

# İSTANBUL METRO İNŞAATI 4. LEVENT - ŞİŞLİ GÜZERGAHINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI

(\*) M. Dinçer KOKSAL

## 1- GİRİŞ

İstanbul, yaklaşık on milyon insanın yaşadığı, dünyanın en büyük yerleşim merkezlerinden biridir ve birçok sorununun içinde ulaşım, önemli ve öncelikli bir paya sahiptir.

Raylı ulaşım, bu problemi hafifletecek yöntemlerden biri olup, verimi dünyanın birçok kentinde kanıtlanmıştır

Metro, raylı ulaşım teknolojilerinden biri olup, İstanbul Metrosu 1. Aşama İnşaatı da bu yöntemin yurdumuzdaki örneklerinde en başta gelenlerindedir. Proje, yaklaşık iki yıldır uygulama aşamasındadır

Bu çalışmada sözkonusu projenin 4. Levent - Şişli güzergahı ile ilgili olarak Mühendislik jeolojisi ve jeoteknik ölçüm çalışmalarının kısaca tanıtımı yapılacaktır

## 2 - PROJE KARAKTERİSTİKLERİ

### 2.1, GÜZERGAH

4. Levent - Şişli arasındaki güzergah, herbiri yaklaşık 3900 metrelik iki adet tünel ile oluşturulmaktadır. Gayrettepe, Levent ve 4. Levent, bu rota üzerindeki durak noktalarıdır Bölge yoğun yerleşime sahiptir ve yüzeydeki yapılaşmanın % 50'den fazlası son 25 yılda oluşturulmuş olup, ortalama örtü kalınlığı 22 metredir

### 2.2. TÜNELLER

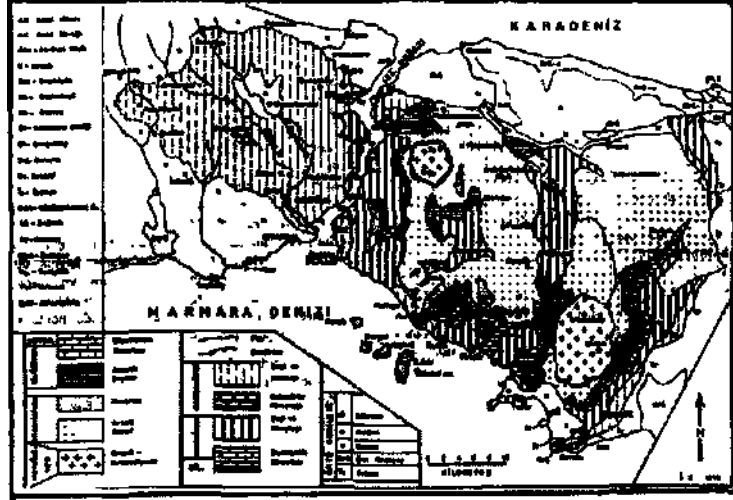
#### 2.2.1. GENEL

1. Aşama İnşaatında, kazı kesitleri 22 ile 100 metrekare arasında değişen 6 tünel tipi vardır. Bu kazı kesitlerinden A tipi olarak adlandırılan, en büyük paya sahiptir. İnşaatta Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi ilkelere bağlı kalınması öngörülmüştür.

( ) Jeoloji Yuk Muh .İstanbul [Metio.su](http://Metio.su) I Aşama inşaatı, TEKFEN



Çökel birimler fiş karakterinde olup, Hersinian ve Alpin dağ oluşumu dönemlerinde farklı yönlerde tektonik etkiler altında kalmıştır



### 3. 2. LİTOLOJİ

Trakya Serisinin Alt Karbonifer yaşlı kesimi, fosfat yumruları içeren çört (radiolarit) tabakalarıyla başlamakta, bunun üzerine ardalanmalı olarak sıralanmış shale, kilitaşı, grovak, turbiditik kumtaşı, silttası ve çamurtaşı gibi klasik bir istif gelmekte ve bu istifdar anlamda asıl Trakya Formasyonu'nu oluşturmaktadır. İki kilometre kalınlığındaki bu kırıntılı seri üzerinde yer yer onunla yanall geçişli olarak Cebeciköy Kireçtaşı yeralmakta, bunun da üzerine çört-radiolarit, kumtaşı, shale, grovak ve diabaz yatağından oluşan Gümüşdere Formasyonu gelmektedir

