

MEKANİZE KAZI (TBM TÜNELLERİ)
ve
JEOLOJİ

Mühendislik jeolojisi çalışmalarında proje yapıları için ortaya konması gereken temel konular:

1) Jeoloji ve Yapı Geometrisi: Ortamdaki değişik malzemenin yayılım geometrisi, kalınlıkları, birbiri ile ilişkileri ve yapısal (fay, kıvrım, heyelan vb) unsurlar. Yapılara ait geometriler

2) Malzeme Özellikleri: Bütün farklı jeolojik malzemenin, fiziksel, jeomekanik, jeofizik ve kimyasal karakterleri

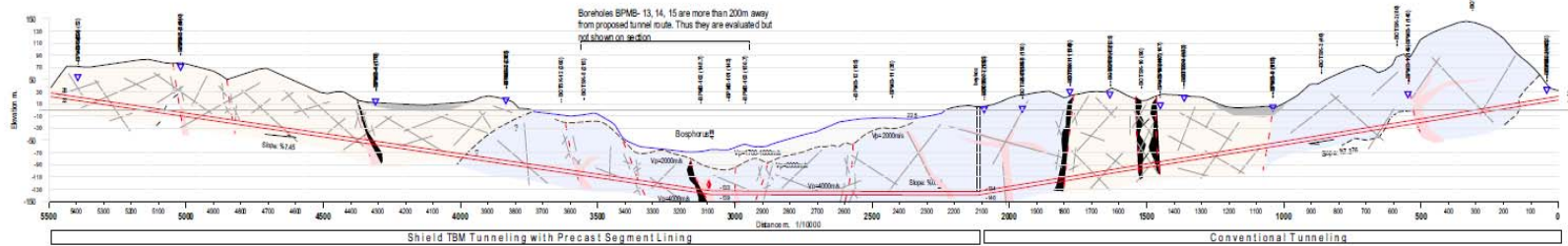
3) Mühendislik Davranışı: Kazılabilirlik, duraylılık, yeraltısuyu, yüklere karşı davranış, sıvılaşma vb. sakıncalara duyarlılık gibi.

4) Jeolojik Sakıncalar: Ortamdaki deprem, volkanizma, heyelan, şişme, YAS-basınçlı su vb. sakıncalar ve bu sakıncalara duyarlı birimler / alanlar

MEKANİZE KAZI-JEOLOJİ

- Kazılabilirlik
- Duraylılık
- Yeraltısuyu
- Jeolojik Değişkenlik
- Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi

BOSPHORUS TUNNEL INTERPRETED ENGINEERING GEOLOGICAL SECTION



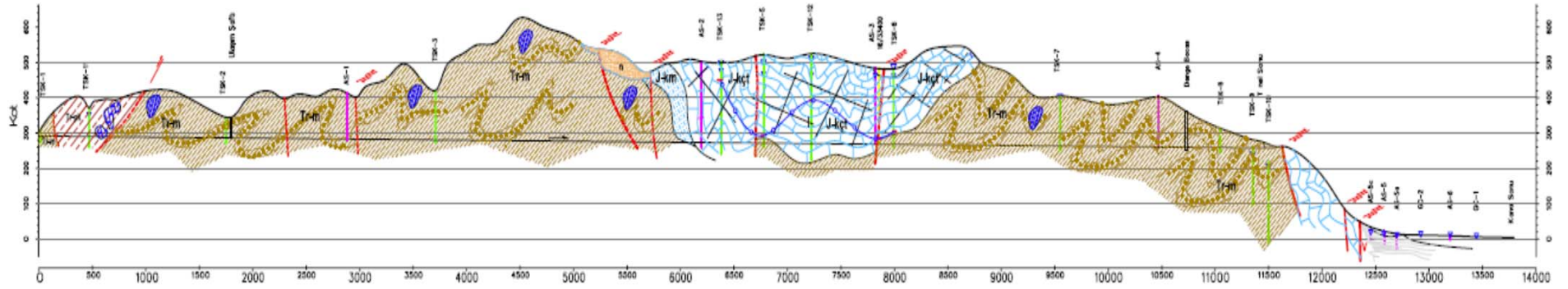
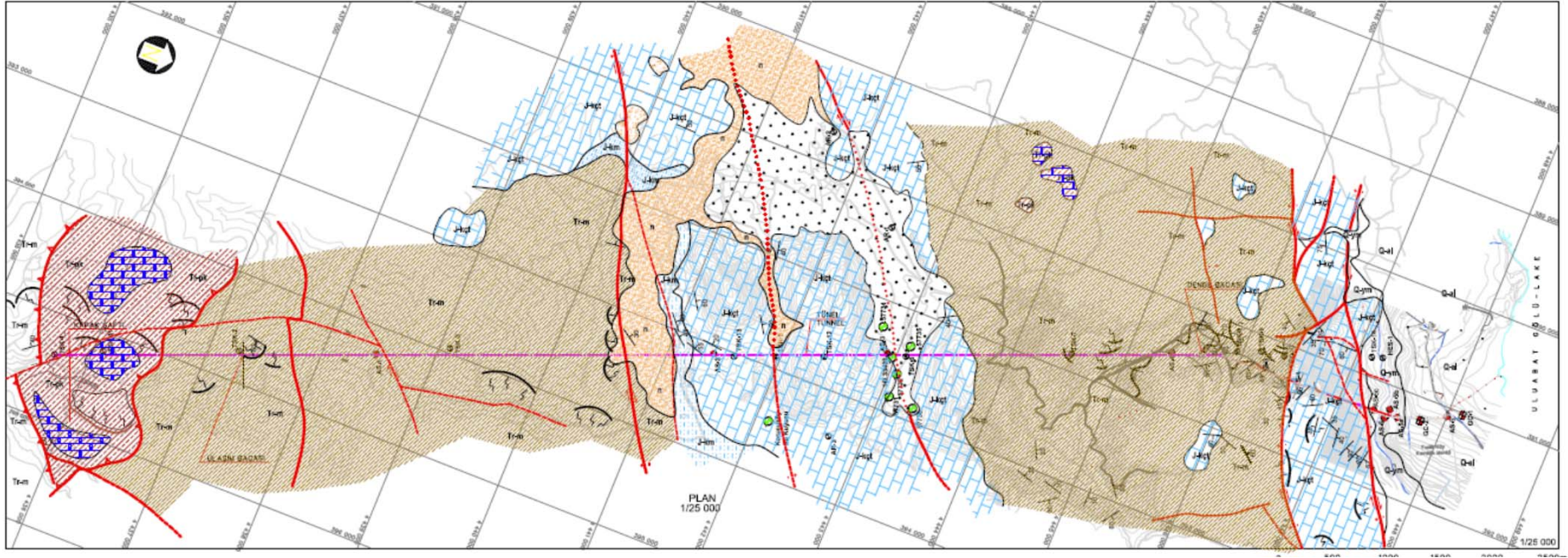
EXPLANATIONS

- Mainly Sandstone-Mudstone dominating sections
- Mainly Limestone-Calcareous Mudstone dominating sections
- Mainly Limestone dominating sections
- Volcanic dykes
- Inferred Fault Zones
- Possibly Crushed Zone
- Hypothetical Fracture Sets
- Groundwater Level

- Water Risk Levels**
- Minor to moderate risk requires grouting
 - Moderate to high risk requires systematic grouting
 - High to very high risk requires substantial grouting

Note: Geological information interpreted from contractual documents, geologic reports, geophysical survey results and borehole records provided.
Prepared by Msh Agin, Eng. Geologist

| Geological Fm | Kartal Formation (Alternation of calcareous shale - clayey Limestone - sandy limestone - sandstone) | | | | | | | | | | Kartal Formation (Alternation of calcareous shale - clayey Limestone - sandy limestone - sandstone) | | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|--|--|--|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------|---|---------------------------------|---|-----------|------|
| Structural Geology | Strongly folded and faulted due to multi-phase tectonic activities | | | | | | | | | | Strongly folded and faulted due to multi-phase tectonic activities | | | | | | |
| Dominating Lithology | Sandstone / mudstone | Limestone | Mudstone / Sandstone | | | Limestone-Clayey Limestone-Calcareous Mudstone Alternations cut by Diabase dykes | | | | | Limestone-Calc. Mudstone cut by Diabase dykes | Sandstone / Calcareous Mudstone | Limestone / Calcareous Mudstone | Lmst. | Limestone / Calcareous Mudstone | Limestone | |
| Rock Strength (Mpa) | 31 | 10-64 | 27-100 | | | 34-108 | 35-60 | 10-64 | 10-45 | 18-55 | 18-128 | 0-85 | 0-50 | 22-48 | 19-68 | 41-60 | |
| RQD | 0-28 | 0-65 | 0-80 | | | 0-90 | 0-40 | 32-85 | generally 15-60 | | | 37-90 | 0-85 | 0-50 | 0-82 | 25-92 | 0-82 |
| Discontinuities | 4 set, closely spaced, smooth to rough, 25-30 dipping | 4-5 set, closely spaced, smooth to rough, 25-70 dipping | 2-3 set, closely spaced, rough, 30-60 dipping | | | 2-3 set, closely to moderately wide spaced, rough to smooth faces, generally with calcite fillings, 30-60 dipping | | | | | 2-4 set, closely to v. closely spaced, rough, 15-40 dipping | | 4 set, closely to v. closely spaced, rough, 25-90 dipping | | 2-4 set, closely spaced, rough, 25-90 dipping | | |
| Groundwater Conditions | h=5.4 E-8 / 7.7E-7 (m/s) Hw=52m | h=1.1 E-9 / 7.9E-7 Hw=78m | h=6.6 E-8 / 3.2E-7 Hw=66m | | | h=4.8 E-8 / 1.1E-7 Hw=95m | h=2.2 E-7 / 6.7E-7 Hw=122m | h=2.7 E-7 / 4E-7 Hw=140m | h=9.5 E-4 / 0.00 Hw=140m | h=1.5 E-7 / 0.00 Hw=140m | h=1.2 E-8 / 1.8E-6 Hw=140m | h=1.4 E-8 / 2.7E-7 Hw=140m | h=1.5 E-7 / 7.7E-7 Hw=130m | h=0.5 E-9 / 1.2E-7 Hw=65-75m | h=2.5 E-8 / 6.7E-7 Hw=18-75m | | |
| General Rock Mass Conditions | Poor to Fair | Poor to Fair | Poor to Fair | | | Poor to Good | Poor to Fair | Poor to Fair | very Poor to Fair | Poor to Good | Poor to Good | poor to Fair | Poor to Good | Poor to Good | Poor to Good | | |
| Water Risk (?) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Remarks | Mainly poor to fair, blocky rock conditions. Water income around fault and fracture zones expected | | | | | Mainly poor to good, moderately blocky rock conditions excluding fault zones. High water income around fault and fracture zones expected due to high water pressure below sea water body. Minimum rock cover is about 54m. | | | | | Mainly poor to fair, blocky rock conditions. Water income around fault and fracture zones should be expected | | Mainly poor to good, blocky rock conditions. Water income around fault and fracture zones should be expected. %15.6 class I, %23 class II, %25.9 class III, %15 class IV, %20.5 class V | | | | |



MEKANİZE KAZI SİSTEMLERİ

Kazı elemanları: Bunlar zeminin kazılabilirlik özellikleri ile belirlenir. Tipik olarak 4 ana tip verilebilir. Bunlar;

- Sıyırıcı tırnak ve kepçeler - Sıyırarak kazma esasına dayanır.
- Kazıyıcı ve sökücü tırnak (pik)- Kazıma ve sökme esasına dayanır.
- Kesici disk ve düğmeler- Basınç ile çatlatarak çipler halinde koparma esasına dayanır.
- Hidrolik kırıcı- Noktasal darbeler ile kırma esasına dayanır
- Ayrıca geliştirilme aşamasında olan su jeti ve laser yöntemleri de mevcuttur.

Koruyucu elemanlar : Bu elemanlar;

- tam /yarım/parmaklı kalkanlar (tek veya çift),
- Ayna kapak / separatörleri ve göğüs kalkanları,
- Ayna basınç sistemleri

gibi kazı sırasında emniyeti sağlamak ve gerekli desteklemenin yapılabilmesine olanak sağlayan elemanlar olup, hemen hemen tamamen zeminin duraylılık özellikleri ve yeraltısını koşullarının etkisi çerçevesinde planlanır.

İtme- ilerleme-yönlendirme elemanları: Bunlar makinenin ilerlemesi ve kesme için gereken basıncın sağlanması ve makinenin yönlendirmesini sağlayan elemanlardır. Zeminin sağlamlığı ve özellikleri yanısıra önemli ölçüde de seçilecek kaplama (konvansiyonel, segment, boru vs.) tipine bağlıdır. Temel tipler aşağıda verilmiştir.

- Palet veya tekerlek- Olağan kazı makinelerindeki gibi. Örneğin açık roadheaderler.
- Baskı pabuçları ve propel itme silindirleri- Makinenin yanlara basarak itilmesi esasına dayanır.
- İtme pistonları- Makinenin önceden yerleştirilen kaplamaya basarak ilerlemesi esasına dayanır.
- Boru itme- Makinenin arkadan, bir itme istasyonundan prekast borular sürülerek itilmesi esasına dayanır.
- Karma sistemler (DS)- Bunlar özellikle karmaşık koşullara göre adapte olan makinelerde olup hem baskı pabuçları hem de itme pistonları içeren esnek sistemlerdir.

Kaplamaya yönelik elemanlar: Makineler zemin şartlarının gerektirdiği kaplamanın yerleştirilmesine yönelik ekipman ve araçlarla da donatılabilmektedir. Bu elemanların belirlenmesinde yine zeminin duraylılık özellikleri belirleyicidir. Başlıca donanımlar;

- Konvansiyonel (püskürtme beton, bulon, hasır ve çelik iksa) desteklerin yerleştirilmesine yönelik delgi, erektör ve püskürtme robot kolları,
- Prekast segment kaplama erektörleri
- Boru sürme sistemi (aynı zamanda makinenin itme sistemi)

Hafriyat alma ve taşıma elemanları: Kazılan malzemenin taşıyıcı sisteme aktarılmasını sağlayan elemanlardır. Bu elemanların belirlenmesi de kazılan zemin cinsine, duraylılık özelliklerine (örneğin ayna basıncı gerekiyorsa boşaltma sistemi basıncın sağlanması amacı ile kontrollü yapılacaktır) düşünülen taşıyıcı sisteme bağlıdır.

Taşınan malzeme tünel ağzından çeşitli şekillerde yada şaftlardan vinç ile yada düşey konveyör ile alınarak uzaklaştırılabilir.

