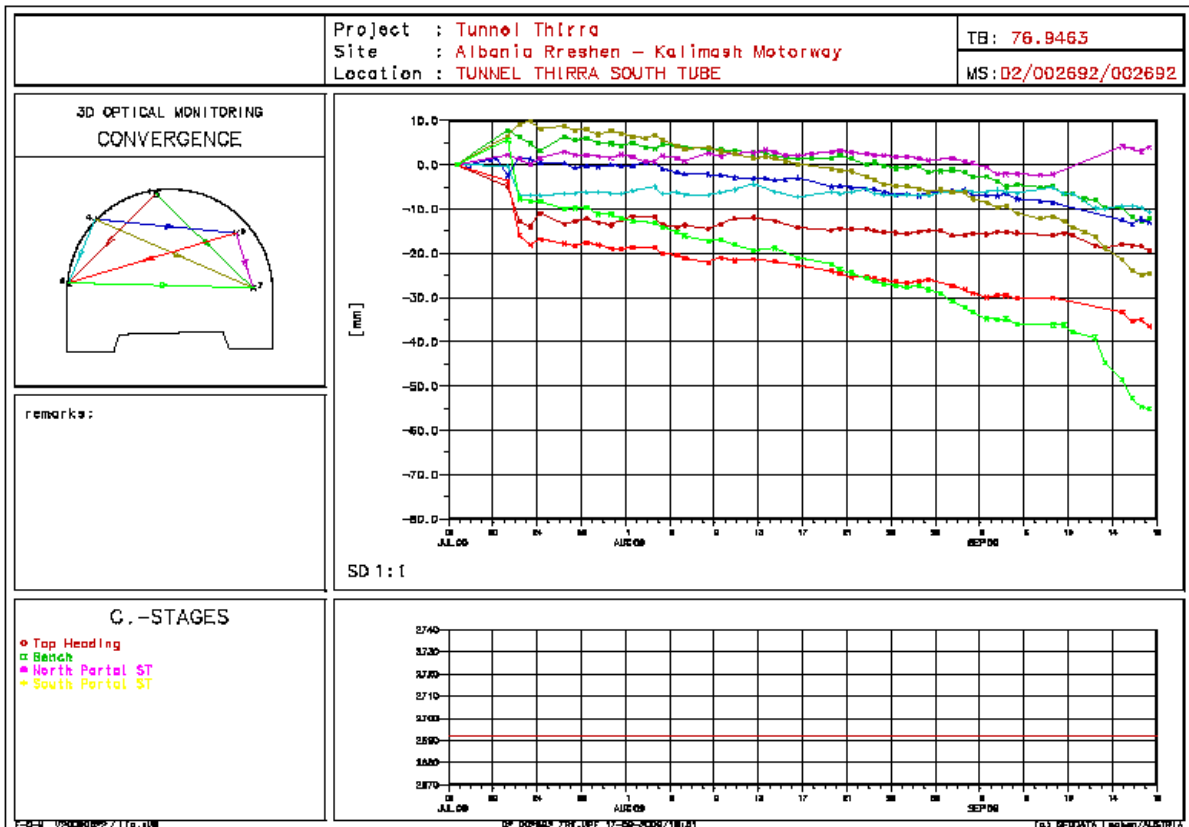
25 haziran 2009 tarihinde KT'un gecici olarak trafige acılması öncesi ve sonrasında oluşabilecek deformasyonların trafik akisinin üzerindeki olumsuz etkilerin ve riskin analizi için uc renkli özel bir skala oluşturulmuştur. Km 2+600 / 3+500 arasında 30 m aralıkla istasyonlar ve her istasyon kesiti üzerinde 5 deformasyon noktası tesis edilerek yeni bir olcum ağı oluşturulmuştur. Buradan günlük alınan deformasyon olcum verileri renkli skala üzerinde; 10 mm nin üzerinde ise kırmızı, 3mm üzerinde ise sarı, 3 mm altında ise yeşil renkle gösterilmektedir. Bu skala sistemi üzerinde deformasyon noktalarının günlük-haftalık-aylık gelişimi rahatca izlenilmektedir. Olumsuzluk veya kırmızı olarak işaretlenen bölgeler, tunelin trafige kapalı olduğu 24-07 (Engeneering saatleri) saatleri arasında ilave desteklemelerle takviye edilmektedir. Bu olcumlerin ve ilave desteklenin amacı KT'de 07-24 saatleri arası güvenli bir trafik akisini sağlamaktır.