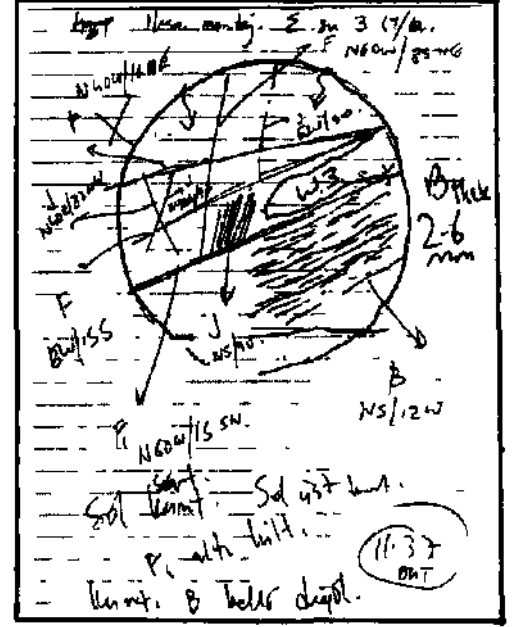
İri taneli kumlasından başlayarak, silttası, çamurtaşı, kilitaşı ve bunların birbirleriyle çok farklı kombinasyonlarla ardalanmalan ile değışik varyasyonlarda ana çökel birim içinde arakatkılar halinde bulunmaları çökelme süreçlerinin farklılığının ve belki de dengesizliğinin sonucudur. Karakteristik çökelme yapılarından birçoğı kazılar sırasında zaman zaman gözlenmiş olup, turbiditik ortam kanıtlarının büyük boyutlarda olanlarına rastlanmıştır

Tabaka kalınlıkları en fazla 1.2 metre, en az ince laminalı olarak gözlenmişse de 5-25 cm arası kalınlıklar % 85 civarında paya sahiptir. Bazı bölgelerde litoloji değışikliği neredeyse her metrede farklı birim sıklık ve çeşitliliğinde gerçeleşmiştir.



belirli bir sıklıkla CSIR ve Q kaya sınıflamaları yapılmakta olup, birçok verinin bir anda görülebildiği grafik ve projeksiyon yöntemlerinden de yararlanılmaktadır.

Tünel ilerlemesine yönelik öngörmeler ve kazı yöntemi seçimi ile ilgili öneriler de konu kapsamında yer alır. Değişen koşullarda tünel destekleme tipinde değişiklik ve düzenlemeler, jeolojik durum ve kazı ilerleme ile yüzeydeki yapılaşma değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkmakta olup, bu değişiklikler yer yer çok kısa aralıklarla, çoğu zaman da oldukça duyarlı bir düzende sürdürülmektedir.



### 4.3. İSTASYONLAR

Derin kazılar sırasında karşılaşılan jeolojik, anolar için hazırlanmış enkesit raporlarına kaydedilmekte, daha sonra bunlar birleştirilerek her duvar için büyük kesit (en ve boy) haline dönüştürülmektedir. Taban için jeolojik plan ve haritalar hazırlanmakta, kazı hızı ile ilgili olarak iş programında düzenlemeler yapılabilmektedir. Bu çalışmalarda ortamın süreksizlik özellikleri öncelikli olarak incelenmektedir.

## 5 - JEOTEKNİK ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI

İstanbul Metrosu 1. Aşama 1. Kısım İnşaatı uygulama aşamasında yapılmakta olan jeoteknik ölçümleri üç kısımda özetleyebiliriz.

