

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**METRO TÜNELLERİNDE
DEFORMASYON ÖLÇMELERİ
4.LEVENT – AYAZAĞA METRO HATTI ÖRNEĞİ**

Jeo. ve Fot. Müh. Ahmet SEYDANLIOĞLU

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Geomatik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. R.Gürsel HOŞBAŞ

İSTANBUL, 2009

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**METRO TÜNELLERİNDE
DEFORMASYON ÖLÇMELERİ
4.LEVENT – AYAZAĞA METRO HATTI ÖRNEĞİ**

Geo. ve Fot. Müh. Ahmet SEYDANLIOĞLU

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Geomatik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. R.Gürsel HOŞBAŞ

**Yrd. Doç. Dr. R.Gürsel HOŞBAŞ
(YTÜ)**

**Doç. Dr. Metin SOYCAN
(YTÜ)**

**Doç. Dr. Reha M. ALKAN
(İTÜ)**

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Deformasyonun Tanımı	1
1.2 Deformasyon Ölçmelerinin Tarihçesi	2
2. TÜNELLER.....	4
2.1 Tünel Açma Yöntemleri	4
2.1.1 Aç-Kapa Yöntemi	4
2.1.2 NATM (New Austrian Tunnelling Method) Yöntemi	5
2.1.3 TBM (Tunnel Boring Machine) Yöntemi	6
2.1.3.1 TBM Tipleri.....	8
2.1.4 Batırma Tünel (Immersed Tube) Yöntemi	13
3. TÜNELLERDEKİ ÖLÇME ÇALIŞMALARI.....	14
3.1 NATM Yöntemiyle Açılan Tünellerdeki Ölçme Çalışmaları	16
3.1.1 NATM Yönteminde Tünel Kazılarının Yönlendirilmesi	16
3.2 TBM Yöntemiyle Açılan Tünellerdeki Ölçme Çalışmaları	20
3.2.1 TBM Makinesinin Yönlendirilmesi.....	20
4. TÜNELLERDEKİ DEFORMASYON ÖLÇMELERİ.....	24
4.1 Zeminde ve Civar Yapılar Üzerinde Oturma Bulonu Ölçmeleri.....	24
4.2 Çubuk (Rod) Extensometre Ölçmeleri	25
4.3 İnklinometre Ölçmeleri.....	25
4.4 Tiltmetre Ölçmeleri	26
4.5 Tünel İçi Konverjans Ölçmeleri	26
4.5.1 Üç Boyutlu (3D) Yöntemiyle Koverjans Bulonu Ölçmeleri	27
4.5.2 Tape (Şerit) Extensometre ile Koverjans Bulonu Ölçmeleri.....	27
4.6 Yük ve Basınç Hücreleri (Pressure ve Load Cell) Ölçmeleri.....	28
4.6.1 Ankraj Yük Hücresi Ölçmeleri.....	28
4.6.2 Kaya Bulonu Yük Hücreleri Ölçmeleri	29

4.6.3	Hidrolik Basınç Hücreleri Ölçmeleri.....	29
5.	4. LEVENT-AYAZAĞA METRO İNŞATINDA DEFORMASYON ÖLÇMELERİ	30
5.1	Koverjans Ölçmelerine Ait Deformasyonlar	31
5.2	Deformasyon Verilere Uyan Fonksiyonun Seçimi.....	36
5.3	Koverjans Ölçmelerinden Düşey ve Yatay Deformasyonların Belirlenmesi	40
5.4	Koverjans Ölçmelerinden Tünel Kesitindeki Deformasyonların Alan Farkları Yöntemiyle Belirlenmesi	44
5.5	Nivelman Ölçmelerine Ait Deformasyonların Belirlenmesi	45
6.	SONUÇ.....	48
	KAYNAKLAR.....	50
	EKLER	52
	Ek 1 h_1-h_2 ' ye ait grafiklerde kullanılan polinomların katsayıları ve standart sapmaları.....	53
	Ek 2 Tüm koverjans kesitlerindeki h_1-h_2 yükseklik değişimleri ve bu değişimlere ait grafikler.....	56
	Ek 3 4. Levent – Ayazağa metro projesine ait parametreler	100
	ÖZGEÇMİŞ.....	101

SİMGE LİSTESİ

A	Katsayılar matrisi
E	Birim matris
f	Serbestlik derecesi
l	Ölçüler matrisi
n	Ölçü sayısı
N	Normal denklem katsayılar matrisi
Q	Dengelenmiş ölçülerin ağırlık katsayıları matrisi
u	Bilinmeyen sayısı
x	Bilinmeyenler matrisi
v	Düzeltilme

KISALTMA LİSTESİ

DTA	Proje Tasarım Ekseni
ELS	Elektronik Lazer Ekranı
EPBM	Earth Pressure Balance Method (Zemin basıncı Dengeleme Yöntemi)
NATM	Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi
TBM	Tünel Açma Makinesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 NATM yöntemiyle inşa edilen bir tünel kesiti.....	6
Şekil 2.2 TBM makinesi.....	7
Şekil 2.3 Çift şiltli TBM.....	9
Şekil 2.4 Tipik bir EPM makinesi	11
Şekil 2.5 Tipik bir çamur şildi	12
Şekil 3.1 Tünel duvarında değişik yapılarda poligon tesisleri.....	15
Şekil 3.2 NATM yönteminde lazer ile ölçme.....	17
Şekil 3.3 Roadheader yönlendirme sistemi donanımı	18
Şekil 3.4 Roadheader koordinat sistemi	19
Şekil 3.5 Prizmaların ve inklinometrelerin yerleşimi.....	19
Şekil 3.6 TBM Yönlendirme sistemi ve bir uygulama görüntüsü.....	21
Şekil 3.7 TBM İçin SLS-T APD yönlendirme sistemi.....	22
Şekil 4.1 Tüneldeki deformasyon ölçmeleri.....	24
Şekil 4.2 İnklinometre' nin kuruluşu ve ölçümü	26
Şekil 4.3 Tünelde tesis edilen inklinometre boruları ve aleti	26
Şekil 4.4 Elektro optik 3D ölçümü	27
Şekil 4.5 Tape Extensometre ölçümü.....	28
Şekil 5.1 4. Levent-Ayazağa metro hattı çalışma sahası	30
Şekil 5.2 Geokon marka şerit ekstensometre.....	31
Şekil 5.3 Koverjans ölçme kayıt karnesi	32
Şekil 5.4 Tünel kesitinde koverjans bulonlarıyla oluşturulmuş üçgenler.....	32
Şekil 5.5 Düşey ve yatay deformasyonların belirlenmesi	40