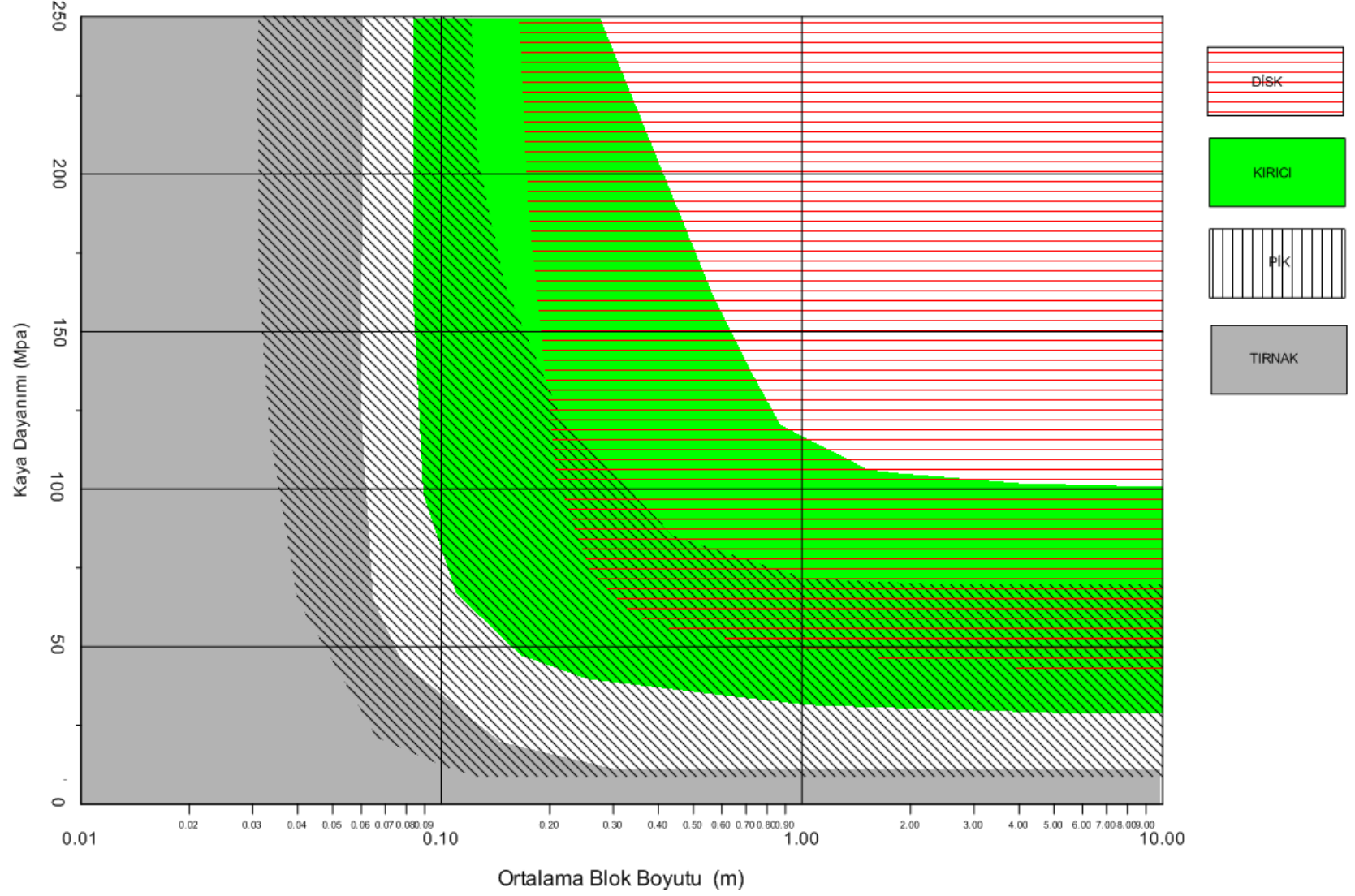
Yardımcı ekipman ve elemanlar: Tünel makinaları çalışmalarını kolaylaştırmak ve daha efektif kazı yapmaya yönelik bir dizi yardımcı sistem ve ekipmanlar ile de teçhiz edilmektedir. Bazı ana kategoriler aşağıda verilmektedir;

- Araştırma ve sağlamlaştırma elemanları- Delgi ve enjeksiyon ekipmanları, sismik ve radar tomografileri vb. araçlar ve ilgili donanımlar,
- Aynaya ve kazı malzemesine ilave katkı ekipmanları- kazıyı ve kazılan malzemeleri arzu edilen özellikleri kazandırmak ve taşımaya kolaylaştırmak, boru itmede sürtünmeyi azaltmak için uygulanan çeşitli kimyasal maddelerin tünel cidarı, ayna ve hücrelere verilmesini sağlayan ekipmanlar,
- Özellikle karmaşık makinelerde çeşitli kazı ve basınç parametrelerini izlemeye yönelik elektronik izleme araç ve gereçleri

Güç ve denetim sistemleri: Yukarıda verilen tüm sistemin güç ve denetimini sağlayan ekipmanlardır. Bunlar tüm sisteme göre tasarlanır ve kazılabilirlik dışında jeolojik koşullar ile doğrudan ilgili değildir. Ancak şüphesiz ihtiyaca göre seçilen sistemlere uygun, yeterli güç ve motor üniteleri olmalıdır.

| Hafriyat alma Sistemi | Hafriyat Taşıma Sistemi | Notlar |
|-----------------------|--|---|
| a) Kova | <ul style="list-style-type: none">– Konveyör bant– Raylı sistem– Lastik tekerli araç | Genelde ayna basıncı gerekmeyen açık ve şildli makinalarda en yaygın kullanılan sistemdir. |
| b) Auger | <ul style="list-style-type: none">– Konveyör bant– Auger– Raylı sistem– Lastik tekerli araç | Genelde ayna basınçlı (EPB) sistemlerde kullanılır. Boşaltma hızının kontrolü ile ayna basıncı ayarlanır. Bu sistem ile tünel içinde de taşıma yapılabilir. |
| c) Kapaklı konveyör | <ul style="list-style-type: none">– Konveyör bant– Raylı sistem– Lastik tekerli araç | Yukarıdakine benzer amaçla kullanılır; ancak farklı olarak kapağın tam açılması ile basınçsız sisteme geçilebilir. |
| d) Çamur | <ul style="list-style-type: none">- Boru | Aynaya giden ve çıkan çamur borularının ayarı ile ayna basıncı sağlanır. Basınçsız da çalışabilir. |

TÜNEL MAKİNELERİ İÇİN KAZILABİLİRLİK DİAGRAMI



Kazılabilirlik

| Parametre | Ölçüsü | Genelde alt ve üst sınırlar | Notlar |
|-------------|--|-----------------------------|--|
| Dayanım | Basınç ve çekme direnci | 0.5-250 Mpa | Tek /3 eksenli basınç direnci |
| Çatlaklılık | RQD, Çatlak sıklığı, blok boyutu | 0-100%, (1cm->2m) | Kaya davranışını belirler |
| Kırılganlık | Basınç direnci ile çekme direnci arasındaki oran | 1-20 | Kazıcı eleman seçimi |
| Sertlik | Mohs sertliği Cherchar Aşınma direnci | 1-10 | Farklı sertlik ölçüleride söz konusudur. |

Duraylılık

- *Tünel çevresinde oluşacak yük (derinlik ve tektonik koşullara bağlı, artığı ölçüde duraylılığı azaltır)*
- *Kaya Dayanımı (Kayanın basınç dayanımı, arttığı ölçüde duraylılığı arttırır, kazılabilirlik konusu incelenirken bahsedilmiştir)*
- *Çatlaklılık (RQD, çatlak aralığı, blok boyutu, çatlaklılık azaldığı oranda duraylılık artar, kazılabilirlik konusu incelenirken bahsedilmiştir.)*
- *Süreksizlik özellikleri ve geometrisi (süreksizlik yüzeylerinin durumu, tünele göre geometrik konumu vs., eklemlerdeki kil vs dolguların olması duraylılığı azaltır)*
- *Yeraltısuyu (su basıncı ve ortam geçirimliliği, yeraltısuyu arttıkça duraylılık azalır)*

Ortam duraylılığı mekanize yöntem seçiminde iki ana açıdan önemlidir. Bunlar;

Tünel çevresinde gelişecek yükler- Oluşacak yükleri karşılayan bir ön ve nihai kaplamanın ve bununla ilgili makine özelliklerinin belirlenmesi (Tip, Çap, vb.)

Duraylılık süresi- Koruyucu (kalkan, ayna basıncı, ayna kapak ve separatörleri) elemanların gerekip gerekmediği ve gerekiyorsa tipinin belirlenmesidir.

Ayrıca belirlenen kaplama ve koruyucu sistemler itme ilerleme sistemleri ile hafriyat alma sistemlerinin seçiminde de önemli rol oynar.

YERALTISUYU

İster konvansiyonel ister mekanize olsun tünellerde karşılaşılabilecek ortamlarda yeraltısuyunun olup olmaması kazı ve kaplamada çok önemli farklara sebep olur. Yeraltısuyunun tünellere olan etkisi iki önemli noktada toplanabilir.

- **Suyun duraylılığa olan etkisi:** Yeraltısuyu zemin ve kayada gözenek ve çatlaklarda direnci azaltmak, kayganlaştırmak gibi etkiler ile ortamın duraysızlığını artırmakta, özellikle yumuşak veya gevşek zemin ortamında zemine akıcı karakter kazandırmaktadır.
- **Miktar ve basınç olarak etkisi:** Tünele gelen suyun drenajı için miktar, kaplama tasarımı ve ayna basınçları içinde suyun basıncı önemlidir.

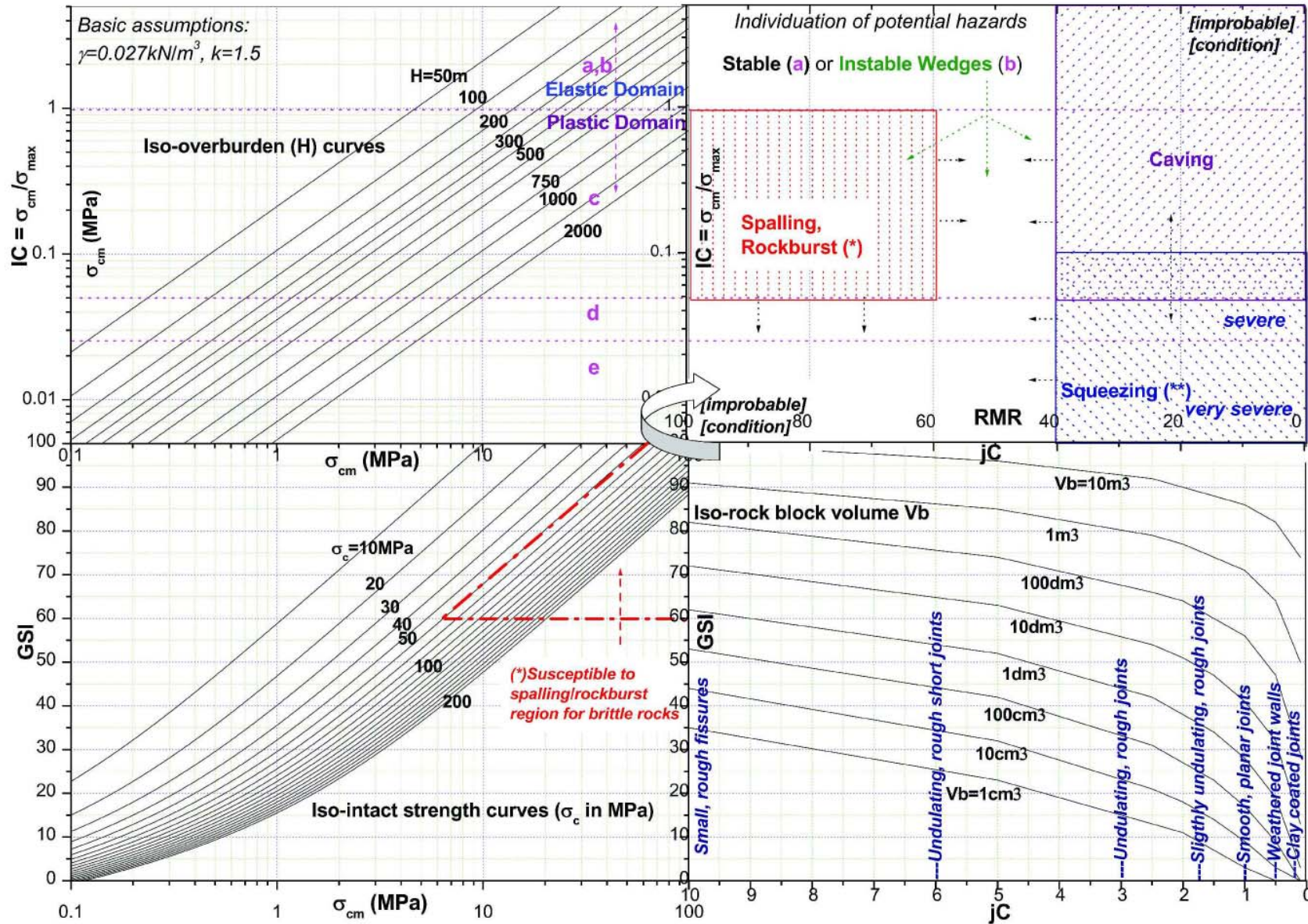
Suya karşı makinelerde en önemli önlem karşı denge basıncı sağlayan sistemlerdir (Hava, sıvı ve zemin karışımları)

JEOLOJİK DEĞİŞKENLİK

- Genel ve yaygın koşullar (birden fazla olabilir)
- Yerel ve tekil daha iyi ya da daha kötü koşullar
 - ilave ekipman, zaman ile aşılabilen ya da
 - Projenin maliyetini çok arttıran ya da terk edilmesine yol açan ya da
 - Özel bir lokasyonda olağan üstü riskli bölgeler

III - Rock mass strength (σ_{cm})+in situ stress ($2*\gamma*H$)=Competency (IC)

IV- Competency (IC)+self-supporting capacity (RMR)=Excavation behaviour



II - Intact strength (σ_c)+rock mass fabric (GSI)=Rock mass strength (σ_{cm})

I - Rock block volume (V_b)+joints conditions (jC)=Rock mass fabric (GSI)

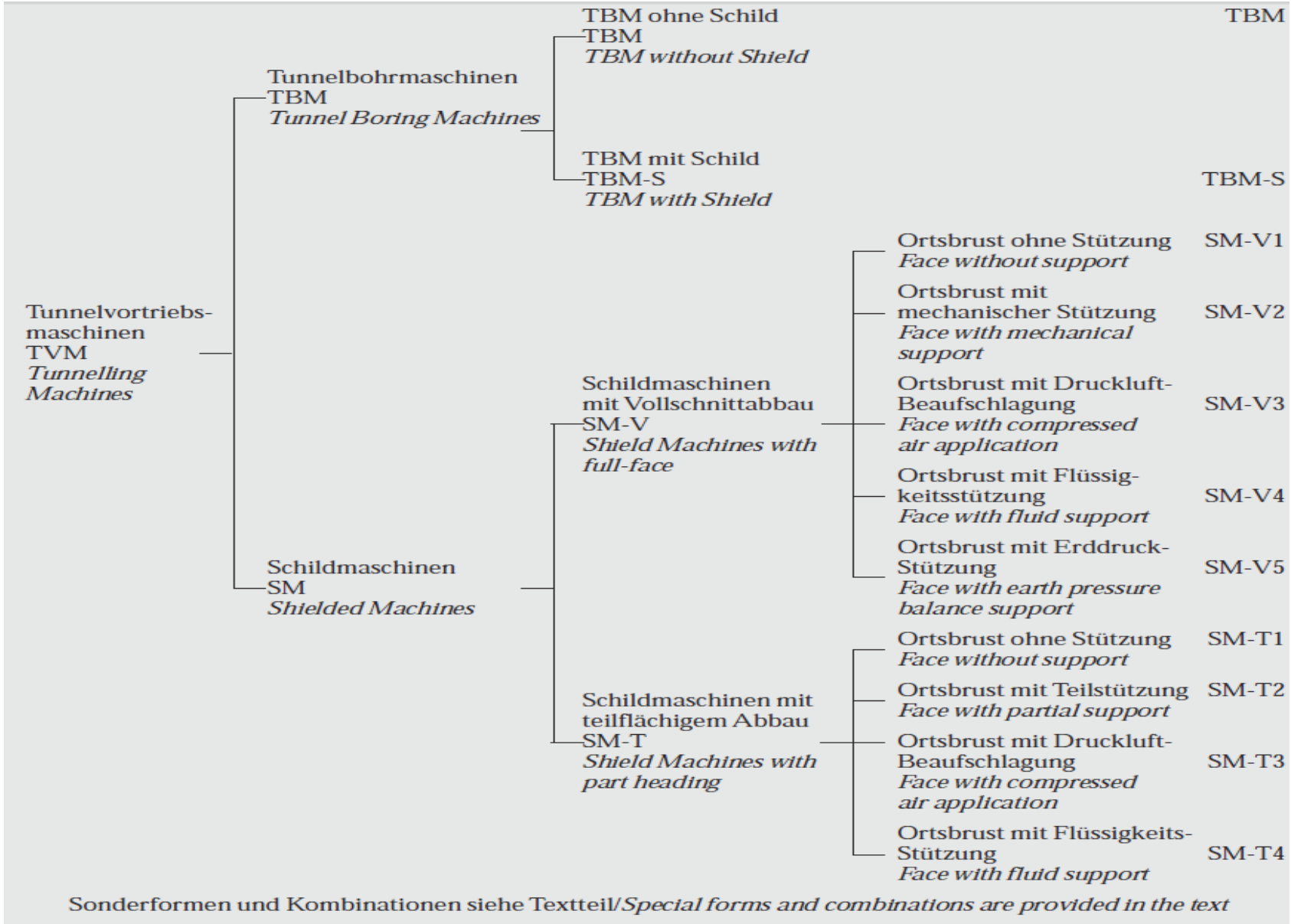
(*) only for the susceptible region, otherwise the development of plastic region and moderate radial convergences are more probable