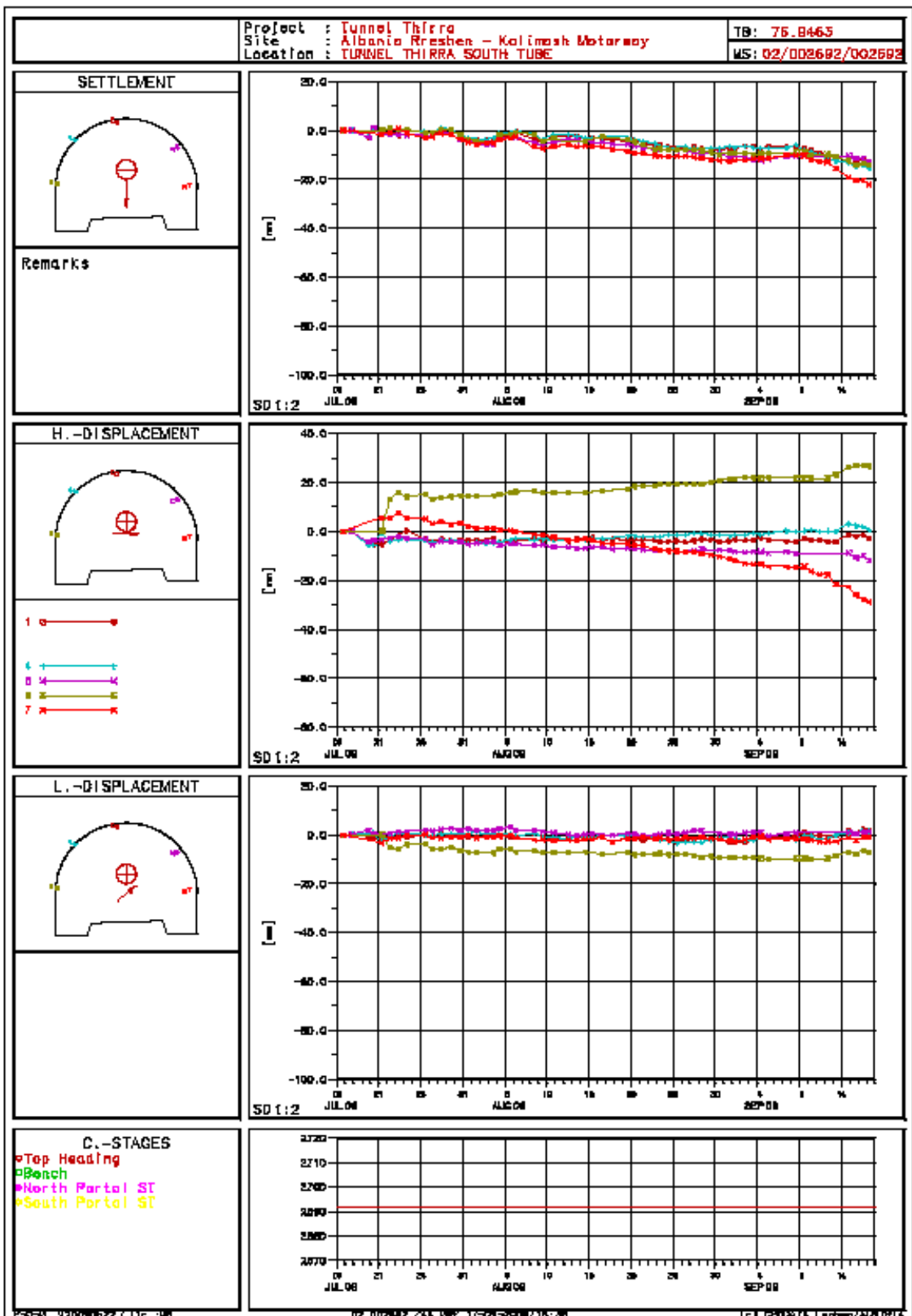
KT de deformasyon noktalarındaki deformasyon olcumleri haricinde, Tunelde plastik zonun tesbiti ve gelişmesini olcumlemek için Extensometreler yerleştirilmiştir. Ayrıca tunel tabanındaki kabarmaların tesbiti ve gelişimi için olcum sistemleri geliştirilmiştir.