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1 21+759.60 kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu	34
Çizelge 5.2 21+759.60 kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği	35
Çizelge 5.3 21+759.60 kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği	35
Çizelge 5.4 21+759.60 kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği	39
Çizelge 5.5 21+759.60 kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği	39
Çizelge 5.6 Tüm bulonlardaki toplam deformasyon miktarı.....	41
Çizelge 5.7 123 üçgeni için düşey deformasyon	42
Çizelge 5.8 123 üçgeni için yatay deformasyon (sol duvar)	42
Çizelge 5.9 123 üçgeni için yatay deformasyon (sağ duvar).....	42
Çizelge 5.10 145 üçgeni için düşey deformasyon	43
Çizelge 5.11 145 üçgeni için yatay deformasyon (sol duvar)	43
Çizelge 5.12 145 üçgeni için yatay deformasyon (sağ duvar).....	43
Çizelge 5.13 Tünel kesitindeki deformasyonlar	44
Çizelge 5.14 Nivelman noktalarındaki toplam deformasyonlar	46
Çizelge 5.15 Nivelman noktalarındaki toplam yükseklik değişimi.....	46
Çizelge 5.16 Kesitlerin yüzey ve tavanındaki çökme miktarları.....	47
Çizelge 5.17 Nivelman noktaları ve 1 nolu koverjans bulonlarındaki çökme miktarları.....	47

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında; beni her zaman yönlendiren, her konuda bilgi ve tecrübesini esirgemeyen Sn. Yrd.Doç.Dr. R. Gürsel Hoşbaş hocama, çalışmanın uygulama kısmındaki verileri almamda ve kullanmamda bana yardımcı olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Müdürlüğü çalışanlarına, tezin yazılması ve hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma, beni yalnız bırakmayan İnşaat Mühendisi S.Gülşah Yeniay'a ve her konuda benim yanımda olan ve manevi olarak destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmet SEYDANLIOĞLU

ÖZET

Büyük mühendislik yapılarının inşaatı esnasında yapıların çevrelerinde oluşan hareketlerin izlenmesi, bu hareketlerin zamana bağlı olarak yapıda meydana getirdiği deformasyon miktarlarının belirlenmesi, belirlenen deformasyonların yapıda herhangi bir hasara neden olup olmayacağına önceden tespit edilmesi insan ve çevre güvenliği için çok büyük önem taşımaktadır. Özellikle büyük mühendislik yapılarında deformasyon ölçmelerinin yapılması ve ölçmeler sonucunda elde edilen verilerin doğru yorumlanması gerekmektedir. Proje inşaatının tamamlanmasından sonra belli periyotlarda yapılacak olan deformasyon ölçmeleri de projenin uzun süre güvenli olarak çalışması bakımından son derece önemlidir.

Bu çalışmada 4.Levent- Ayazağa metro inşaatına ilişkin düşey ve yatay deformasyonların belirlenmesi ve deformasyonların zamanla olan değişimleri ile yatay ve düşey deformasyon arasındaki ilişkinin incelenmesi için yeryüzü ölçmelerinden nivelman ölçmeleri kullanılırken tünel içerisinde ise koverjans ölçmeleri kullanılmıştır. Nivelman ölçmelerinden mutlak sonuç elde edilirken sadece şerit ekstensometre ile yapılan koverjans ölçmelerinden ise bağıl sonuç elde edilmektedir. Dolayısıyla bu iki yöntemle elde edilen sonuç arasındaki ilişki sağlıklı olarak kurulamamaktadır. Bu sonuçların yorumlanabilmesi için şerit ekstensometre ile yapılan koverjans ölçmelerine ek olarak koverjans bulonlarında 3D yöntemiyle ölçme yapmak gerekir ve bu da uygulamalarda nadir olarak büyük deformasyonlarla karşılaşıldığında yapılabilmektedir. Uygulamalarda bu eksikliğin giderilmesi ve elde edilen bilgilerin doğru yorumlanabilmesi için şerit ekstensometre ile yapılan ölçmelerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde yeni yaklaşımlar geliştirilerek tünel uygulamalarında mutlak sonuç veren bir ölçme yöntemi haline getirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tünel Açma Teknikleri, Deformasyon, Nivelman Ölçmeleri, Koverjans Ölçmeleri.

ABSTRACT

Monitoring of the structures' around removes while building of big engineering, defining of the quantifiers of deformation is being monitored for the defined deformation led any damage has taken an important role for people and the security of environment. Especially for huge engineering structures' deformation measures and the datas that had taken after the measurements need to be comment correctly. After the project building was completed measurements of deformation in periodic times is so important for the projects working in a security.

On this work defining about 4th Levent - Ayazağa subway building' s vertical and horizontal deformations and in the tunnel the measurements of koverjans has been used for the changes of deformation in times for measure of land to measure of levelling. In order to get a absolute result from measure of levelling, only you can get a functional result from measure of convergence by tape ekstansometer. Therefore there is no healthy correlation between the results of this two methods. In order to comment of this results, in addition measure of convergence by tape ekstansometer you should measure by using 3D method and this method uses when you seldom meet big deformations. In order to remove this lack of appliciations and to interpret the information correctly taken from the tape measure with the information obtained from the results of new approaches in the evolution of the development tunnel giving applications the absolute results of a measurement method is intended to make.

Key Words: The Techniques of Opening Tunnel, Deformation, The Measures of Levelling, The Measures of Convergences.

1. GİRİŞ

Yerleşim alanları hızla büyüyen İstanbul kentinin ulaşım sorunu, mevcut karayolu ulaşım sistemleri ile çözülemez duruma gelmektedir. Mevcut karayolu ulaşımının gerek kapasite, gerekse konfor açısından taşıdığı olumsuzluklar ve neden olduğu çevre problemleri Metro, Hafif Raylı Sistem, Tramvay gibi raylı toplu taşıma sistemlerinin daha çok uygulamaya geçirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Tünel inşaatlarındaki ölçme uygulamaları ve bu uygulamalardaki gelişmeler tünel projelerinin istenilen hassasiyette, güvenli olarak en kısa zamanda ve düşük maliyetle yüksek kalite ile tamamlanmasını sağlamaktadır. Projenin tamamlanmasından sonra belli periyotlarda yapılacak olan deformasyon ölçmeleri de projenin uzun süre güvenli olarak çalışması için son derece önemli ölçme uygulamalarıdır.