(**) depending also from the length of the potential proned zone: given a possible "silo effect", for short zones included in good quality rocks, a caving behaviour it is most likely

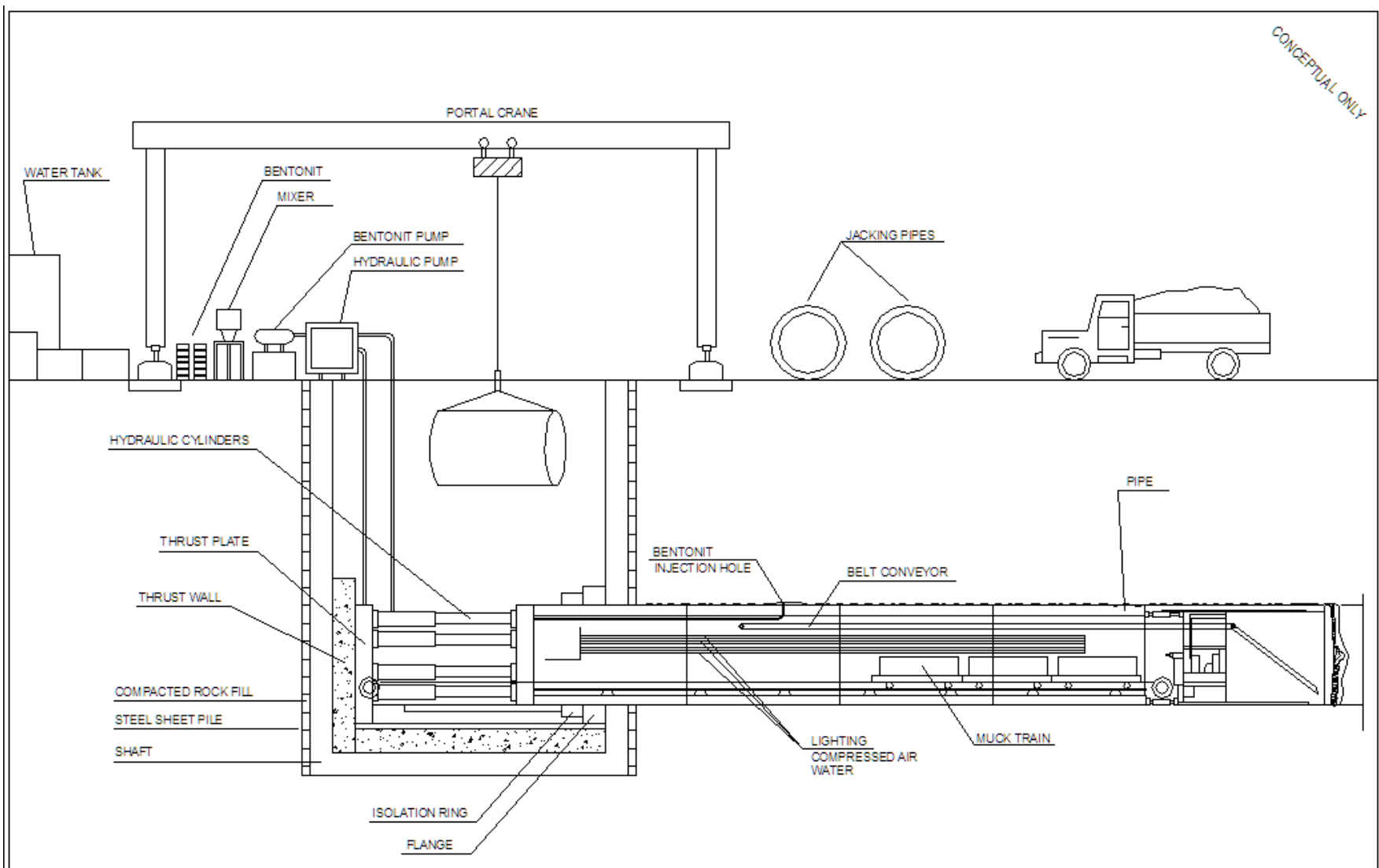
Jeolojik özelliklerin Makine Elemanları Üzerindeki Etkileri

*** Çok etkili ** Kısmen etkili * Dolaylı ya da az olarak etkili

| Özellik | Eleman | Kazıcı Elemanlar | Koruma elemanları | İtme-İlerleme ve yönlendirme elemanları | Kaplama Elemanları | Hafriyat alma Elemanları | Yardımcı Elemanlar |
|----------------|--------|------------------|-------------------|---|--------------------|--------------------------|--------------------|
| Kazılabilirlik | | *** | ** | | | ** | * |
| Duraylılık | | * | *** | ** | *** | | ** |
| Yeraltısuyu | | ** | *** | * | ** | * | *** |
| Değişkenlik | | *** | *** | *** | *** | ** | *** |

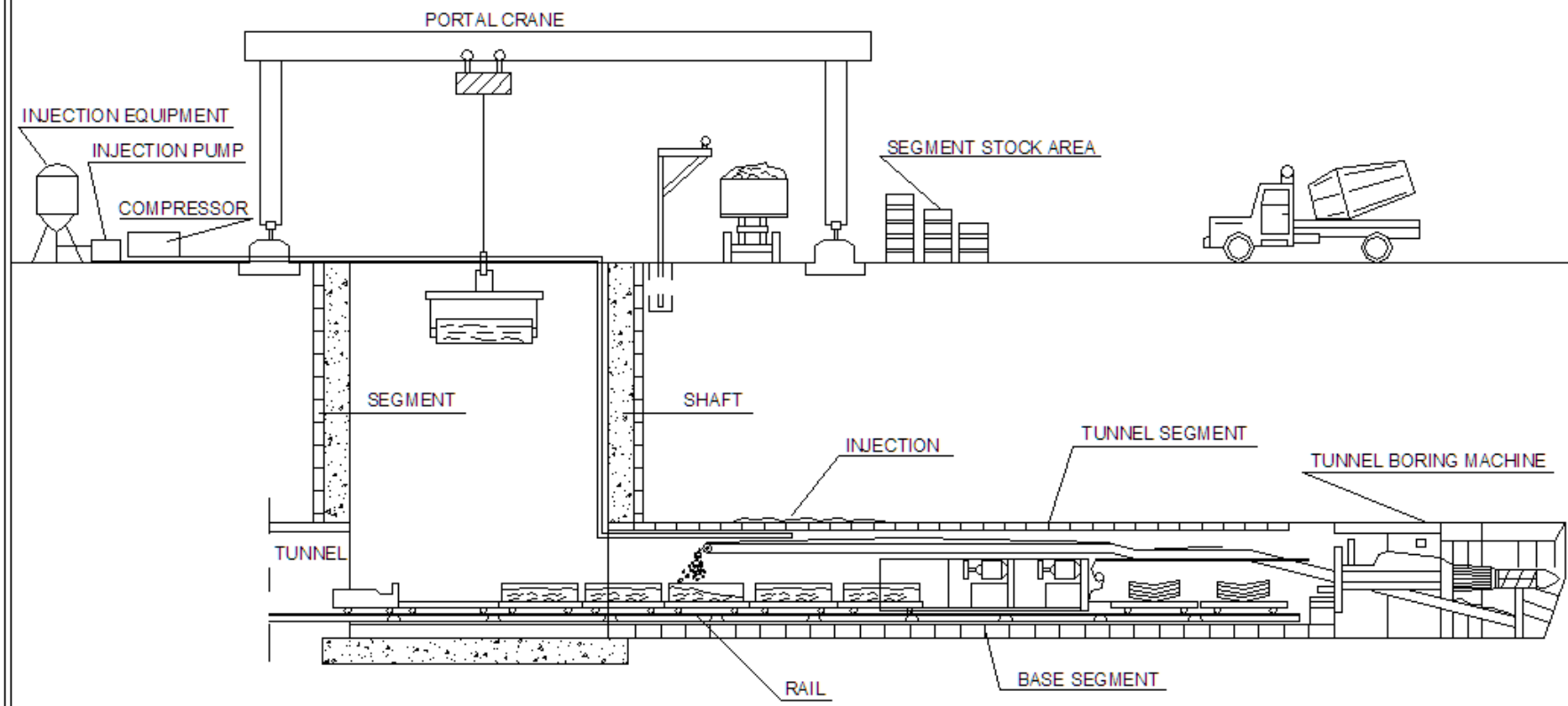


CONCEPTUAL ONLY



GREATER CAIRO WASTEWATER PROJECT
CONTRACT NO. 13A CONNECTIONS TO MAAADI ROCK TUNNEL
SLURRY PIPE - JACKING SYSTEM
ALTERNATIVE FIGURE NO. 6

CONCEPTUAL ONLY



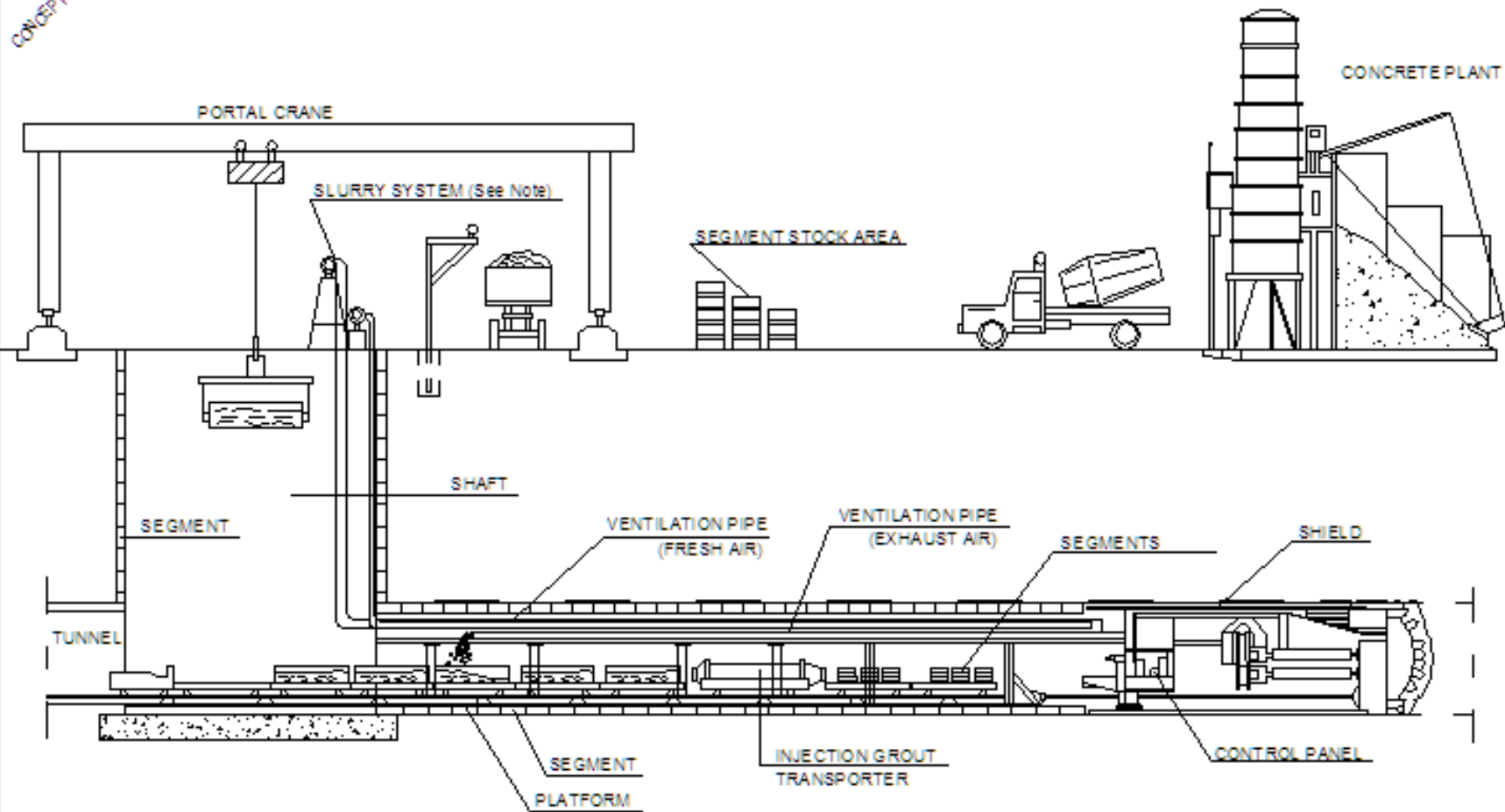
GREATER CAIRO WASTEWATER PROJECT
CONTRACT NO. 13A CONNECTIONS TO MAADI/ROCK TUNNEL

ROADHEADER
TUNNEL BORING MACHINE & PRINCIPLE

ALTERNATIVE

FIGURE NO. 5

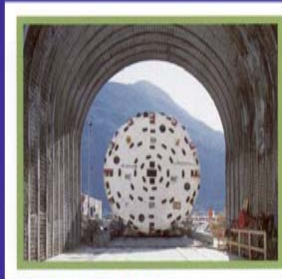
CONCEPTUAL ONLY



Note:
For muck removal either slurry system pipes or
muck cars can be employed according to operational needs.
Both system is shown in this conceptual drawing. (only for presentation)

GREATER CAIRO WASTEWATER PROJECT
CONTRACT NO 13A CONNECTIONS TO MADI ROCK TUNNEL
OPEN TBM & PRINCIPLE
ALTERNATIVE FIGURE NO 4