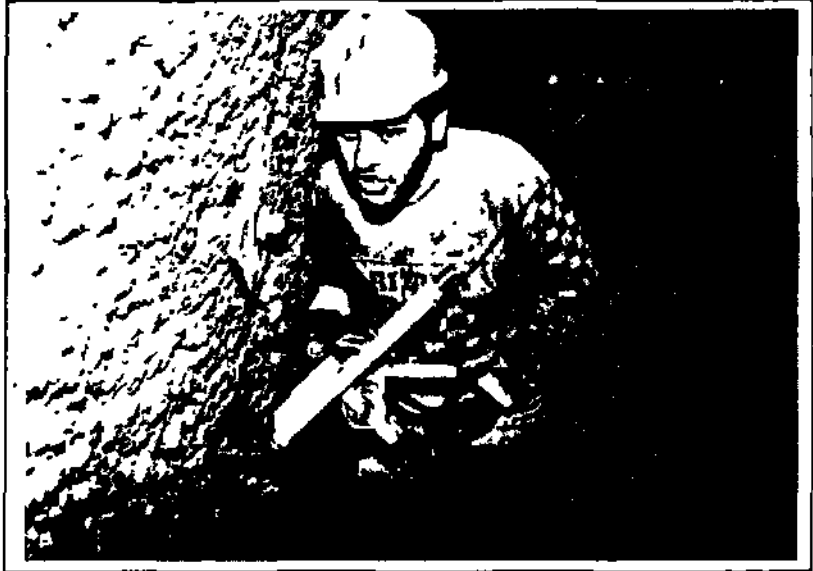
### 5.1. TÜNEL İÇİNDEN YAPILAN ÖLÇÜMLER


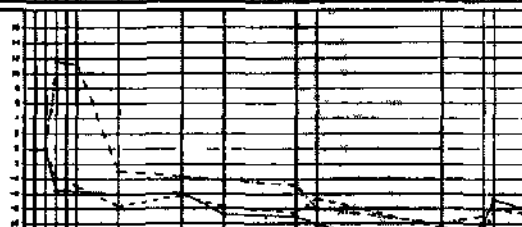
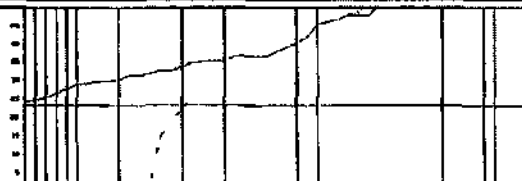
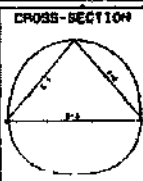
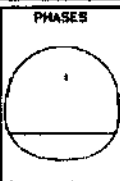
#### 5.1.1 ŞERİT EXTENSOMETRE

Bu yöntemle ikincil (secondary) hareketler ölçülür. İki referans noktası arasında uzaklığın değişmesi saptanır. Bu yöntem, ucuz ve hızlı bir biçimde, tünelin açıldığı ortamdaki genime değişikliğinin yarattığı hareketleri







Proje Adı: <b>İSTANBUL METROSU I KISIM</b> Proje No: <b>MECİDİTEKÖY M2L</b>		Tip: <b>CONVERGENCE TAPE</b> Ölçekte: <b>KB 13+438</b>		Plan No: <b>24 08 93</b> Revizyon: <b>26 06 93</b>	 <b>IGT</b> ÇALIŞMA	
TEMPERATUR	mm				DİPİ 1	
DATE	YIL	AY	GÜN	YIL	YER 93	
VALUES (mm)	mm					NOTES
PHASES	mm					CROSS-SECTION 
						



İSTANBUL METROSU, 1 KISIM		CONVERGENCE TAPE		Form No: 24 06 93	IGT S.A. 7-8 MBS	
MECİDİYEKÖY HZL		Km 13+436		Revizyon: 26 06 93		
TEMPERATUR					Chart 1	
DATE	Day	Month	Year	Year 93		
VALUES (mm)					NOTES	
PHASES					CROSS-SECTION	

## 5. i. 2 OPTO- TRİGONOMETRİK

Bu temassız yöntem, yeraltı kazılarında oluşan biçim değişikliklerinin üç boyutlu (yatay ve düşey) saptanması amacıyla kullanılır. Gerilmelerin dağılıma değişikliklerinin tanımlanmasına yardımcı olur.