Tünel projelerinin uygulaması esnasında yapılacak deformasyon ölçmeleri, emniyeti sağlamak ve oluşabilecek herhangi bir felaket sonucu uğranacak maddi zararları önlemek açısından çok önemlidir. Geçmişte bu gibi yapılarda yaşanan büyük facialar, deformasyon ölçülerinin ne derece gerekli ve zorunlu olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenlerle deformasyon ölçmeleri günümüzde en önemli ölçme çalışmaları haline gelmiştir.

1.1 Deformasyonun Tanımı

Yeryüzündeki bazı bölgeler ve mühendislik yapıları ile bunların yakın çevreleri geçici ya da kalıcı özellikte değişik faktörlerin etkisi altında bulunurlar. Bu faktörleri;

- Zeminin fiziksel özellikleri,
- Bölgedeki yer kabuğu hareketleri,
- Yapının kendi ağırlığı ve kullanılan malzemenin türü,
- Yapıya etkiyen hareketli dış yükler (trafik yükü ve rüzgâr kuvveti vb.),
- Jeolojik ve atmosferik bir takım etmenler ve
- Suyun dinamik basıncı

olarak sıralamak mümkündür. Bu faktörlerden dolayı bir bölgede, yapıda veya çevresinde oluşan geometrik şekil değişimleri deformasyon olarak adlandırılır. Jeodezide bu kavram bir bölgede veya yapı üzerinde seçilen karakteristik bir P_i noktasının t_1 ve t_2 gibi iki farklı zamanda yapılan ölçüler sonucu konumu $P_i(t_1)$ ve $P_i(t_2)$ olarak belirlenebiliyorsa ve bu iki değer

arasındaki fark olan d_i ' nin istatistik olarak sıfırdan farklı olduğu kanıtlanabiliyorsa deformasyon olarak tanımlanır (Hoşbaş, 1992).

Deformasyon olarak tanımlanan bu değişmelerin saptanması için yapılan ölçmelere "deformasyon ölçmeleri", bu ölçülerin değerlendirilerek deformasyonların saptanması ve yorumlanmasına da "deformasyon analizi" adı verilmektedir (Hoşbaş, 2004).

1.2 Deformasyon Ölçmelerinin Tarihçesi

Büyük mühendislik yapılarında zaman içerisinde meydana gelen ve önemli kayıplara yol açan kazalardan dolayı, insanlar bu yapıların davranışlarını zamana bağlı olarak incelemenin önemini anlamışlar ve Ölçme Tekniği Anabilim Dalının çok önemli bir uzantısı olan deformasyon ölçmeleri bilim dalı doğmuştur (Hoşbaş, 2004).

Bu anlamda ilk deformasyon ölçmeleri 1860'da ABD'nin California Eyaletinde San-Andreas fay kuşağında yapılmış ve 1876 - 1906 yıllarında yatay açı gözlemleri tekrarlanmıştır.

Söz konusu ölçüler 1908 yılında Almanya'nın Thusingen Eyaletinde bulunan Gotheur Barajında yapılmış olan ölçülerdir. Burada baraj üzerinde baraj kretinin ortasında seçilen iki noktanın yatay hareketleri, aliyman yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu konuda ikinci önemli bir uygulama da yine Almanya'da bir kemer baraj olan Pfafensprung'da 1928 yılında yapılmıştır. Bütün bu çalışmalar yapılırken basit sayısal çözümler veya grafik tespitler kullanılmıştır. Zamanla, gelişen dünyanın enerji sorununa çare olması amacıyla süratli bir şekilde barajlar inşa edilmeye başlanmıştır. Ancak bunların sayı olarak büyük çoğunluğu, deformasyonlar iyi incelenmediğinden dolayı ya yıkılmış ya da yıkılma tehlikesi bulunduğu kullanıma açılmamıştır.

1928 yılında ABD' de 50 metre yüksekliğindeki San-Francisko Barajının çökmesi sonucu 436 kişinin ölümüyle sonuçlanan faciadan sonra, deformasyon ölçmelerinde oldukça hassas yöntemlerin kullanılma zorunluluğu belirlemiştir. Bu zamana kadar yıkılan baraj sayısı 250' yi bulunca 1929 yılında düzenlenen bir sempozyum' da konu ele alınmış ve hemen ardından aynı yılda bu konuda ilk yazılı kitap W. Lang tarafından yayımlanmıştır. W. Lang' ın kitabı ve getirdiği öneriler ışığında, aliyman ve önden kestirme yöntemlerine ek olarak hassas poligon yöntemi de kullanılmaya başlanmıştır. 1690' lı yıllara kadar jeodezik deformasyon ölçmelerinde ulaşılmak istenen hedef hesapların kolaylaştırılması olmuştur. Poligonların baraj duvarı üzerinden her iki tarafa kayalara uzatılması ve alet teknolojisinin gelişmesi ile

triyangölasyon (üçgenleme) gündeme gelmiştir. İstatistiksel analiz bilimi gelişmiş bilgisayarların kullanıma girmesiyle, hesaplarda jeodezik ağ dengelemesi ve sonuçların hassasiyetinin yüksek olması yönünde güvenilir veriler elde edilmiştir. Tüm bu gelişmelere Aschlimann, Baumann, Löschner, Milev, Pelzer, Welsch, Niemeier ve diğerlerinin önemli katkıları olmuştur.

Deformasyon ölçüm teknikleri ve uygulaması ülkemizde 1960' lı yıllardan sonra gündeme gelmiştir. Ancak tam anlamıyla ciddi boyutlarda çalışmalar yapılmamıştır. Örneğin, Kemer-Bozdoğan Barajında ölçü tesisleri kurulmuş fakat ölçüler yıllarca yapılamamıştır. Yine Sarıyar Barajında ilk ölçü değerleri elde edilmiş fakat daha sonra bunların nasıl değerlendirileceği bilinmediğinden dolayı ölçüler tekrarlanmamıştır. Daha sonra yapılmış olan Gökçekaya, Keban ve Oymapınar Barajlarında yapılan ölçüler, ilk bilimsel nitelikteki ölçülerdir.

Yine Kuzey Anadolu fay kuşağında yer kabuğu hareketleri araştırılmış ve bu çalışmalar belli aralarla yenilenmiştir (Hoşbaş, 1992).