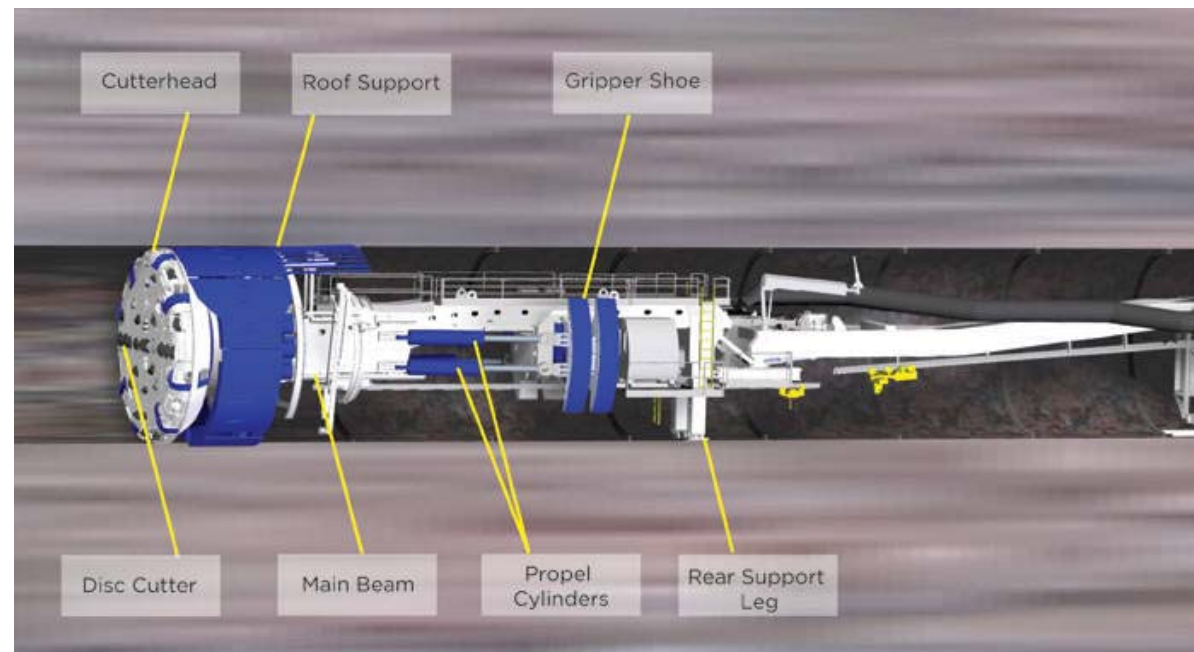
AÇIK TBM



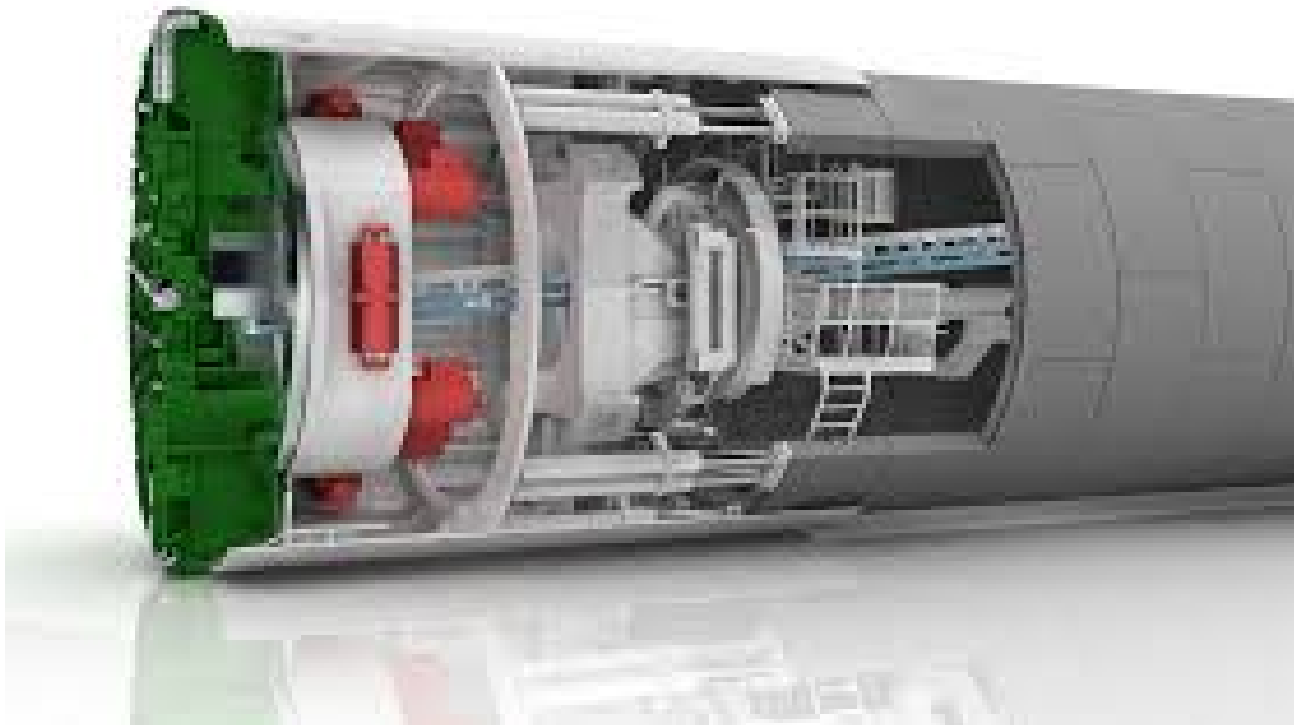
Gripper-TBM (Ø 9.43 m) Lötschberg, Base tunnel, Raron portal



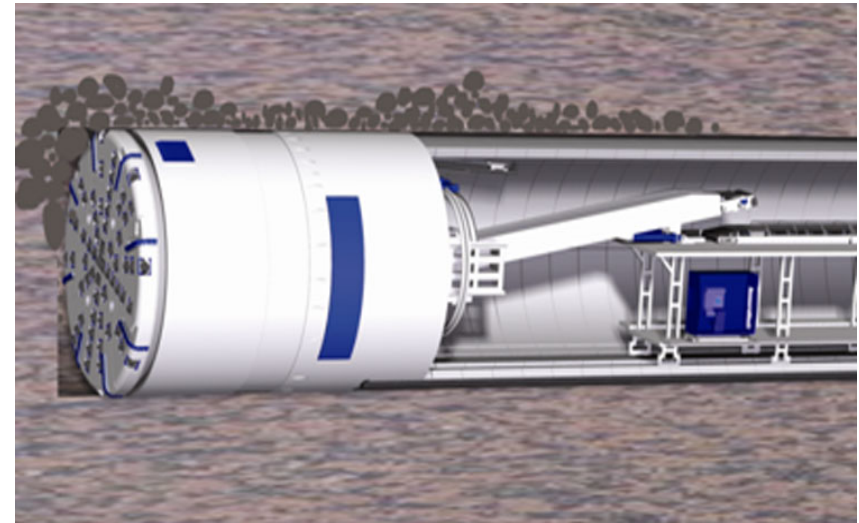
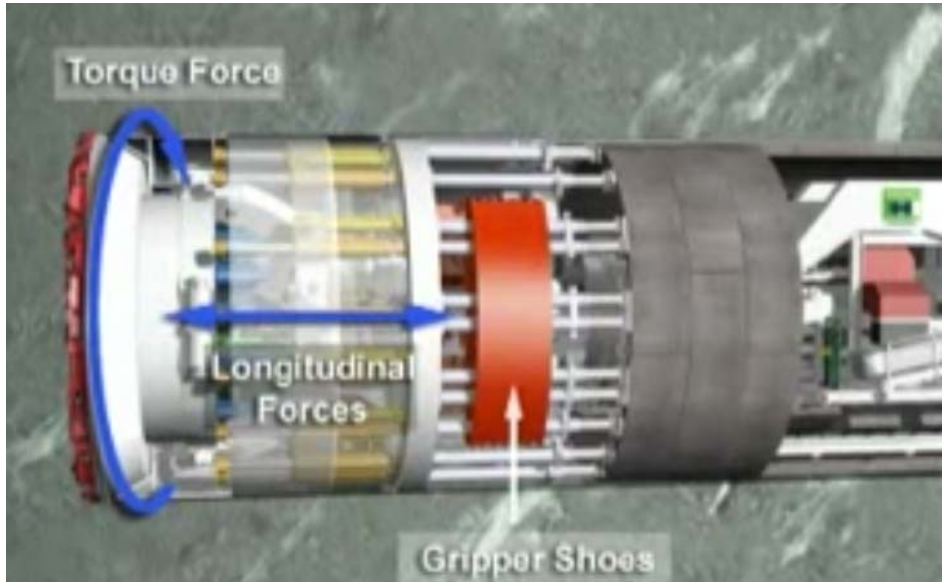
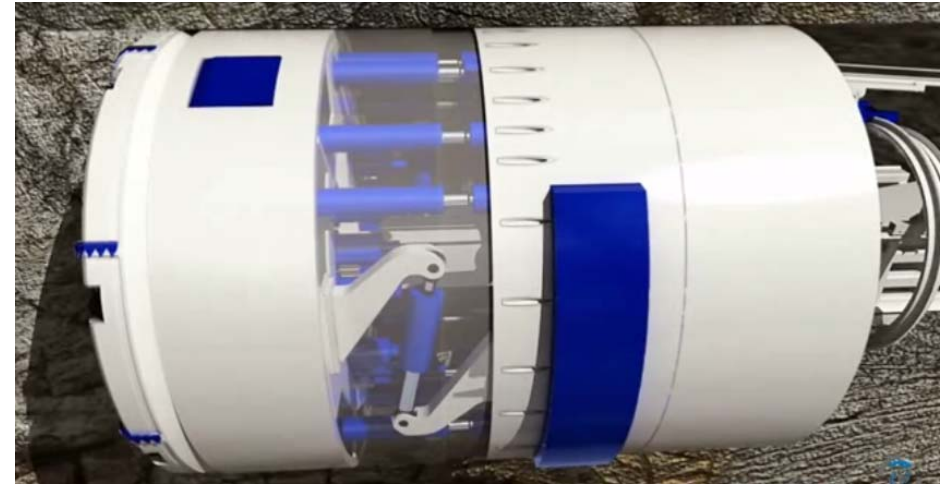
- | | | |
|-------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1. Cutterhead | 4. Ring erector | 7. Wire mesh erector |
| 2. Gripper shield | 5. Anchor drill | 8. Gripper plates |
| 3. Finger shield | 6. Work cage with safety roof | |



TEK KALKAN

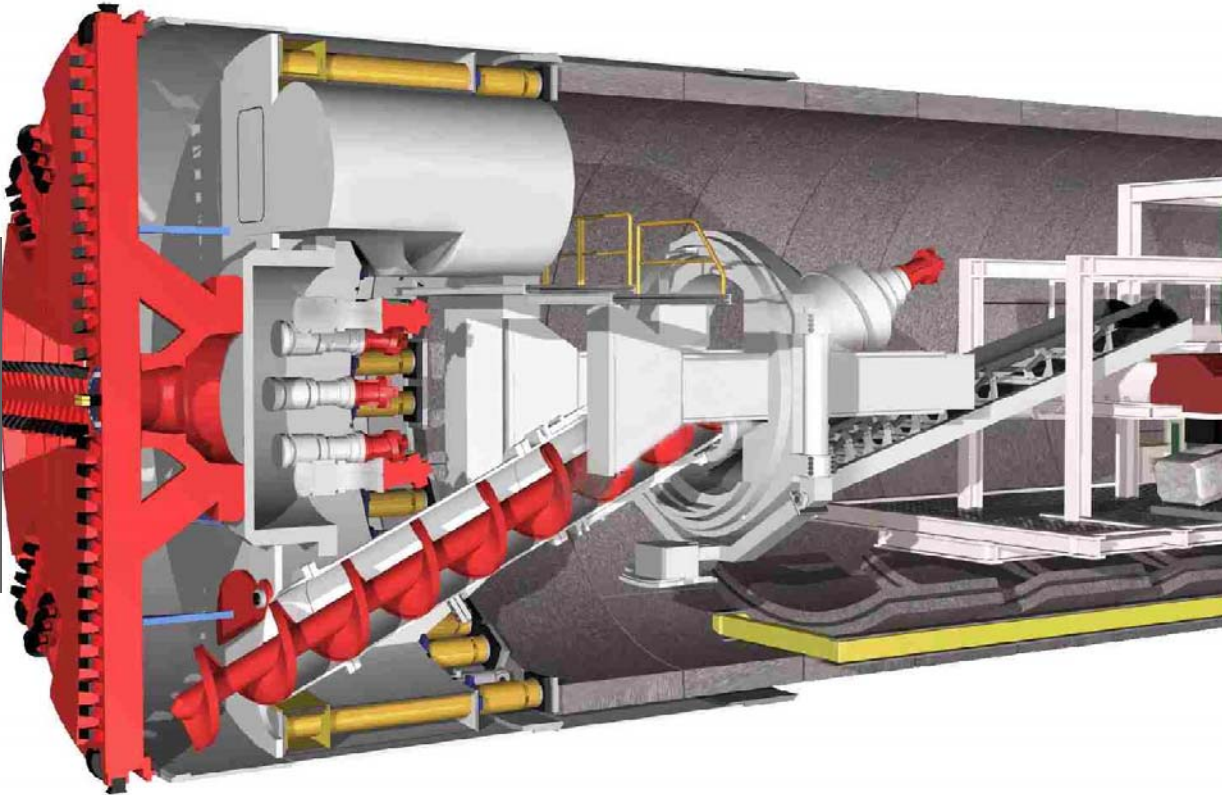
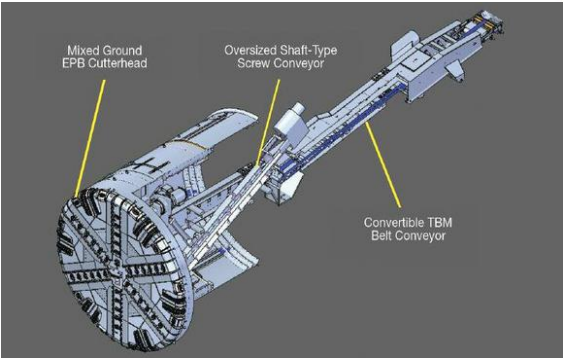
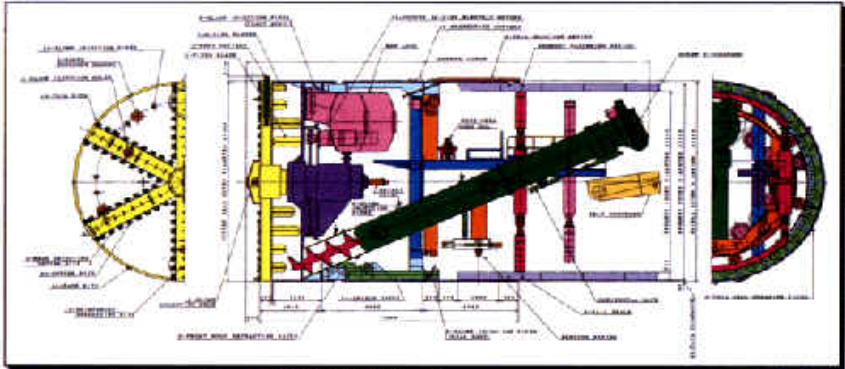
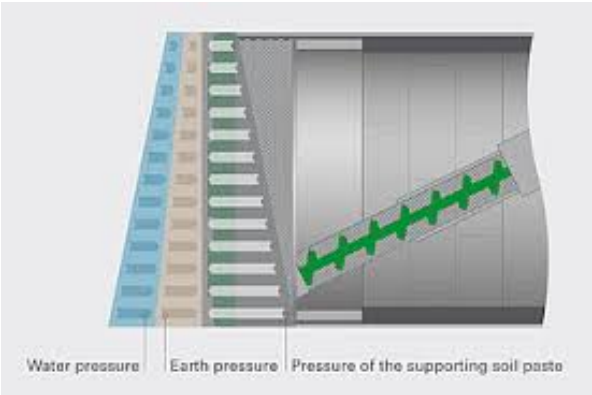


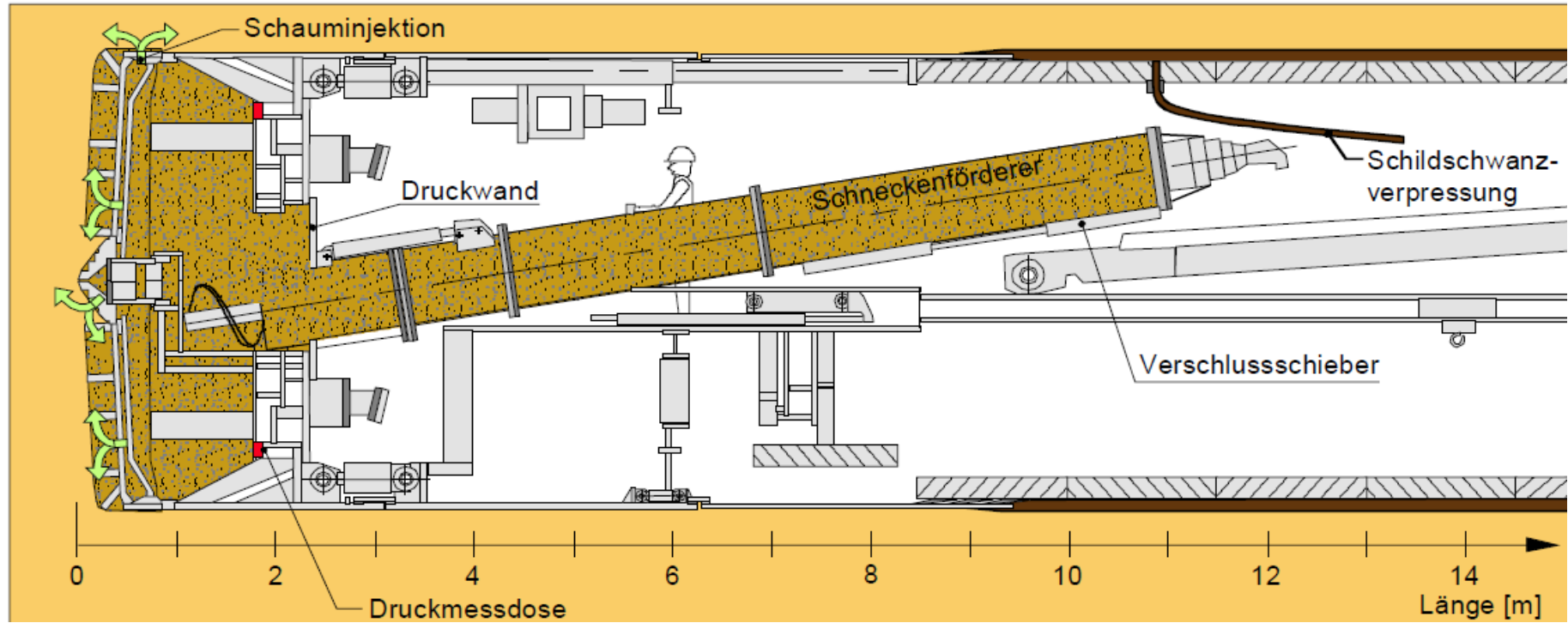
Çift Kalkan TBM (DS)