Mutlak sifıra bağlanmış bir koordinat sistemine göre başka bir noktaya yerleştirilen ölçme bulonunun opto-trigonometrik ölçümü ile kaplamadaki deformasyonlar saptanır. Her ölçülen bulona istendiği gibi numara verilebilir. Donanım, uzaklık ölçer ile birleştirilmiş bir theodolite'den ibarettir.

fâzılım, verilerin yönetimini, düzenlenmesini ve hesaplanmasını yapıp, sonucunda da grafik işleme hazır hale getirilir. Bulonlara çeşitli türde hedefler yerleştirilebilir Opto-trigonometrik yöntemin olumlu yönleri:

- Mutlak hareketlerin yakalanabilmesi
- Kısa ölçüm süresi

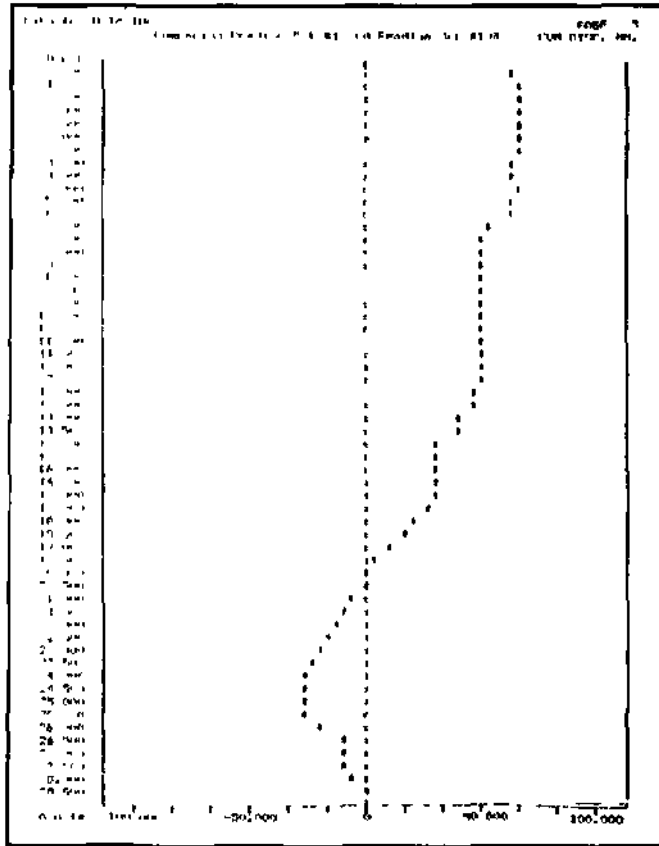
## 5 .2. İSTASYONLAR VE CİVARINDA YAPILAN ÖLÇÜMLER

### 5.2.1 İNKLİNOMETRE

İstasyon bölgelerinde yapılan derin kazıların çevredeki yapılaşmaya olabilecek olumsuz etkisini gözlemek amacıyla inklinometre kullanılmaktadır.

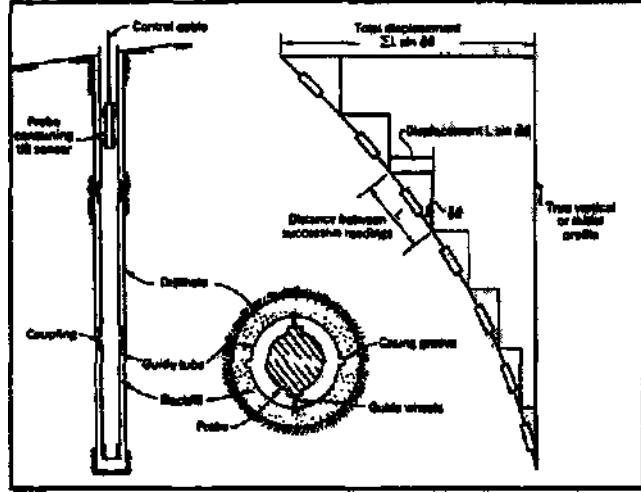
Bunlar kazı duvarına paralel olarak kritik binaların önlerinde açılan düşey sondaj noktaları içinde görevlerini yaparlar

Kazı sonucu oluşan gerilme değişimi nedeniyle ortaya çıkabilecek yatay yer değiştirmelerin büyüklüğü ve derinliği bu yöntemle anında görülebilir.