2. TÜNELLER

İki ucu açık yeraltı kazılarına tünel, tek ucu açık yeraltı kazılarına ise galeri denir. İlk tünel M.Ö 4000 yılında Fırat nehri altında Babil yakınlarında 3.5x4.5 m ebatlarında 1 km uzunluğunda Aç-Kapa yöntemiyle açılmıştır. Ülkemizdeki ilk galeri M.Ö 300 yılında Silifke'de ki Aksıfat galerisidir ve su amacıyla açılmış olup 45 km uzunluğunda 0.80x1.5 m kesitindedir.

2.1 Tünel Açma Yöntemleri

Genellikle, tünel açılacak güzergâhın topografyası, zemin koşulları ve açılacak tünelin geometrisi gibi parametreler değerlendirilerek tünel açma yöntemi ve buna bağlı olarak da kullanılacak ölçme yöntemleri belirlenmektedir. İnşaat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak ihtiyaçlara ve diğer koşullara bağlı olarak tünel uygulama yöntemleri ve buna ilişkin ölçme teknikleri de gelişmektedir. Günümüzde tünel uygulamaları, kullanılan inşaat prensipleri açısından dört grup halinde incelenebilir.

Bu gruplar;

- Aç-Kapa yöntemiyle inşa edilen tüneller,
- Klasik yöntemle inşa edilen tüneller (NATM),
- Tünel delme makinesi ile inşa edilen tüneller (TBM),
- Batırma tünel yöntemi

olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada Aç-kapa yöntemi ve Batırma tünel yöntemine kısaca değinilip NATM ve TBM metotları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.1.1 Aç-Kapa Yöntemi

Genellikle metro tünellerinin güzergah itibariyle ana yolların altından geçirilebildiği yüzeye yakın kısımlarında, bazen de bir taşıt yolunun çığlardan korunması amacıyla yapılan çığ tünellerinde, kanalizasyon, içme suyu tünelleri ve yeraltı geçitlerinin inşaatı açık havada yapılarak daha sonra üzerinin örtülmesi daha basit ve ekonomik bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu yöntemde önce kazı boşluğunun yanları betonarme kazık veya beton duvar perdesi ile desteklendikten sonra, yüzeyden hendek şeklinde kazılarak açılır.

Yeraltı suları yüzeye yakınsa yeraltı su seviyesi düşürülür veya su derin kuyulara drene edilir. Kenar ayakların örülmesinde hiçbir özellik yoktur. Tamamen açık havadaki duvar örme usullerine göre yapılır. Tavanın oluşturulmasında eğer yeryüzünden yeteri kadar derinlik varsa bir kemer oluşturulur. Bu kemer de açık havada oluşturulduğundan fazla güçlükle karşılaşmaz. Eğer yeryüzünden yeteri kadar derinlik yoksa betonarme bir tavan oluşturulabilir.

Yerleşim alanları içerisinde yapılan kazı çalışmaları gürültü ve trafiğin engellenmesi gibi zararları nedeniyle pek tercih edilmez. Trafiğin gidişatını engellemek için seyyar köprüler kullanılabilir.

Aç-Kapa tünel açma yönteminin diğer yöntemlerden farkı tavanda tasman oluşmamasıdır. Bu nedenle çevredeki yapılara zarar vermeden geçilmesi mümkündür. Ayrıca diğer yöntemlerle yeteri kadar yapılamayan yalıtım işlemi bu yöntemle kolaylıkla yapılabilir (Özer, Uçar, Çelimli, Şallı, Irak, 2008).

2.1.2 NATM (New Austrian Tunnelling Method) Yöntemi

Tünel Açma Yöntemlerinden en yaygın olarak uygulanan NATM “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi” klasik metotla tünel açma tekniklerinin en deneysel ve esnek olanı, en optimum destek ve kazı yöntemlerinin uygulanabildiği tünelcilik anlayışıdır (Ünlütepe, 2005).

NATM, ilk önce Avusturya, Fransa, Almanya, İsviçre ve İtalya’da uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntemin dünyaya yayılımı hızlı olmuştur. İlk uygulamalardan biri olan Frankfurt Metrosunda tünel açımına 1969 yılında iç içe tabakalı kil, marn, tebeşir ve kum taşında başlamıştır. Bu yöntem Japonya’daki Seikan tüneline de başarı ile uygulanmıştır. Bir başka başarılı uygulama Meksiko şehrindeki Emisor Central kanalizasyon tüneline aittir.

NATM’ in yirmiden fazla prensibi olup, esas ana kayanın ilk sağlamlığını korumak, dağı fazla kurcalamadan yükü dağa taşımak, deformasyonları ve gerilmeleri ölçümlerle denetlemek, sağlamlaştırma işlemlerini en kısa zamanda tamamlamak ve kazı kesitlerini olduğunca yuvarlak seçmektir.

NATM tünel güzergâhı boyunca yapılan zemin etütleri ile topografya, derinlik ve inşa edilecek tünel geometrisine bağlı olarak prensipte tünel inşaat detayları belirlenir. Bununla

beraber uygulama sırasında zemin gözlemleri ve deformasyon ölçmelerinden elde edilen sonuçlara göre uygulamaya ilişkin kazı destek ve kullanılacak inşa tipi ile kullanılacak donanım yeniden gözden geçirilerek daha uygun hale getirilir. Bunun sonucunda tünellerde gerektiği kadar destekleme kullanılarak iyi bir zamanlama ve en uygun maliyetle gerek duyulduğu ölçüde yapı emniyeti sağlanır (Ünlütepe, 2005).

Tünel içerisinde kaya/zemin kütlesi ile destekleme elemanlarının doğrudan temas etmesi ile kompozit bir yapı oluşmaktadır. Bu kompozit yapı tünel kazı çevresinde oluşan basınçların yeniden dağılımını sağlayarak, kayanın kazı sonrası azalmakta olan dayanımının artmasını sağlamaktadır. NATM yöntemiyle inşa edilen bir tünel kesiti şekil 2.1’de verilmiştir.