EPB

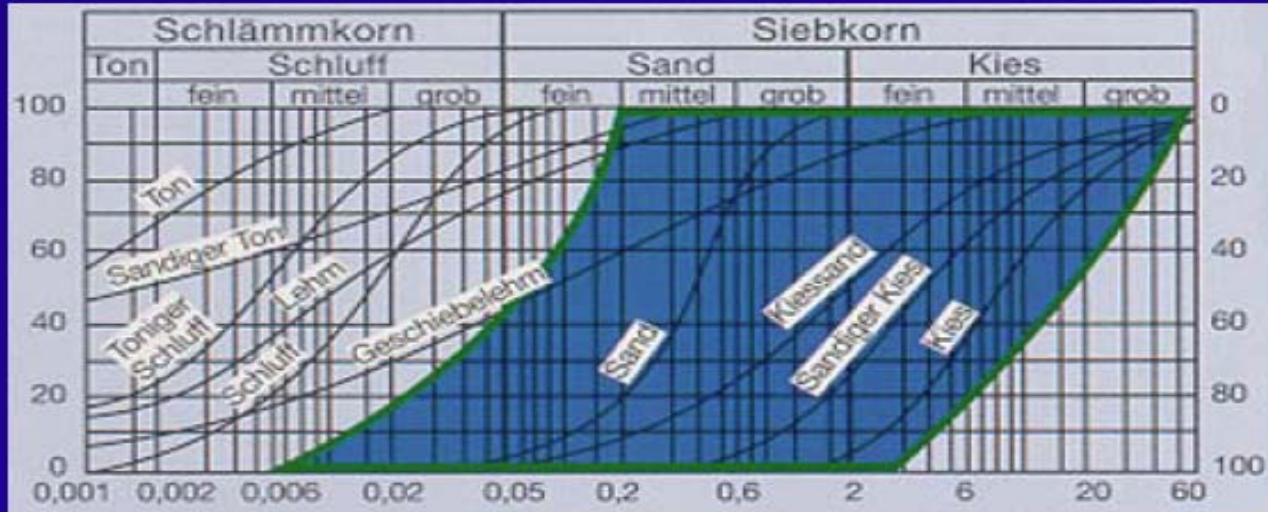
Earth Pressure Balance Shield Machine





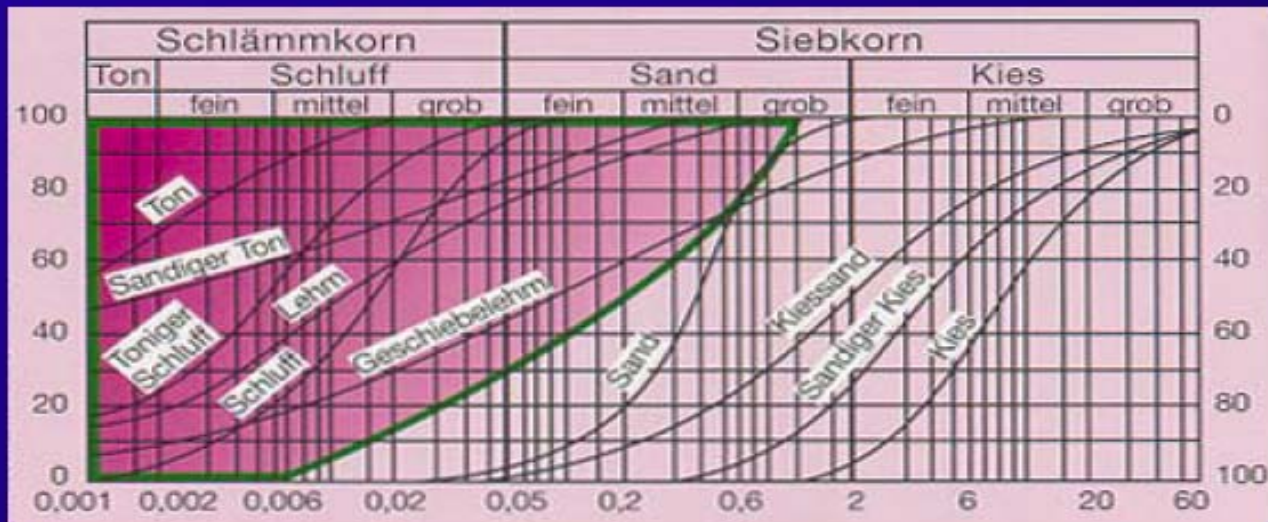






slurry shield

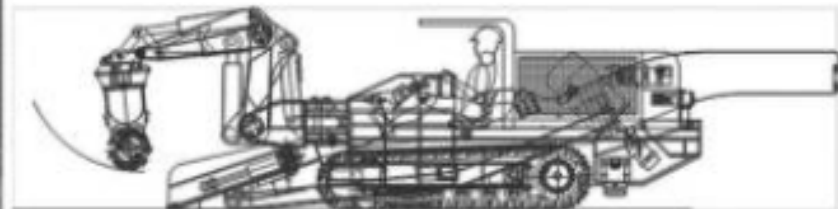
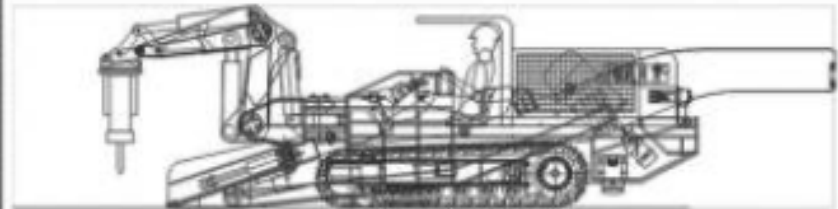
Herrenknecht (2001)



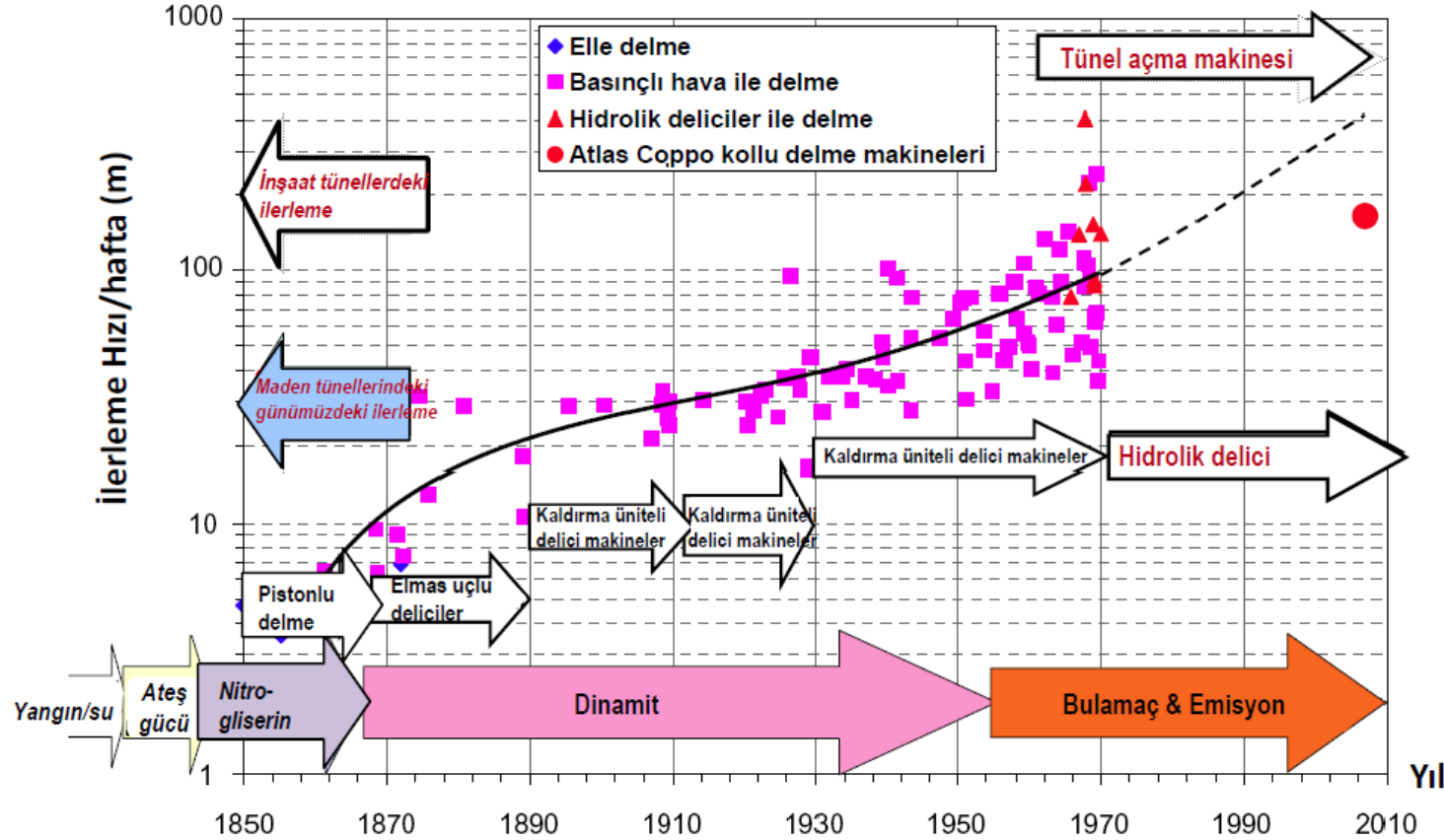
EPB shield

Herrenknecht (2001)

ROADHEADER



KAYA DELME TEKNOLOJİSİNDE İLERLEME HIZLARININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

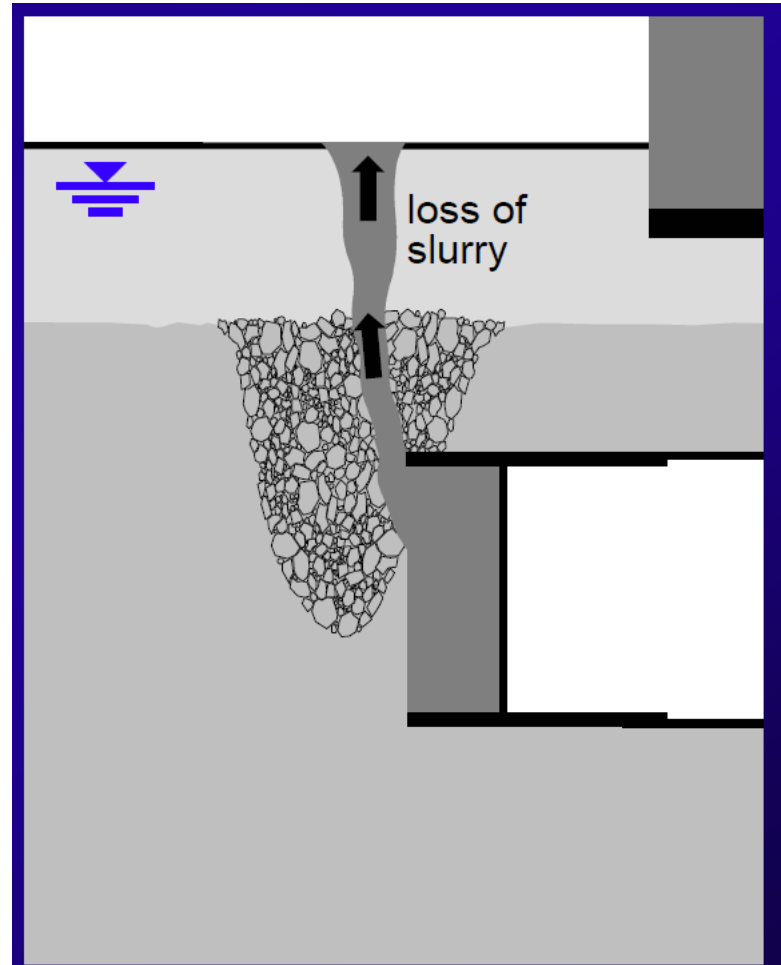
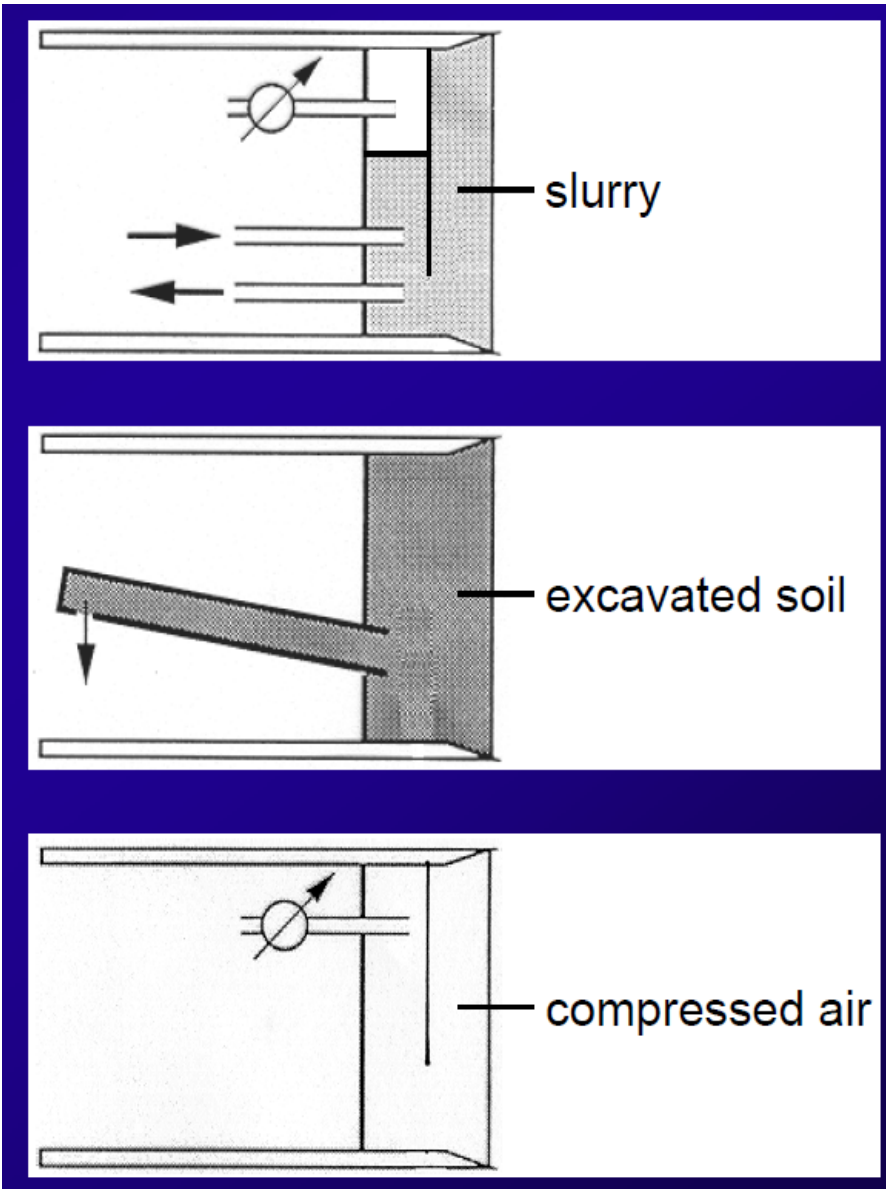


1830: ilk defa basınçlı hava ile su basıncını ve su taşıyan akıcı zeminleri dengelemek amacıyla 1930 yılında patent alınmıştır.