Donanım, iki eksenli inklinometre probu (okuyucu aygıt), kablo, inklinometre borusu, mikro işlemcili sayısal kayıt aleti ve gerekli yazılımdan oluşur

Montaj aşamasında, derinliği amaca göre belirlenmiş sondaj deliğine inklinometrenin oyuklu kılavuz borusu yerleştirilir, boruyla sondaj deliği çeperi arası sabitlenir, kılavuz tüpe koruyucu bir başlık takılır. Tekerlekli probe boru içine indirilir, ölçme işlemine tabandan başlanır. Okuyucu belirli aralıklarla yukarı çekilir sonra 180 derece döndürülerek tabana bir daha indirilir, böylece iki doğrultuda yatay hareketler kaydedilir.



### 5.2.2. YÜK HÜCRESİ

Bunlar, ankrajlardaki gerilme kuvvetlerinin değişimlerini gözlemek amacıyla ankraj kafalarına yerleştirilen, bir manometreye bağlı içi yağ dolu silindirik cihazlardır. Her hücre yerleştirilmeden önce laboratuvarında test ve kalibre edilir

### 5.2.3. OPTİK

Birincil destekleme işlemi bitmiş istasyon duvarlarının yer değiştirmelerini takip etmek amacıyla yerleştirilen ölçüm bulonlarına takılan hedefler aracılığıyla optik yöntem kullanılmaktadır. Ölçümler sabit bir noktadan uzaklık ve açı okunarak yapılmaktadır. Deplasmanların büyüklüğüne göre okuma sıklığı düzenlenmektedir

## 5.3. YÜZEYDEN YAPILAN ÖLÇÜMLER

### 5.3.1. YÜZEY VE BİNA OTURMALARI

Hem tünel hem de istasyonlar için oluşturulurlar. Bina duvarlarına ya da yüzeye güvenli bir derinlikte çakılmış ölçme bulonları ve bunların zamana olduğu kadar kazı ilerlemesine paralel olarak düşey yer değiştirmelerini saptamak amacıyla optik ölçümler yapılmaktadır

Ölçüm kesitleri yaklaşık 30 metrede bir genellikle bir doğru üzerinde çakılan birkaç bulondan oluşur. Her iki tünel eksenini üzerinde birdir ve belirli bir açıyla eksenden uzaklaşacak biçimde oluşturulurlar

Kazının etki uzaklığının biteceği varsayılan bölgeye en dış taki noktaların yerleştirilmesi öngörülür. İlerlemeye paralel olarak ya da özel durumlara göre düzenlenir.