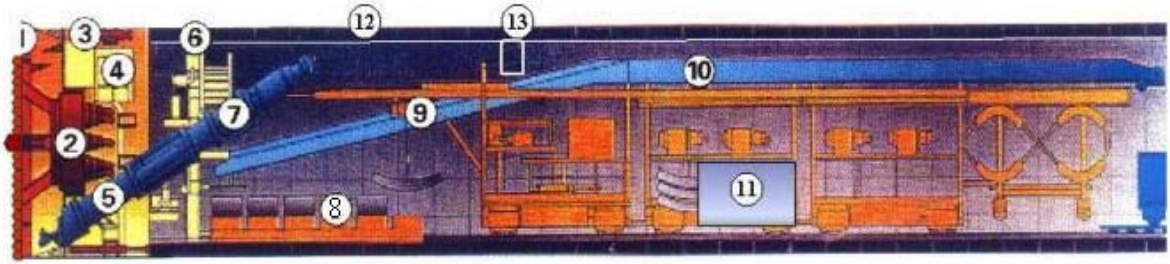
Şekil 2.1 NATM yöntemiyle inşa edilen bir tünel kesiti

2.1.3 TBM (Tunnel Boring Machine) Yöntemi

Madencilik ve inşaat sektöründe yeraltı yapılarının önemi teknolojik gelişmelere paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle yerleşim merkezleri ve büyük şehirlerde elektrik, su, kanalizasyon, telefon, doğalgaz ve metro tünelleri gibi yapıların açılması sırasında, çevreye ve yer üstünde yapılara zarar vermemesi için kullanılacak kazı yönteminin seçimi son derece önemlidir. Her ne kadar ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da tam cepheli tünel açma makineleri tasman gibi istenilmeyen yeraltı hareketlerini önleme kabiliyeti, daha sessiz, titreşimsiz ve hızlı çalışması nedeniyle günümüzde tercih edilen kazı makineleri haline gelmiştir. Sert, orta sert, yumuşak ve akıcı formasyonlar için kullanılacak kafa dizaynları ve

keski tipleri, makineyi dengeleme sistemleri, tahkimat sistemleri, çıkarılan pasayı taşıma sistemleri çeşitli yönlerden farklılıklar göstermektedir.

TBM tünel açma teknolojisi son dönemlerde çok önemli teknik gelişmeler kaydetmiştir. Sistem; inşa edilmesi tasarlanan boyutta dairesel bir silindirik formu olan ring içerisinde tünel yapımı için gerekli teknolojiyi barındıran bir tünel yapım makinesidir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 TBM makinesi (Ünlütepe, 2003)

1-Kazıcı Kafa 2-İtme Ünitesi 3-Piston 4-Basınç Ünitesi 5-Burgu Konveyör 6-Ring Montaj Kolu 7-Burgu Konveyör 8-Segment Besl. Ünitesi 9-Segment Vinci 10-Çamur Nakil Bandı 11-Kontrol Kabini 12-Segment İç Yüzeyi 13-TBM Yönlendirme Lazer İstasyonu

Sistemin baş kısmında kazılması planlanan zemin koşullarına göre tasarlanmış bir kazıcı kafa ile kazılan malzemenin dışarıya taşınmasını sağlayan bir sistem mevcuttur. Makinenin silindirik formu kazılan zemini ayakta tutarak zemin stabilitesini korur. Çok kötü zemin koşullarında ayna stabilitesini sağlamak ve sistemi dengede tutmak için zemin denge basıncından yararlanır. Bu durumda sistem EPBM adını alır. Kazıcı kafanın ilerlemesiyle ön kısmın stabilitesi de hemen gerisindeki çok sayıda pistonlar tarafından sağlanır. Bu pistonlar eğer varsa iç kaplama elemanlarına da daimi bir baskı iç kaplama formunu da korur. İç kaplama elemanlarına şild içerisinde her yerleştirilmesinden sonra silindirik formulu şild ilerleyerek iç kaplama ile zemin arasından çekilir. Bu işlem sırasında iç kaplama ile zemin arasına ince beton karışımı enjeksiyon malzemesi getiren raylı vagonlar geriye kazılan malzemeyi taşırlar. Teknolojik açıdan daha da gelişmiş TBM makineleri olmakla beraber makinenin tasarımı; tünel iç kaplama cinsi, zemin ve proje koşullarına göre belirlenmektedir. Bu arada sistemin tüm mekanik parametrelerini gösteren bir bilgisayar ile makinenin yeraltında seyahatinin ve iç kaplama yerleşiminin yönlendirildiği bir ölçme bilgisayarı mevcuttur. Bu üniteye de kontrol kabini adı verilir.

TBM' ler genel olarak çalıştıkları formasyonlara göre sınıflandırılır. Genel anlamda sert kaya

ve yumuşak formasyonlar olmak üzere iki ana grup mevcuttur. Sertten, yumuşak formasyona doğru gidildikçe TBM yapısal özellikleri de önemli ölçüde değişim gösterir.

2.1.3.1 TBM Tipleri

150 yıllık bir gelişmeden sonra TBM' ler her türlü tünel şartında mekanik kazının yapılabildiği bir noktaya gelmiştir. Eskiden sadece Delme - Patlatma Yöntemi ile açılacak formasyonlar bile artık TBM ler kullanılarak açılabilir. Tam cephe tünel açma makineleri aynayı tamamen kesikleri ile kavrar ve kazı yapar. Kazma işleminin gerçekleşmesi için iki önemli kuvvet vardır. Kesici kafanın aynaya doğru itilmesi ve bu itilme sırasında kafanın dönmeye başlaması kazı olayını gerçekleştirir. Aynadan kazılan malzeme kesici kafa üzerinde bulunan kanatçıklar tarafından kesici kafa arkasındaki hazneye aktarılır. Hazne içerisinde bulunan konveyör çıkan pasanın nakliyatını yapar. Aynanın kesici kafa tarafından tamamen kapatılması aynaya yanaşmayı engeller. Bu yüzden kesiklerin değiştirilmesi zordur. Kimi durumlarda kesici kafanın önüne bir işçi geçerek kesikleri kontrol edebilir. Yeni geliştirilen modellerde kesikler kesici kafanın içinden değiştirilebilmekte böylece aynaya geçmeye gerek kalmaz ve çalışma güvenliği tehlikeye atılmamış olur. Çalışacakları formasyona göre kesici kafa dizaynları ve kullanılan kesikler değişmektedir. Genel olarak yumuşak formasyonlarda ripper dişler, kalem kesikler kullanılır. Kompleks zeminlerde ise kesici kafa hem ripperler hem de disk kesiklerden oluşur. Disk kesikler olası sert damarları ve kayaları kesmek için kesici kafaya yerleştirilmiştir. Sert zeminlerde ise kesici kafada sadece disk kesikler bulunur (Çınar, Feridunoğlu, 1994).

Sert Kayaç Tünel Açma Makineleri

Şiltsiz TBM sert ve kendini tutabilen formasyonlarda kullanılırlar. TBM arkasından tavan civataları veya dairevi tahkimat yapılır.