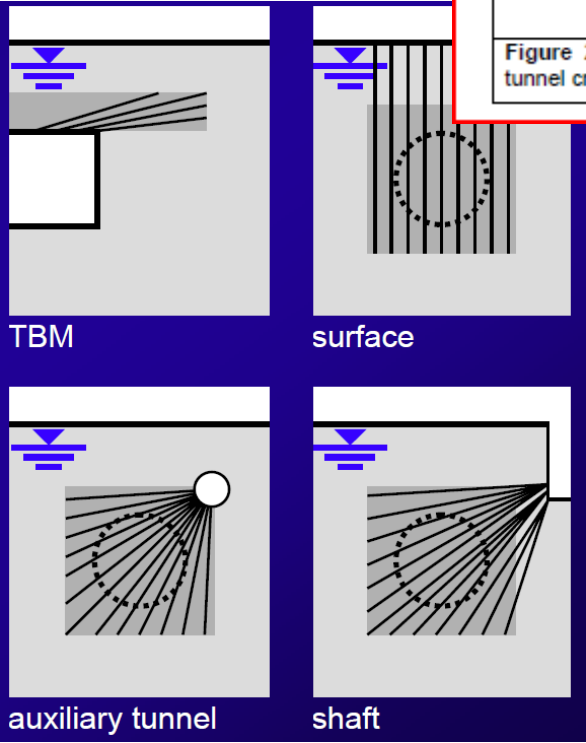
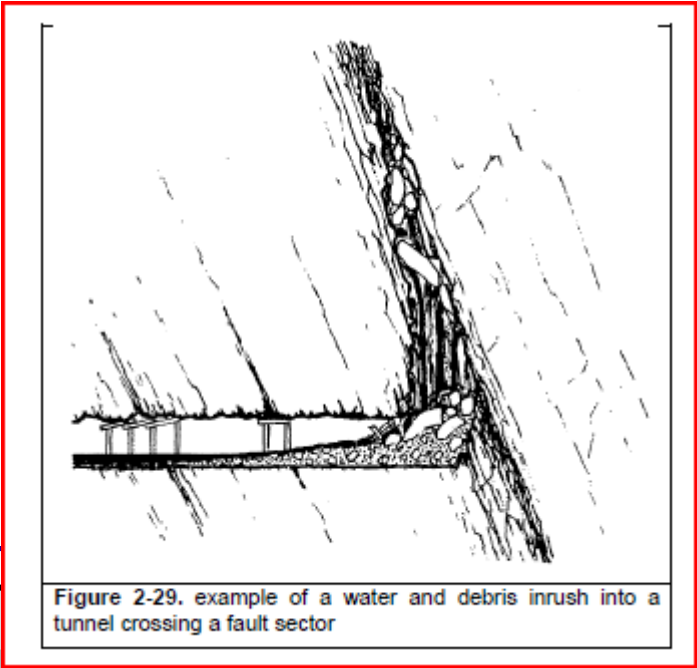
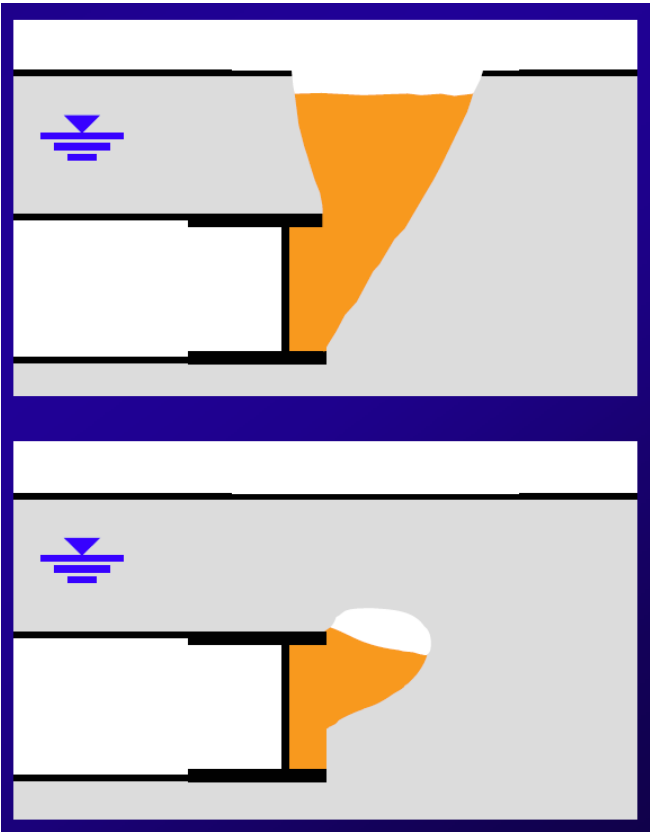
1869: Times nehri altında açılan Tower hill tüneline ilk defa silindirik kalkan kullanılmıştır. 2,18 m çaplı tünelde günlük ilerleme 3 m/gündür.

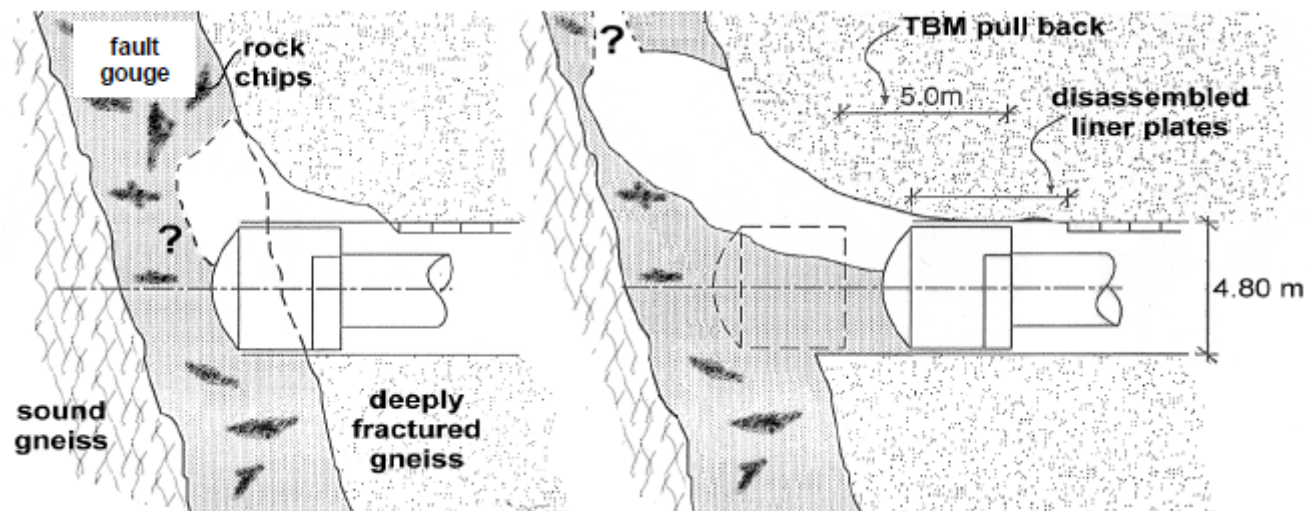
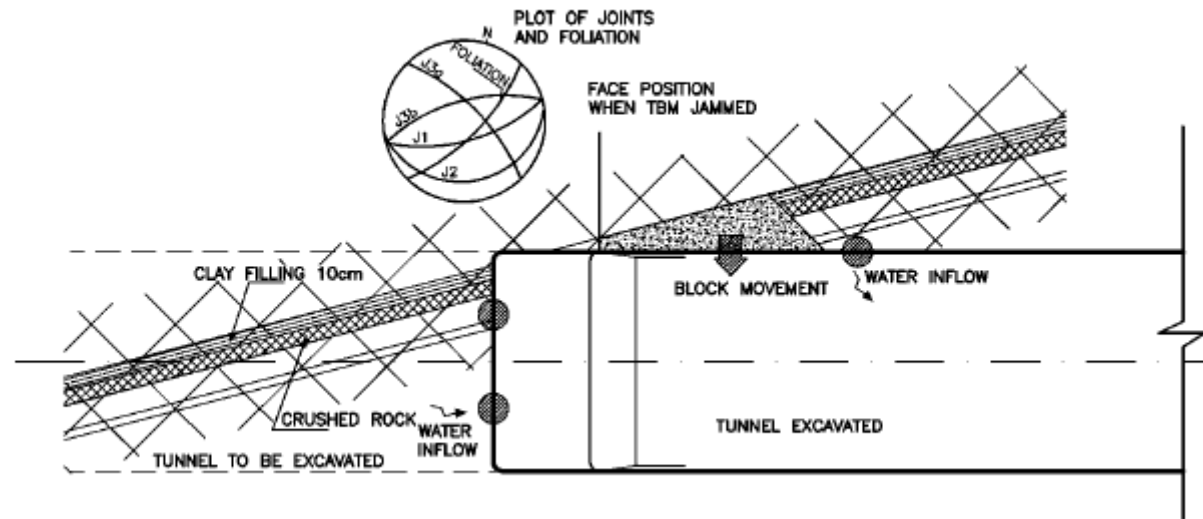
1884: Hudson nehrinde açılan tünelde basınçlı hava yöntemi uygulanmıştır.

1857 – 1971 döneminde Alplerde Fransa ile İtalya arasında 13,7 km uzunluğunda ilk büyük Alp tüneli olarak çift hatlı demiryolu tüneli inşa edilmiştir. Projenin maliyeti 3 Milyon Sterlin' dir. Tünel yapımı sırasında 28 can kaybı olmuştur.