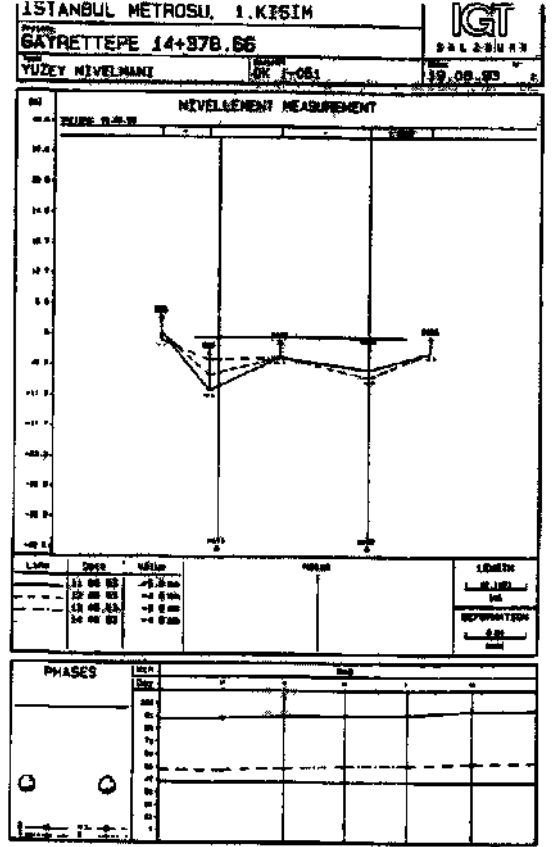
### 5.3.2. ÇOK KÄTU ÇUBUK EXTENSOMETRE

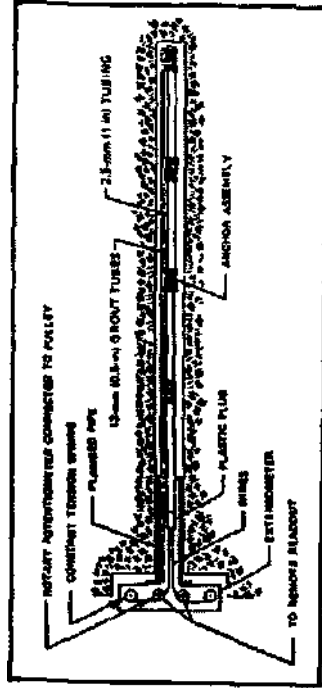
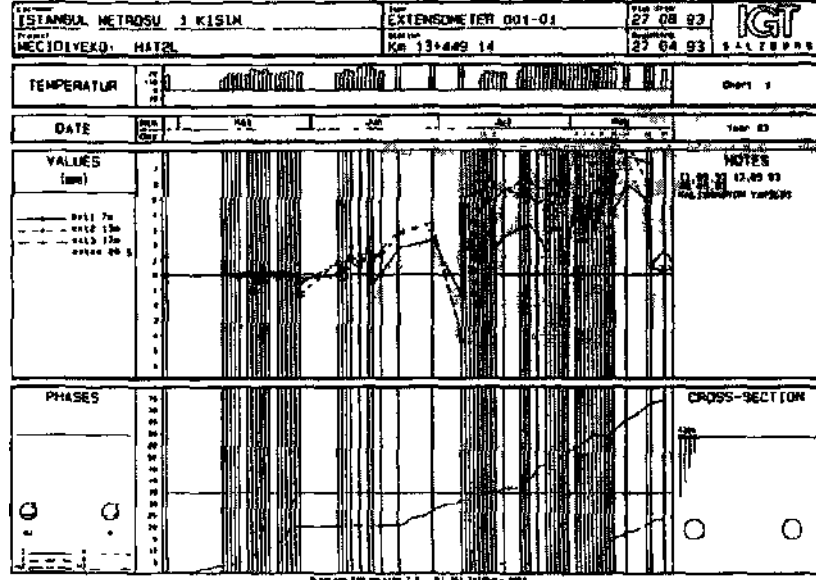
Bunlar, yeraltı kazılarını çevreleyen kayalardaki yer değiştirmeleri (uzamaları) ölçmek için kullanılırlar. Çubuk extensometrelerde çubuklar, sürtünmeyi en azda tutmak için genellikle plastik bir tüpün içinde rahatça kayacak biçimde ve uçlarındaki ankrajlar, ortamın incelenmek istenen kısmına sabitlenmiş halde bulunurlar

Çubuklar değişik uzunluk-

ta olabilirler ve ankrajları genellikle önceden bilinen jeolojik verilerin değerlendirilmesi sonucu kararlaştırılan bir derinlikte sabitlenirler. Sonuçta ankraj bağlı olduğu kaya ortamının seçilen bölgesin içinde yer aldığı sondaj doğrultusu boyunca her iki yönde hareket edebilirken, çubukların yüzeyde bağlı olduğu nokta sabittir. Tüm ankrajların hareketi, yüzeyde, duyarlı bir okuma saati aracılığıyla saptanır