Tek Şiltli TBM tam daire şeklinde komple bir şilt mevcuttur. Tek şiltli TBM' ler yumuşak zeminlerde, kompleks zeminlerde ve kaya içerisinde açılacak tünellerde kullanılabilirler. Tahkimat olarak beton segmentler kullanılır.

Çift Şiltli TBM bu makine iki türlü çalışabilmektedir. Yukarda anlatıldığı gibi tek şilt olarak veya teleskopik olarak ana şildin içinde uzanabilen kuyruk tarafındaki ikinci şildi bir kavrayıcılar (gripper) düzeniyle kullanmak mümkündür. Bu tür yapının avantajı sabit kuyruk şildinde kaplama işi ile kavrayıcıları iterek yapılacak delme işlerinin aynı anda

gerçekleştirilmesine imkân sağlayan iyi arazi şartlarında çalışıldığı zaman ortaya çıkar. Bu makineler sert ve kompleks zeminlerde kullanılabilir. Tipik bir çift şiltli TBM şekil 2.3' de verilmiştir.



Şekil 2.3 Çift şiltli TBM

Yumuşak Zemin Tünel Açma Makineleri

Arazi Dengeleme Makineleri (EPB)

Yapışkan olmayan ortamlarda ve yeraltı su seviyesi altında bulunan zeminlerde ilerlemeler sırasında stabilite kaybı kaçınılmazdır. Genellikle bu gibi alanlarda ve kendini kısa süreli bile tutamayan kayaçların kazısında bu makineden faydalanılır. Temel çalışma prensibi, su getirini veya arazi akmasını kontrol etmek amacıyla ayna boşluğunun kapalı bir hacim haline getirilerek basınç altında tutulması, "bizzat arazi ve içindeki su basıncı etkisiyle, kesme kafası ve ayna boşluğunda doğal bir basıncın oluşmasına imkân verilmesi" diye tanımlanabilir. Bir başka deyişle amaç kazılan malzemenin kesici kafa haznesini doldurması ve tüm yüzeyi desteklemesidir. Bu destekleme basıncının tünel kalınlığındaki doğal arazi basıncını karşılayacak bir değerde ayarlanması gerekir. Bu makineler 10 bar' a (1 MPa) kadar ulaşan basınç altında çalışabilecek şekilde yapılabilirler. En iyi çalışma koşulu arazi nemlilik oranının % 10-15 veya daha az olduğu durumlardır. EPB makinesi çok sert kayaçlardan (diskli) çok yumuşak olanlarına (kalem kesikli) kadar, değişik kayaç ve zemin formasyonlarında kullanılmak üzere tasarlanabilirler. Çalışmalarındaki basitlik ve uygulama alanlarının genişliğinden dolayı, giderek çamur makinelerin (Slurry Machines) yerlerini almaktadırlar. Bir EPB makinesinde kazılan malzeme bir vida konveyör vasıtası ile kesici

kafa haznesinden çıkarılır. Kazı bölgesinde ki arazi basıncı azalmalarını ve bu yüzden oluşacak oturmaları engellemek için malzeme aktarımının kontrollü bir şekilde yapılması gereklidir. Bu yüzden vida konveyörün hızı malzeme çıkış hızının kontrol etmek için ayarlanabilir. İstenilen bir şekilde vida hızı ayarlaması bilgisayarlı bir monitörden izleme sistemiyle yapılabilir. Dengeli ve güvenli bir kazı yapabilmek için malzeme çıkış hızının makine ilerleme hızına eşit olması gerekir. Böylece zemin oturmalarına yol açabilecek fazla malzeme çıkışına izin verilmez. Eğer ortamda bulunan suyun basıncı atmosfer basıncının üzerine çok fazla çıkarsa bazı basınç kilitleri gerekli olabilir. Basınç kilitleri vidanın bir yanından diğerine doğru bir patlamayı önlemek için gereklidir ve vidanın çıkış kapısında konumlandırılır. EPB makinelerinde diğer metotların aksine ikincil bir destekleme yöntemi kullanılmaz (sıkıştırılmış hava, süspansiyon). Akıcı formasyon döner kafadaki kesimler tarafından kazılır. İtirme kuvveti aynaya kazı haznesinin doldurulmasıyla meydana getirilen basınç duvarı yoluyla transfer edilir. Böylece kazı bölgesinde kontrolden çıkmış bir şekilde malzeme akışı engellenmiş olur. Kazı bölgesindeki formasyon uygulanan itirme kuvveti nedeniyle daha fazla yük alamadığı anda denge sağlanmış olacaktır. Formasyonu destekleme basıncı, sağlanan dengenin üzerine çıkarılırsa kazı bölgesindeki akıcı formasyon çok daha sağlam bir hale gelecektir. Eğer açılan tünel yeryüzüne yakınsa çok fazla uygulanan itirme basıncı sebebiyle kabarmalar meydana gelebilir. Tünel boyunca taşıma, bant konveyörlerle, vagonlarla, damperli kamyonlarla ya da borular içerisine taşınmayı kolaylaştıran bir katkı maddesi eklendikten sonra katı taşıma pompaları yardımıyla yapılabilir.

EPB çalışma prensiplerine bağlı olarak çeşitli isimler alır: Malzeme Hapsedici Şiltleri (Soil Confinement Shields), Su Basıncını Destekleme Şiltleri (Water Pressure Balance Shields), Yüksek Yoğunluktaki Çamur Şiltleri (High Density Slurry Shields) ve Çamur Şiltleri (Mud Shields).

Eğer malzeme destekleme basıncını sağlayabilecek durumda ve vida konveyörle taşınacak kıvamda değilse çeşitli kıvamlaştırıcı katkı maddeleri eklemek gerekebilir. Standart durumda, çeşitli katkı maddeleri kayaca ya kazı aynasında iken direkt olarak ya da kesici kafa haznesine alındıktan sonra enjekte edilir fakat verimlilik açısından en iyisi birinci seçenektir. Bu maddeler 3 amaç için malzemeye enjekte edilir:

- Malzemenin akışkanlığını artırarak kesici kafa ve vida konveyörden geçişimi kolaylaştırmak,
- Kesici kafadaki herhangi bir boşluğu doldurmak ve stabiliteyi sağlamak,

- Kazılan kaya eğer geçirgense su fişkırmasını önleyen hemen hemen sızdırmaz bir engel oluşturmak.