KT de km 3+145 ve 3+320 de oluşturulan kesit üzerindeki 4 noktadan tunnel zeminin içine (3-6-8 m)lik boylarda extensometreler yerleştirilmiştir. Bu extensometredeki uzama-kisalmalar günlük periyotda olculmekte ve gruplarca degerlendirilmektedir. Bu olcumler göstermistirki birincil destekleme sisteminin arkasında oluşması beklenen plastik zonun

kalinliginin 8 m den daha fazladir. Ayrica km 2+800 ile 3+400 arasinda NT'de tunnel tabaninda olusan kabarmalarin olculmesi amaci ile tunnel tabaninda 10 m ara ile her kesitte 3 adet deformasyon noktasi iceren bir olcum agi olusturulmus ve gunluk periotta olcumler yapilmakta ve degerlendirilmektedir. Olcumlerden tunnel tabaninda 430 mm varan kabarmalarin oldugu gozlemlenmistir.







4.TUNEL STABILIZASYON CALISMALARI

4.1.Giris

Tunelin km 2+600 ile 3+500 metreleri arasinda olculen yuksek deformasyonlari olumsuz sonuclarini ortadan kaldirmak ve tunelin her iki tupunun de satbilizesi icin yapilan calismalar kısa donem ve uzun donemde yapilan/yapilacak calismalar yonunden iki asamada degerlendirilmistir.

4.2 Kuzey Tupun Gecici Acilmasi Icin Yapilan Stabilizasyon Calismalari

KT'un 25 Hazirandan 2009 dan sonra, turizm mevsimi oncesi trafige acilmasi ve ayni zamanda ST'deki alt yari kazisina devam edebilmek icin tunelin trafige acik oldugu 07 / 23 saatlerinde guvenli bir trafik akisini saglamak prensibi dogrultusunda tunel icersinde zamanla olusacak deformasyon problemlerinin giderilmesi icin acil eylem ve cozum programi uygulanmistir.

a-KT deki deformasyon istasyonlari gunluk olculen deformasyon degerleri uc renkli skala tablosuna uygun yayinlanmaktadır.

b-Skala tablosunda kirmizi veya kirmizi sinirina yakin kesitler gunun belirli saatlerinde Supervisor'un ve BEJV'nin yetkili kisileri ile birlikte yerinde etut edilmekte ve yapilacak stabilite calismalari sekli ve suresine karar verilmektedir.

c-Tunelin trafik akisine kapali oldugu 24/07 saatleri arasinda-bu saat dilimi Engineering Saatleri olarak adlandirilmakta-olusurulan ekip tarafından deforme olan IKSA'larin sokulmesi, tehlike yaratan puskurtme betonu parcalari alinmasi, bu bolgelere bulon (6m), hasir celik, puskurtme betonu veya yerine gore fiberli puskurtme betonu yapilarak tunelin problem teskil edecek bolumlerinin gecici stabilitesi saglanmaktadır.

d-Tavan bolgesindeki deformasyonlar nedeni ile dusme riski tasiyan puskurtme betonu yuzeyi fens ve geotextile ile kaplanmistir.

e-NT trafige acik tutma surecini uzatmak maksadi ile design ve supervisor'un katilimi ile 11 Eylul'de yapilan toplantida , onumuzdeki bir aylık surecde olusabilecek riskler ve sonuclari mevcut deformasyon grafikleri ve zemin sartlari konusundan incelenmis ve ust yarida sistematik bulonlama (9m), alt yarida 6m lik bulon uygulamasina karar verilmiştir. Bu uygulamanin sonuclari onumuzdeki gunlerde yapilacak olcumlerle degerlendirilecektir.

Ozet olarak yapilan bu calismalari amaci NT'un acik oldugu surecde emniyetli bir trafik akisinin saglanmasidir.