Ankrajların bağlı olduğu ortamda herhangi bir nedenle yer değiştirme ki, bunun altından geçmekte olan bir tünel nedeniyle gerçekleşmesi muhtemeldir, yüzeyde değişik zaman aralıkları içinde yapılan ölçümlerle yakalanır. Farklı derinlik ya da uzaklıktaki ankrajların farklı büyüklükte ve hızda hareket göstermesini jeolojik durum denetler. Tünel kazı hızı ve destekleme süresi ile kayanın tepki süresi arasında, ortamın mühendislik özellikleri de değerlendirmeye alınarak çeşitli açılardan yorum yapılabilir





#### 5.4. DİĞER

"Yukarıda kısaca söz edilen ölçüm türlerinden başka, yüzeyde çatlak ölçerler ve bazı noktalarda şerit extensometre ile açık kazılarda yatay yerleştirilmiş çok katlı çubuk extensometre örnekleri var olup, ayrıca yalnızca gözlem amaçlı basit uygulamalar da yapılmaktadır

Tünel aynilerlemeleri için yer yer başvurulan patlatmaların yüzeydeki yapılaşmaya etkisini saptamak amacıyla gerçekleştirilen titreşim ölçümleri ile uygulama aşamasında yapılan araştırma sondajları bu yazının kapsamı dışında bırakılmıştır.

#### 6- SONUÇLAR

İstanbul Metrosu 1. Aşama 1. Kısım inşaatı 4. Levent - Şişli güzergahında tünel ve açık kazı uygulamaları içinde mühendislik jeolojisi ve jeoteknik ölçüm çahş-

maları ilgili teknik şartname ve proje gereklerine uygun olarak yürütül-  
mekte olup, yeraltı ve yerüstü ortamını en az rahatsız edecek biçimde,  
kentimizin bu önemli ve oldukça öncelikli sorununu çözmek için mümkün  
olan en fazla destek, mesleki disiplinimizin kuralları içinde verilmektedir

### TEŞEKKÜR

Bu sunuşun gerçekleşmesinde değerli katkılarını ortaya koyan TEK-  
FEN Grubu Proje Müdürlüğü'ne, Tüneller Şefliği'ne, Zincirlikuyu Şaft Tü-  
nelleri Şantiye Şefliği'ne, Jeoteknik Grup Şefliği'ne ve tüm çalışma arka-  
daşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

### YARARLANILAN KAYNAKLAR

*Johnson, R.B., De Giff, J V, Principles of Engineering Geology, John Wiley & Sons, pp. 246-266, USA,*

*Yalçın, A., İstanbul Metrosu Yapımında 1992-1993 Dönemi Çalışmaları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 4 Şubat 1994.*

*İstanbul büyükşehr Belediyesi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş - IGT Geotechnik und Tunnelbau Ortak Gü isimi, İstanbul Metrosu 1. Aşama İnşaatı Özet Raporu, İstanbul, Nisan 1993*

*Era Jeoteknik Bürosu, İstanbul Metrosu, 1. Aşama 1 Kısım İnşaatı Yeraltı ve Yerüstü Kazıları Mühendislik Jeolojisi Müşavirlik Hizmetleri Raporu, İstanbul. Haziran 1993*

*TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul 2 Kentiçi Ulaşım Kongresi Bildiriler Kitabı, İTÜ İstanbul, 16-18 Aralık 1992*

*Geodata, Geotechnical Measurements in Mining and Civil Engineering, Leoben, Austria*

*Ketin. /., Guneı; D , İstanbul Bölgesinde Karbonifer Yaşlı Trakya Formasyonu'nun Yapısal Özelliği, MJTMk Bülteni, İstanbul, Haziran 1989*

*İstanbul Rail-Tunnel Consultants, Geasibility Studies and Preliminary Design for Bosphorus Railroad Tunnel and İstanbul Metro System Project, \blume 4, Task 302, Geotechnical Survey, 1985-1988*

*Eroskay, O., Greywackes of İstanbul Region, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi, Dem Kazılar ve İksa Metodları, Sempozyum, pp 41-44, BU, 16-17 Atalık 1985*