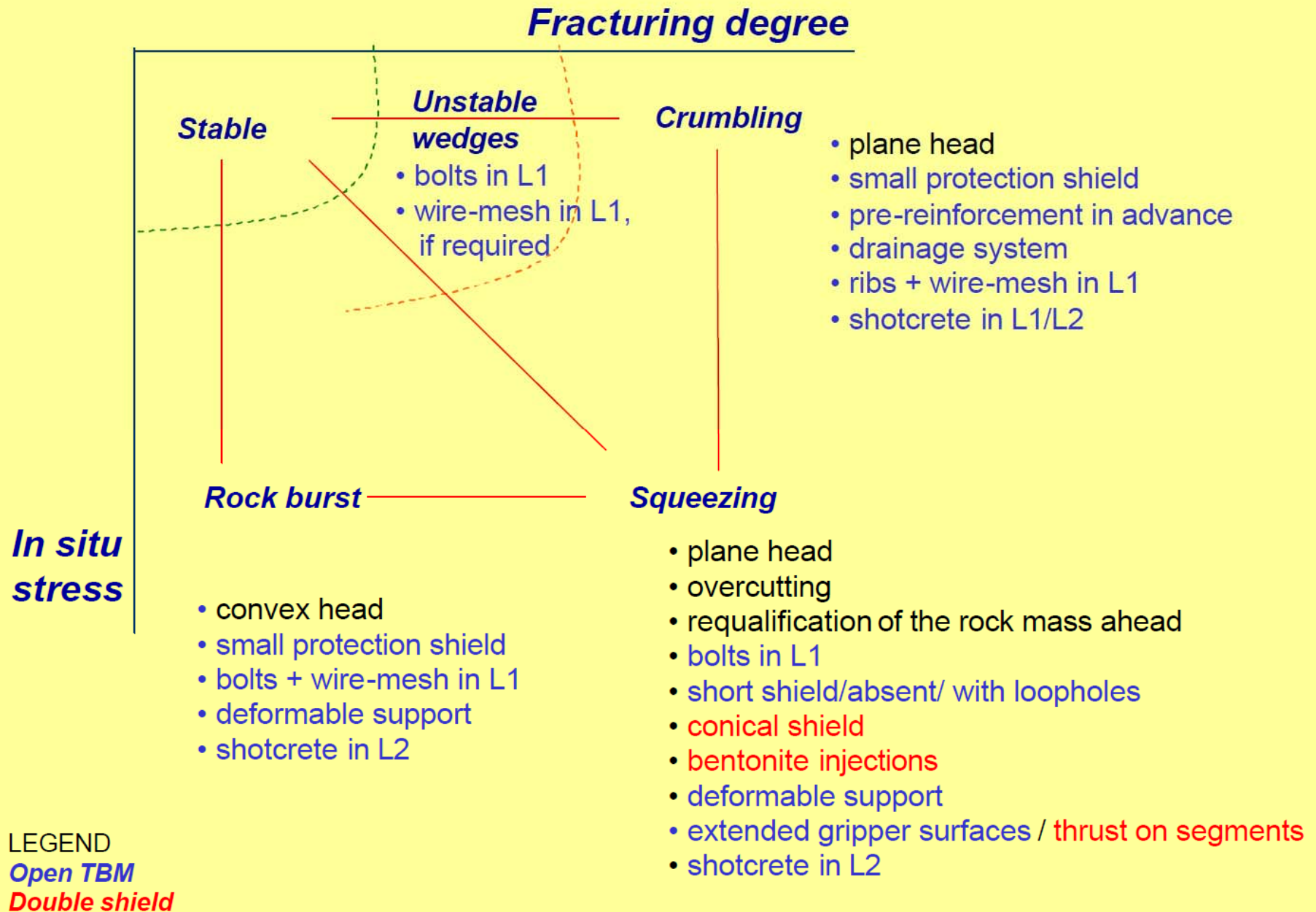


RISKLER

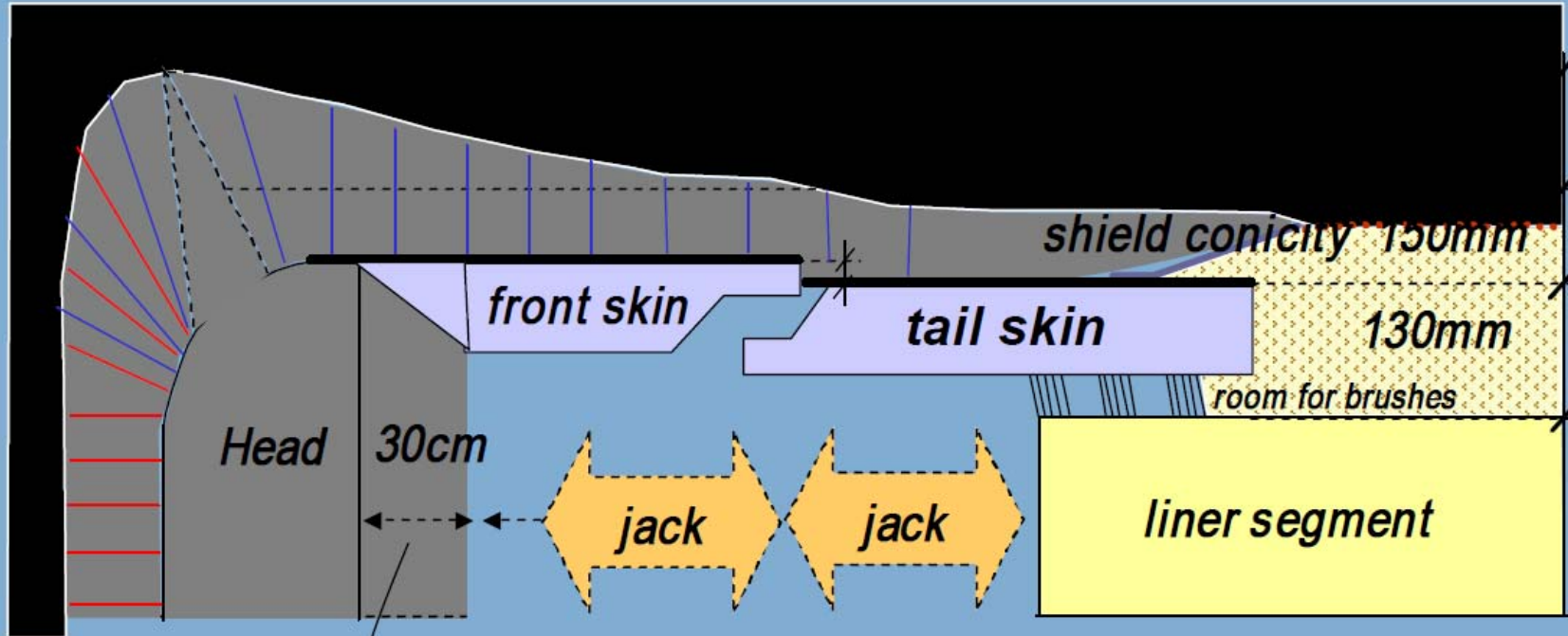




Possible solutions for TBM tunnelling



TBM scheme for Chaotic Clay



D 30cm

possible longitudinal movements
of the cutting wheels

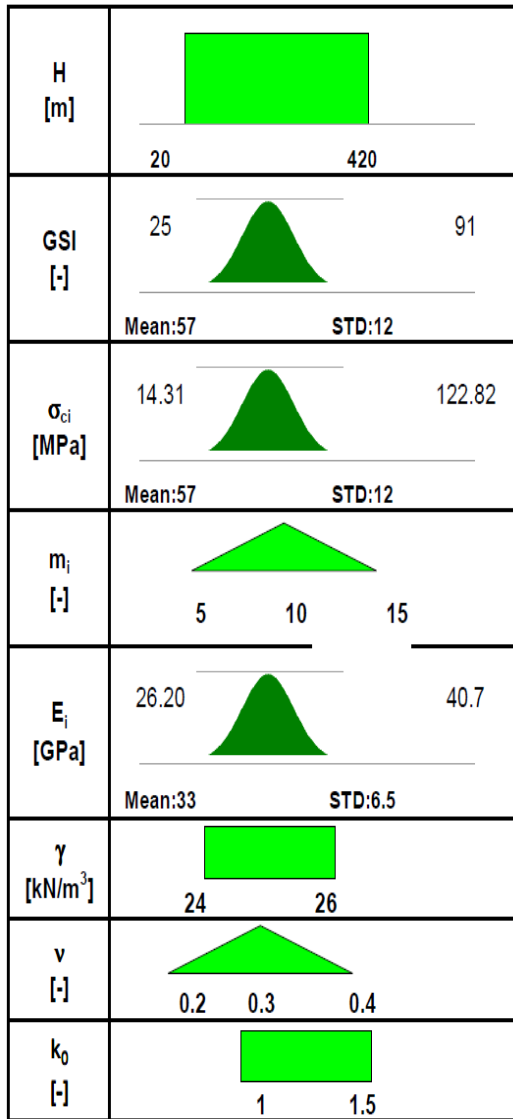
Pressurized face
and profile



Conditioned muck

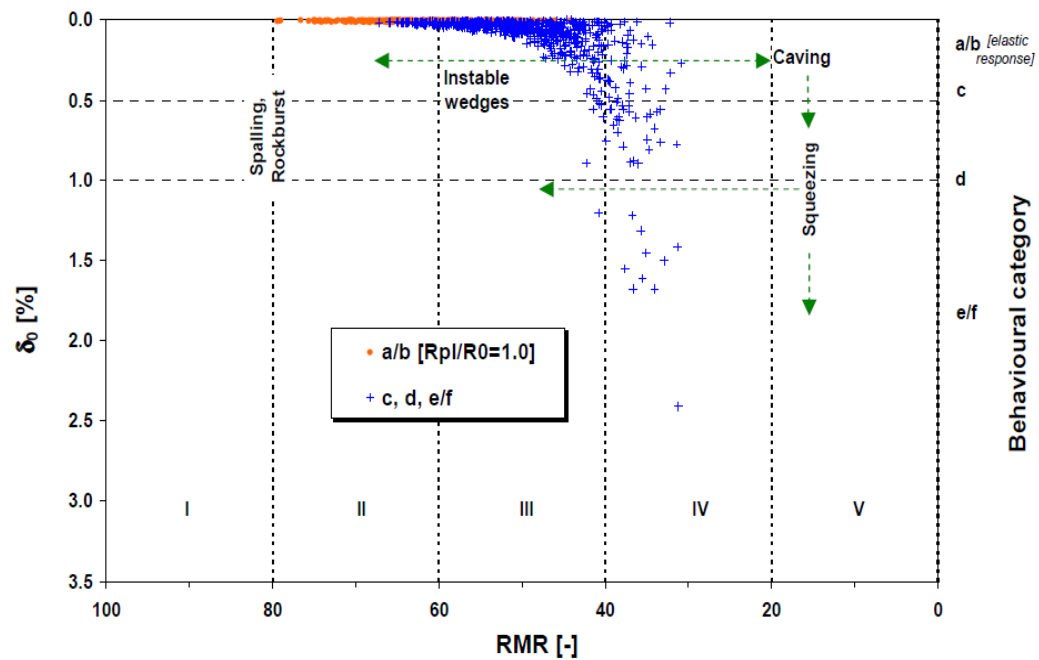
Pressurized bentonite

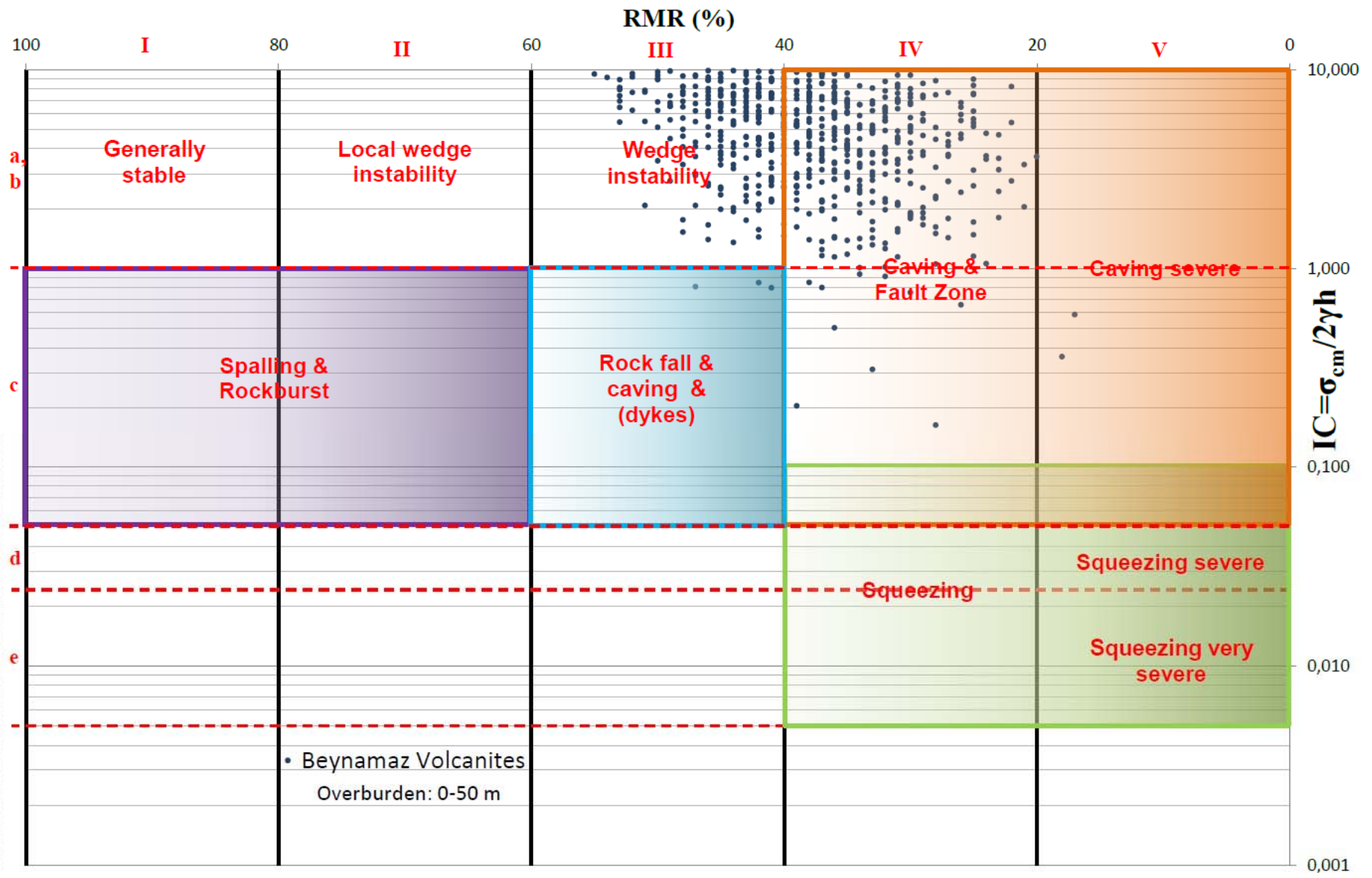
| ↓ ANALYSIS → | | Geostructural → | | Rock mass | | | | |
|---|----------------|-----------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|----|-----------|
| | | | | Continuous ↔ | Discontinuous ↔ | Equivalent C. | | |
| Tensional ↓ | | | | RMR | | | | |
| Deformational response ↓ | δ_0 (%) | Rp/Ro | Behavioural category ↓ | I | II | III | IV | V |
| Elastic ($\sigma_\theta < \sigma_{cm}$) | negligible | - | a | STABLE | | | | |
| | | | b | INSTABLE | | CAVING | | |
| Elastic - Plastic ($\sigma_\theta \geq \sigma_{cm}$) | <0.5 | 1-2 | c | SPALLING/ ROCKBURST | | WEDGES | | |
| | 0.5-1.0 | 2-4 | d | | | | | |
| | >1.0 | >4 | e | | | | | SQUEEZING |
| | | | (f) | → Immediate collapse of tunnel face ↑ | | | | |

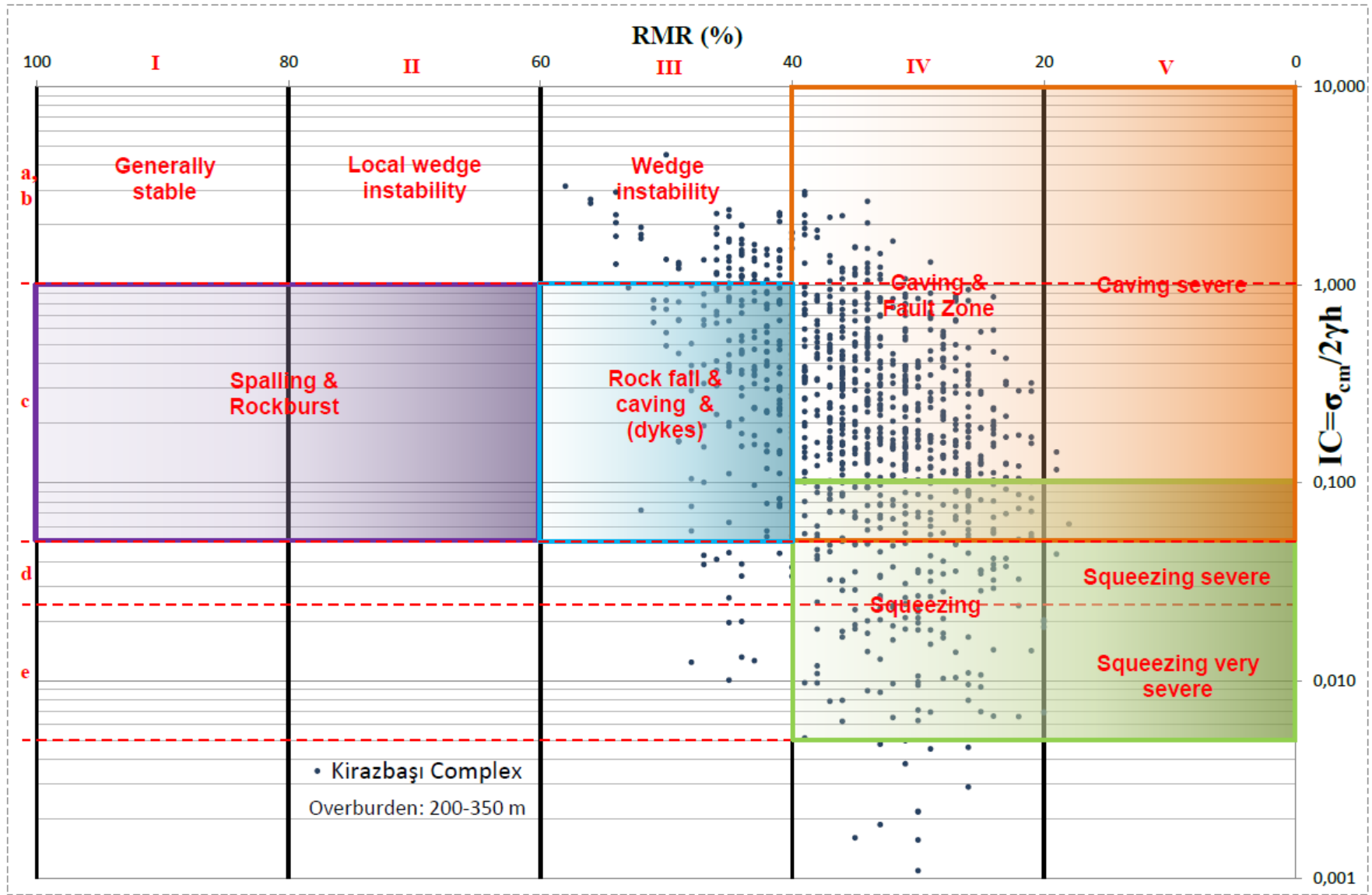


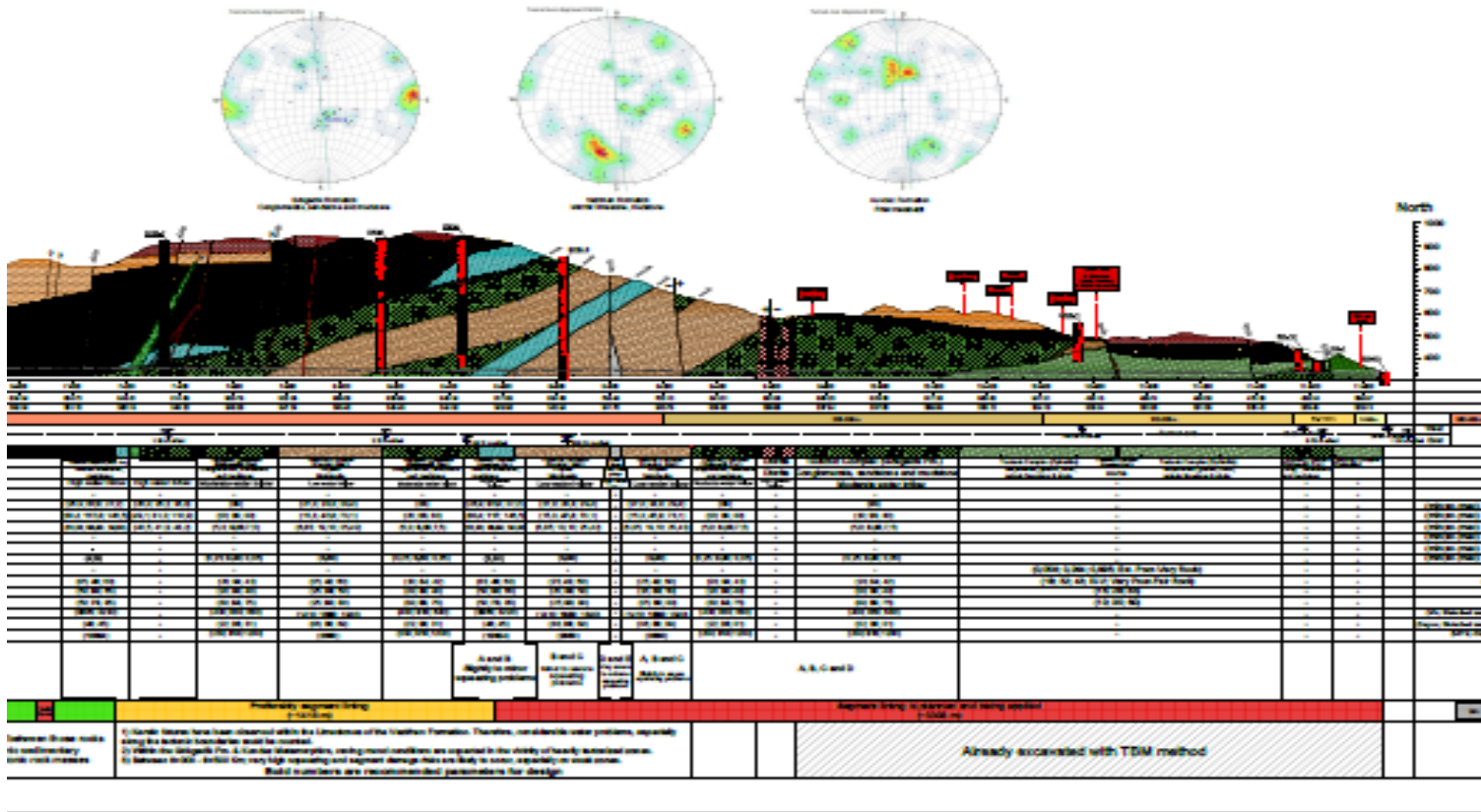
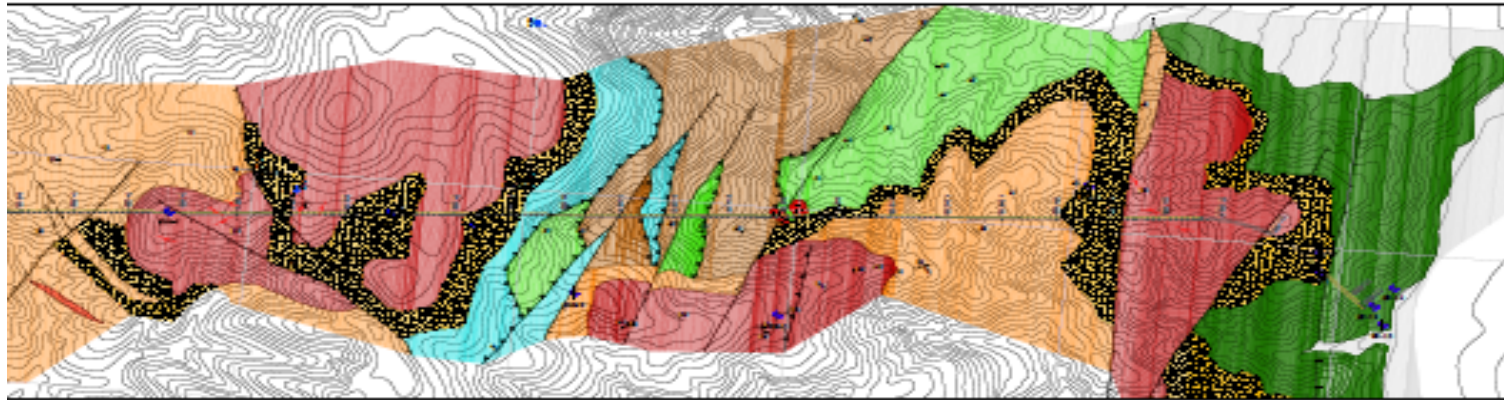
| Hazards in funzione di Delta_0 | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------------|-----------|--------|---------------|------------------|-----------------------|---------------|------------------|-----------------|
| N.Trials | Local wedge | Wedge instability | Rock fall | Caving | Caving severe | Squeezing severe | Squeezing very severe | Mild spalling | Rockburst medium | Rockburst heavy |
| 1000 | 0.0% | 19.4% | 71.8% | 4.2% | 0.0% | 3.2% | 1.4% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |

| BC in funz. Delta_0 | | | |
|---------------------|-------|------|------|
| a/b | c | d | e/f |
| 30.8% | 64.6% | 3.2% | 1.4% |