EPB makinesinin kazı anında çalışma aşamaları da şu şekilde gerçekleşmektedir;

Bir EPB makinesinde öncelikle kesici kafanın döndürme motorları ile döndürülmesi ve kesici kafaya itirme silindirleri ile araziye destekleyecek kadar ya da biraz daha fazla kuvvet verilmesiyle akıcı alüvyal zemin kazı haznesine dolmaya başlar. Kazı haznesi tamamen dolduktan sonra istenilen destekleme ortamı yaratılır ve kazılan malzeme vida konveyör yardımıyla normal basınçtaki bölgeye alınmaya başlanır. Burada vida konveyörün en önemli görevi aynada oluşturulan basıncın kademeli olarak düşürülmesi ve normal basınca indirilerek düzenli bir malzeme çıkışının sağlanmasıdır. Vida konveyörün çıkış kapısından bant konveyöre boşalan malzeme kuyruk bölümde bekleyen vagonlara ulaşır ve buradan da kuyu ağzına taşınır.

Eğer kazı sırasında istenilen miktarda malzeme geliri olmuyorsa yani malzeme yerine-su geliyor veya zeminin fazlasıyla kuru olması nedeniyle vida konveyörden malzeme geçişi mümkün olmuyorsa, kazı aynasına doğru malzemeyi daha kaygan yapan ve böylece su geçişini engelleyen bir katkı madde enjekte edilmesi gerekebilir. Kazı ilerlerken şildin tam arkasına taşıyıcı raylarla getirilen beton segmentler erektörler yardımıyla yerleştirilirler. Bu arada segmentler ve zemin arasında kalan boşluklar beton - bentonit karışımı ile doldurularak kapatılırlar. Şekil 2.4 de tipik bir EPM makinesi görülmektedir.



Şekil 2.4 Tipik bir EPM makinesi (www.penatrade.com)

Çamur Şildi (Slurry Machine)

Bu tip şiltler, arazinin çok akıcı olduğu veya tünel güzergâhı boyunca böyle akıcı formasyonlara da rastlanabileceği durumlar için yapılmışlardır (Şekil 2.5). Makine, değişken devirli tam cephe kesme kafasına sahip, astarlara dayanarak itmek suretiyle kuvvet oluşturan tam bir şilt tasarımıdır. Genel olarak kalem keskiler kullanılmakla birlikte bazen disk keskilere kombinezon da yapılabilmektedir. Diskler kalem keskilere nazaran biraz daha öne çıkmış vaziyette olurlar. Böylece, büyük bloklara rastlandığında disklerin onları parçalaması ve kalem keskilere kırılması önlenmiş olmaktadır. Makine kalem keskilili tam cephe şilt tipinden "daima basınç altındaki kafa ile çalışıyor" olma özelliğiyle anılmaktadır. Akıcı çamur, (genellikle, bentonit) ayna ile kesme kafası arasındaki boşluğa pompalanmaktadır. Bu sıvı, aynadan sıyrılarak kazılıp çıkarılan malzeme ile katışmakta ve bu karışım bir çamur pompası ile geri tarafa alınıp yeryüzüne pompalanmaktadır. Yeryüzünde süzülüp temizlenen sıvı, yeniden devreye sokularak kullanılmaktadır. Çalışma esnasında dikkat edilecek başlıca hususlar:

- Aynaya gereğinden fazla basınç vermemek (bu durumda yeryüzünde kubbeler oluşabilir),
- Yeryüzüne ulaşacak şekilde baca oluşmasını önlemek için kazılan malzeme miktarını dikkatle ölçmek.

Bu tip makineler derinliği az olan yerlerde kullanılmakta olup, uygulanan basınç değeri 3 bar mertebesindedir.



Şekil 2.5 Tipik bir çamur şildi

2.1.4 Batırma Tünel (Immersed Tube) Yöntemi

1893 yılında ABD Boston' da kanalizasyon sistemi için ilk defa kullanılan bu teknoloji daha sonra 1910 yılında Michigan Central Demiryolu için Detroit Nehri geçişinde kullanılmıştır. Batırma tüp tüneli genel olarak 4 aşamada inşa edilir.

- Prefabrik tüp imalatı
- Yerleşim yerinin hazırlanması
- Batırma ve birleştirme
- Dolgu yapılması

Batırma tünel uygulamalarına ilişkin ölçmeler diğer tünelcilik metotları için yapılan ölçmelerden büyük ölçüde farklı olarak hidrografik ve GPS ölçmelerinden yararlanılarak gerçekleştirilirler. Burada işin önemli aşamaları güzergâhın deniz dibi haritasının (batimetrik veya hidrografik harita) hazırlanması, su dibinde tünel tüplerinin yerleşeceği kanalın hazırlanması (dredging) için yapılan ölçümler ile batırılan tüplerin ölçme yardımıyla su dibine yerleştirilmesidir.

- Tünel güzergâhının batimetrik veya hidrografik haritalarının hazırlanması
- Tüplerin deniz dibinde yerleştirilme kanalının hazırlanması (dredging) sırasında gerekli ölçme işlemleri (RTK – GPS ve Echosounder)
- Tüplerin yerleştirilmesi (Immersing) sırasında yapılacak ölçme işlemleri (RTK – GPS ve Echosounder ve akustik algılayıcıları).

Deniz dibindeki tüp yerleşim alanının kazısı ve hazırlanması ile batırılan tüplerin konumu akustik konumlandırma sistemleri (APS) aracılığıyla eş zamanlı olarak izlenir ve gerekli düzeltmeler hidrolik pistonlar aracılığıyla yapılır. Bu amaçla echosounder' ın gönderdiği ses dalgalarını algılamak üzere tüplerin üzerine ses algılayıcı cihazlar konumlarının belirlenmesi için yerleştirilir. Akustik algılayıcı echosounder'ın gönderdiği sinyali aldığı zaman bunu tanıyarak konumunu belirtir. Düzeltmeler diğer akustik algılayıcılardan gelen konum bilgilerini de göz önüne alarak yapılır. Gerekli konum düzeltmeleri dalgıçlar ya da özel tasarlanmış uzaktan kumandalı denizaltılar aracılığıyla yapılır. Echosounder' ın konumu ise RTK – GPS ölçümleriyle belirlenir.

3. TÜNELLERDEKİ ÖLÇME ÇALIŞMALARI

Günümüzde ortaya çıkan yoğun şehirleşme ve teknolojiadaki hızlı gelişmelerin ardından yaşam alanlarındaki yoğun yapılaşma nedeniyle yeraltının ihtiyaca göre daha fazla değerlendirilmesi gündeme gelmiş ve bunun paralelinde de değişik topografya ve zemin koşulları için tünel yapım teknikleri geliştirilmiştir.