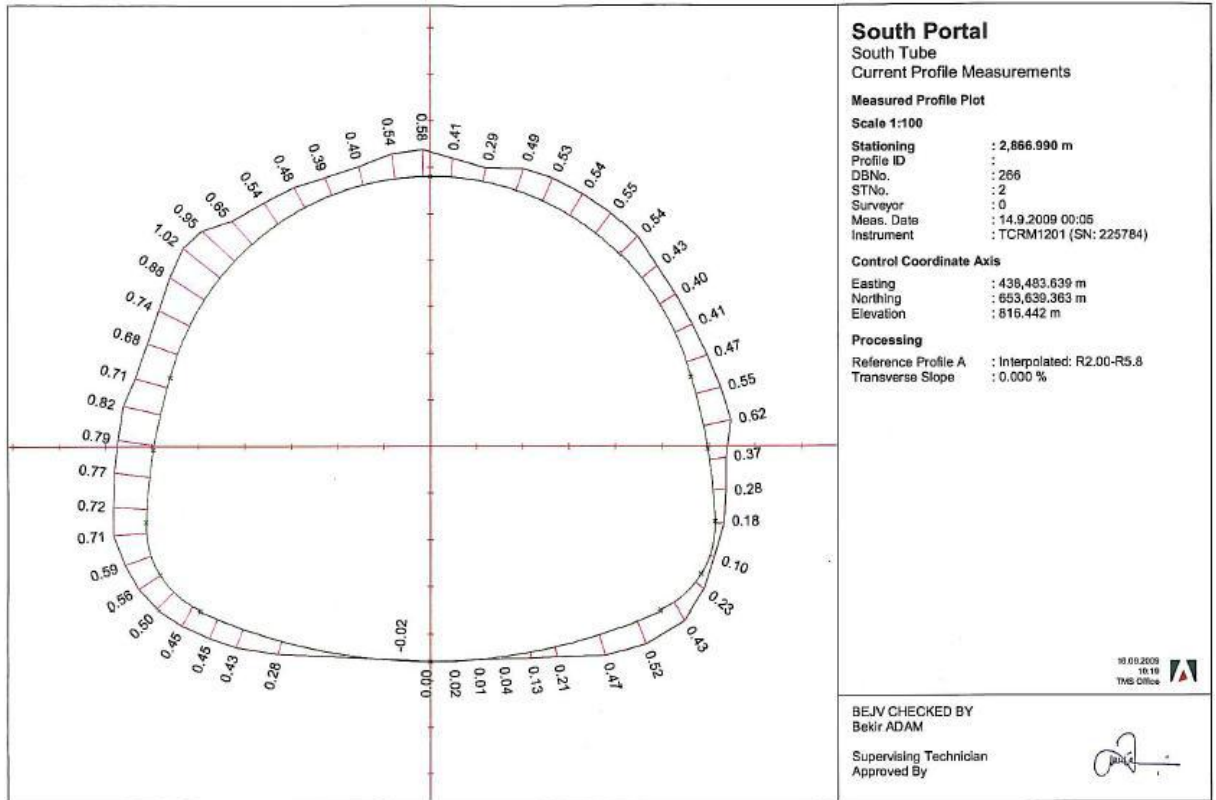
4.3 Kuzey ve Guney Tuplerin kalici Acilmasi Icin Yapilan Stabilizasyon Calismalari

Tunelin km 2+600 ile 3+500 metreleri arasinda olculen yuksek deformasyonlari olumsuz sonuclarini ortadan kaldirmak ve tunelin her iki tupunu de stabil hale getirmek amaci ile oncelikle kazi calismalari devam eden ST de 40-60 m arasindaki uzunlukda uc adet invertli kazi-destekleme tipine uygun test bolgeleri olusturuldu.

Bu test bolgelerindeki invert kazisi oncesi ust yaridaki deforme olan IKSA'lar sokulup alinmis sistematik bulonlama (6m), hasir celik ve 20 cm kalilikta puskurtme betonu uygulamasina ile ust yarinin destekleme calismalari tamamlanip invert kazisina gecilmistir. Bu test bolgelerinin ilkinde invertdeki birincil desteklemenin (puskurtme betonu + hasir celik Q188/188) kaliligi 20 cm secilmistir, aradan gecen surecde invertin yanal kenarlarinda catlaklar olusmus ve deformasyon olcumlerinde 4 mm varan deformasyonlar olculmustur. Bunun uzerine yan yuzlerde 9m lik bulon uygulamasina gecilmis ve zamanla deformasyonun hizinin egimi yataya donusmustur.

Diger iki test araliginda birincil destekleme kalinligi 30 cm secilmis ve yanal yuzlerde (9m), tabanda (6 m) sistematik (1.5 x 1.5 patern) bulon yerlestirilmistir. Ayrica 10 m arayla her kesitte 7 adet deformasyon noktası tesis edilip olcum sonuclari degerlendirilmektedir. Invertli kazi –destekleme sisteminin deformasyon olcumleri sonucuna bagli olarak, designer yeni bir beton kaplama tipi olusturacaktır.

Sonuc olarak designerin ilk verilerine gore invert kazi-desteklemesine paralel yogun donatili (1.5 tn/m) invert betonu dokulecek ve kemer bolgesindeki gunluk relative deformasyonun 1 mm assagisina dusmesi 10 gunluk surecde beklenip , istenilen degerlere ulasmasina paralel yogun donatili kemer betonu uygulanacaktır



Saygılarımızla.