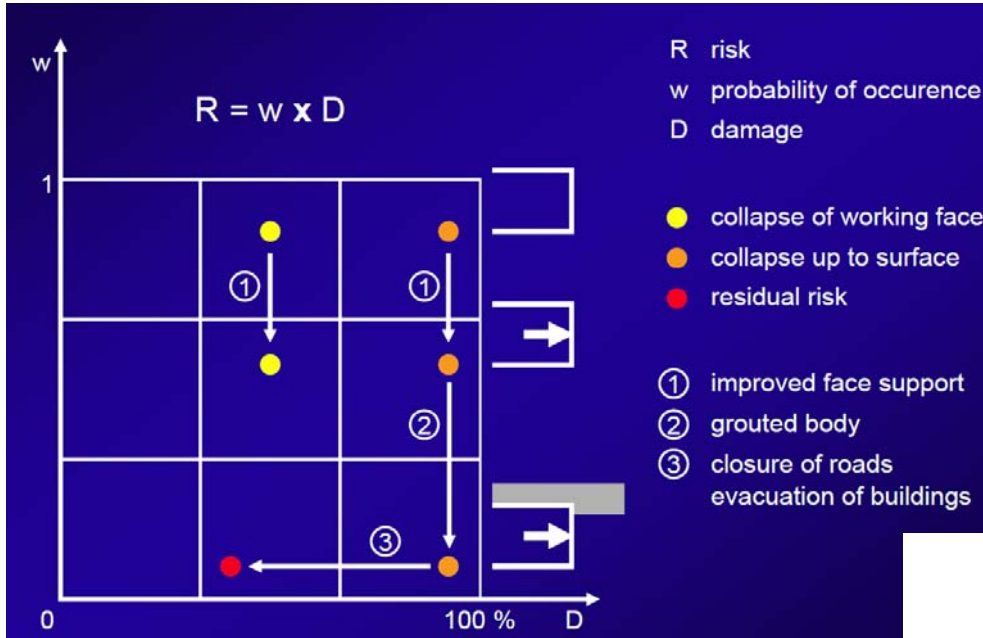








RISK DEĞERLENDİRMELERİ

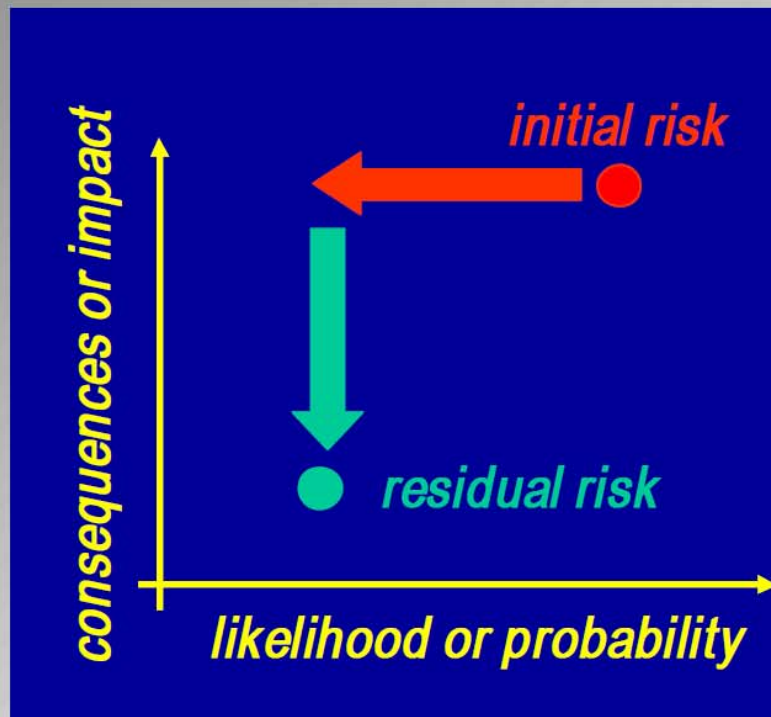


$R = P \times I$

| | | Impact | | | | | |
|-------------|----------------|---------------|----------|-------------|-----------|----------------|---------------------|
| | | Very Low 1 | Low 2 | Medium 3 | High 4 | Very High 5 | |
| Probability | Very High 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | not acceptable |
| | High 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | |
| | Medium 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | limit zone ALARP |
| | Low 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | |
| | Very Low 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | acceptable |

Risk scenarios and risk management

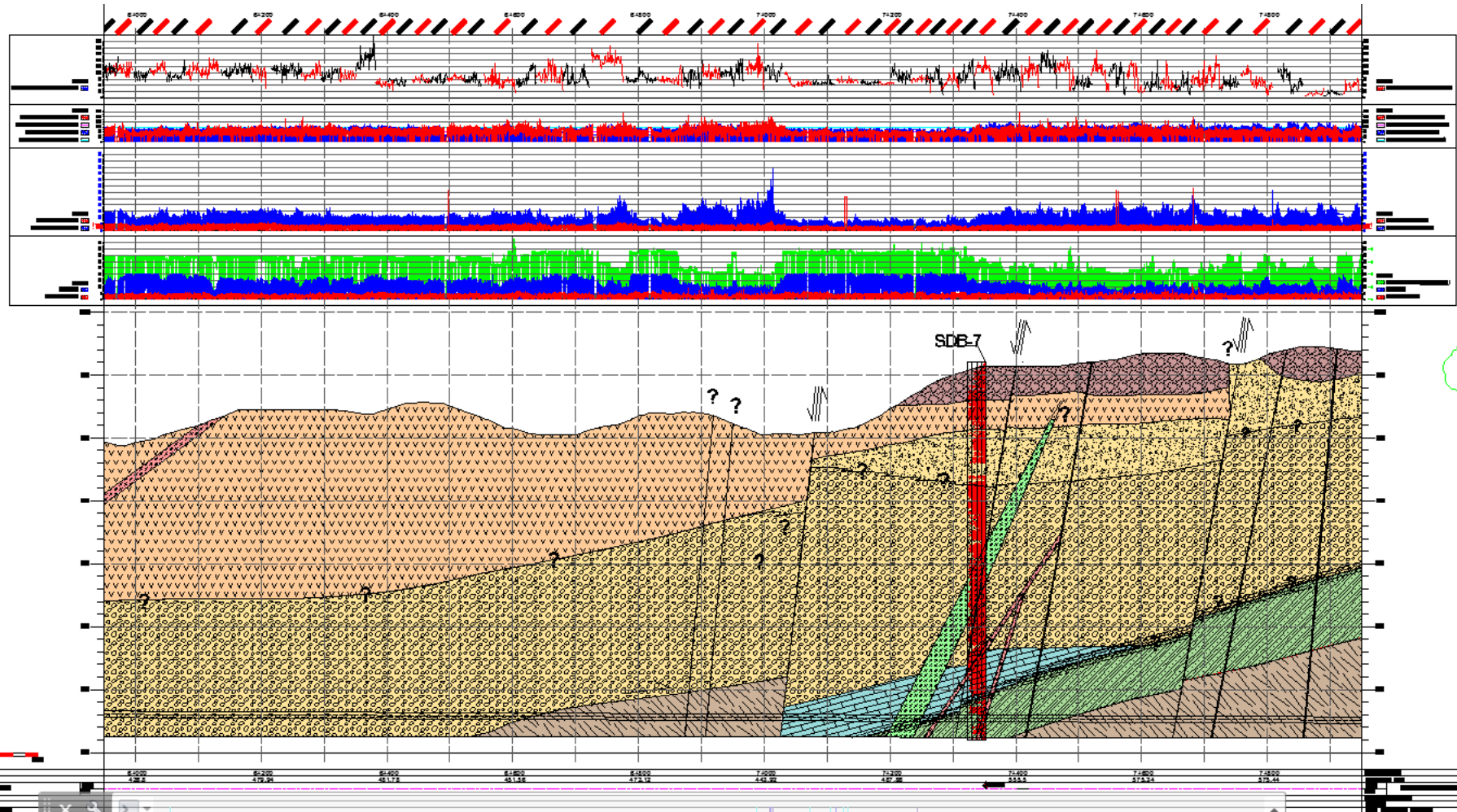
- *No construction project is risk free.*
- *Risk cannot be ignored. It can be managed, minimized, shared, transferred, or simply accepted.*
- *Realistically, not all risks can be entirely avoided or mitigated.*







HAZARD is an event that may cause damage, and is associated with a probability of occurrence and losses.

RISK is generally defined as the product of the probability of occurrence and the resulting losses (impact, consequence).

RESIDUAL RISK is the risk remaining after primary-risk response.



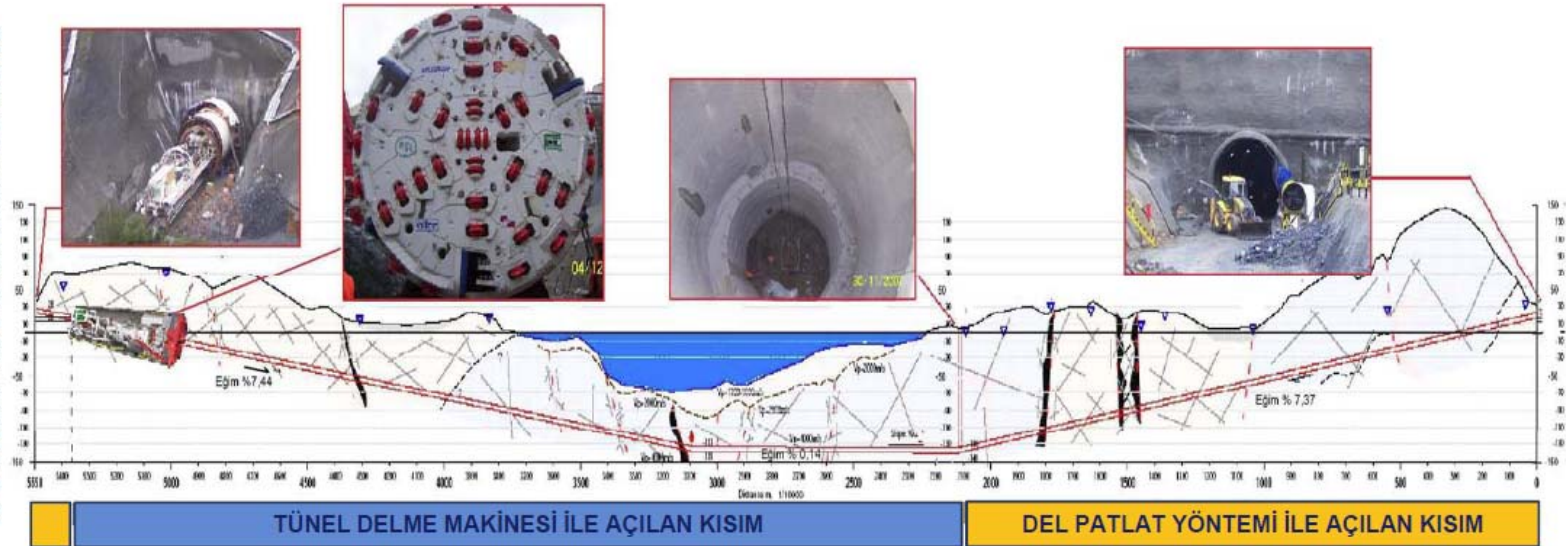
| Proje | Metro tüneli | Metro tüneli | Metro tüneli | Metro tüneli |
|---|---|---|---|---|
| TBM kesici kafası |  |  |  |  |
| Hat | Kozyatağı - Kadıköy | Otogar - Kirazlı | Başakşehir - İkitelli | Marmaray: Ayrılık Çeşme - Üsküdar |
| Müteahhit | Yapı Merkezi, Yüksel, Doğuş, Yenigün, Belen | Gülermak - Doğuş | Gülermak - Doğuş | Taisei - Gama - Nurol |
| Jeoloji | Kartal formasyonu | Güngören formasyonu | Güngörenformasyonu | Trakya formasyonu |
| TBM üreticisi | 2 Herrenknecht (S360&S363) Açık mod+ EPB | Herrenknecht +Lovat EPB | 2 Lovat (RME 257 - 18.000 & RME 257 - 23.100) | 2 Hitachi – Zozem (aktif) 2 Hitachi – Zozem (beklemede) |
| TBM çapı, m | 6,57 | 6,5; 6,5 | 6,5; 6,5 | 7,85 |
| TBM toplam gücü, kW | 2000 | 963; 1622 | 1400; 2100 | - |
| TBM kesici kafa gücü, kW | 1260 | 630; 900 | 900; 1124 | 2000 – |
| TBM dönme momenti, kNm | 5200 – at 1,6 rpm 1515 – at 5,5 rpm i | 4350; 4450 2,5 rpm ^(*) ; 1,95 rpm | 4400; 6600 1,7 rpm; 2,1 rpm | 4450 – 1,9 rpm için – |
| TBM Maksimum itme gücü, kN | 42575 | 35000; 54000 | | 75000 |
| En iyi günlük ilerleme, m | 19,6; 16,6 | 24; 25 | 24; 29 | 13,7; 15 |
| En iyi haftalık ilerleme, m | 102; 80 | 119; 102 | 131 | 57; 63 |
| En iyi aylıklarleme, m | 363; 291 | 419; 416 | 439; 475 | 230; 240 |
| Ortalama günlük ilerleme, m -Ana durmaları içeren - | 5,3; 6,1 | 5,4; 5,6 | - | - |
| Ortalama günlük ilerleme, m - Ana durmaları içermeyen- | 7,2; 7,7 | 11,3; 11,1 | - | - |

BAŞARILI BİR DENİZALTI TÜNEL ÖRNEĞİ: MELEN PROJESİ

* Tünel kazı çapı, $D=6,15$ m; Tünel uzunluğu, $L=5,5$ km



22 Mart 2011/ Yıldız Teknik Üniversitesi/ İstanbul



22 Kaynak: Gerek, C., vd., 2010

SÖZLEŞMESEL KONULAR

- Jeolojik Araştırma ve Değerlendirme Dökümanları
- Metodolojiler
- Yetkinlik
- İyi Niyet

ENDÜTRİYEL GELİŐMELER

ULUABAT TBM PROJESİ