Tünel inşaat tekniklerinin gelişimine paralel olarak, ölçme teknik ve donanımları da sürekli gelişim göstermektedir. Tünel ölçme uygulamaları genel anlamda; tünellerde kazıların yönlendirilmesi, tünel uygulamalarının kontrol edilmesi, tünel içi ve dışında oluşan deformasyonların izlenmesi ve tünel iç kaplama elemanlarının ölçme aracılığıyla kontrol altında tutulması konularını kapsamaktadır.

Günümüzde tünel uygulamaları kullanılan ölçme teknikleri açısından üç gruba ayrılabilir:

- Klasik yöntemle açılan tüneller
- TBM Tünel Delme Makinesi ile tünel açma yöntemi
- Batırma Tünel (Immersed Tube) yöntemi

Genel anlamda tünel ölçmeleri diğer yerüstü inşaat projeleri için gereken ölçmelerle benzerlikler taşımakla birlikte kendine has bazı yöntemlerin ve alet - ekipman kullanımını da gerektirmektedir. Ölçümlerin doğrudan kontrol edilmelerinin mümkün olmaması nedeniyle de yerüstündeki ölçmelere göre daha hassas ölçmeler gerekli olmaktadır. Bununla beraber yukarıda sözü edilen üç gruba ayrılan tünel uygulama yöntemleri için de bazı farklı ölçme ve ölçme aletlerinin kullanımı söz konusu olmaktadır.

Ancak; her tünel alanı için uygulanması gerekli ölçme işlemleri tünel güzergâhını kapsayacak bir ölçme ağının oluşturulmasıyla başlar. Buna göre bütün tünel uygulamaları için gerekli ölçme uygulamaları;

- İnşaat alanını kapsayan bir nirengi ağının oluşturulması.

Nirengi noktaları arasında poligon ağı

Yine aynı alanda oluşturulacak bir nivelman ağı

- Topografyanın ölçümü ve haritaların hazırlanması
- Tünel tasarımlarının hazırlanması
- Tünel giriş yapılarının (Şaft, Portal, Yaklaşım tüneli) inşaatı için yapılan ölçmeler
- Proje parametrelerinin araziye işaretlenmesi ve ilave saha ölçmelerinin tamamlanması

olarak sıralanabilir (Alkan, Kalkan, Yanalak, 2005).

Tünel inşaatına ilişkin tasarım değerlerine bağlı olarak tünel kazılarının yönlendirilmesi; tip kesitlere uygun olarak inşası, gerekli destek detaylarının yerleştirilmesi, tünel iç kaplama aşamalarının tamamlanması için dışarıda oluşturulan nokta sistemine bağlı olarak tünel giriş yapısı aracılığıyla tünel içerisine taşınan üç boyutlu (x,y,z) ölçme ağına ihtiyaç duyulur. Bu ölçme ağına ilişkin ölçme noktaları; eğer tünel giriş yapısı portal ya da yaklaşım tüneli ise doğrudan ölçülerek içeriye bir poligon ağının devamı olarak ulaştırılır. Eğer giriş yapısı shaft ise ölçme noktaları shaft üzerinde oluşturulan ve dışarıdaki ölçme ağına bağlı olarak konumlandırılan noktaların “optik çekül” aracılığıyla shaft tabanına taşınması ile oluşturulur.

Tünel girişine kadar taşınmış bulunan poligon ve nivelman noktaları aracılığıyla tünel kazılarının başlatılması ve projeye uygun olarak ilerlemesi sağlanır. Tünelin kazısının ilerlemesiyle birlikte poligon noktaları ve nivelman noktaları tünel uygulamalarına destek verebilecek şekilde ilerletilir.

Tünel ölçmelerinde kullanılan ve kullanılacak olan poligon ve nivelman noktaları tünel duvarlarına, üzerine ölçme aleti kurulabilecek şekilde inşaattan beklenen hassasiyete göre düz bir hat boyunca değil tünelin her iki duvarında çaprazlama yaparak tesis edilip ölçme ağı oluşturulur (Şekil 3.1). Bu şekilde ağ oluşturulması en az birden fazla geri noktadan gözlem yapma olanağı sağlar ve bu da yeraltındaki ölçme ağının duyarlılığını arttırabilir.



Şekil 3.1 Tünel duvarında değişik yapılarda poligon tesisleri (Ünlütepe, 2005)

Yeraltında tesis edilen ölçme ağına ait noktalar tünel giriş yapısı civarındaki noktalardan başlanarak tünel içerisinde tesis edilen son noktaya kadar belli aralıklarla ölçülür ve ağ dengelemesi sonucu belirlenen konum farklılıkları düzeltilir. Son olarak tünel kazılarının bitirilmesinden bir süre önce de böyle bir son kontrolün yapılması işin gerekliliğine göre yararlı olacaktır.

Bu ölçmelerin tekrarlanmasının en önemli nedeni ise tüneller inşa edildiği süreçte inşaat teknikleri ve zemin koşullarına bağlı olarak değişen boyutlarda stabilite problemlerine maruz kalırlar. Gerçekte çoğu kez tünel inşaatı açısından emniyetli ve gözle fark edilebilen herhangi bir hareketlilik olmamasına rağmen çok küçük boyuttaki mikro hareketlilikler tünel içi ölçme ağını ciddi biçimde olumsuz etkileyebilmektedir. Bu tür kontrol ölçmelerinin bir diğer nedeni de önceki ölçmelerde oluşabilecek olan bazı sistematik hataların zamanında ortaya çıkartılarak olumsuz etkilerin azaltılmasıdır (Ünlütepe, 2005).

3.1 NATM Yöntemiyle Açılan Tünellerdeki Ölçme Çalışmaları

NATM yöntemiyle tünel açımı sırasında 2. bölümde bahsedilen ölçme çalışmalarına ek olarak yapılması gereken ölçmeler şöyle özetlenebilir.

Tünel kazılarının yönlendirilmesi

- Klasik yöntemlerle kazıların ve iksa yerleştirme işleminin desteklenmesi
- En kesitlerin alınması
- Tünel kazısının tamamlanması ve yeni ölçme ağının tesis edilmesi
- Tünel içi kaplamasının yönlendirilmesi

Tünel stabilizesinin izlenmesi

- Tünel dışında yapılan deformasyon ölçmeleri
- Tünel içinde yapılan deformasyon ölçmeleri

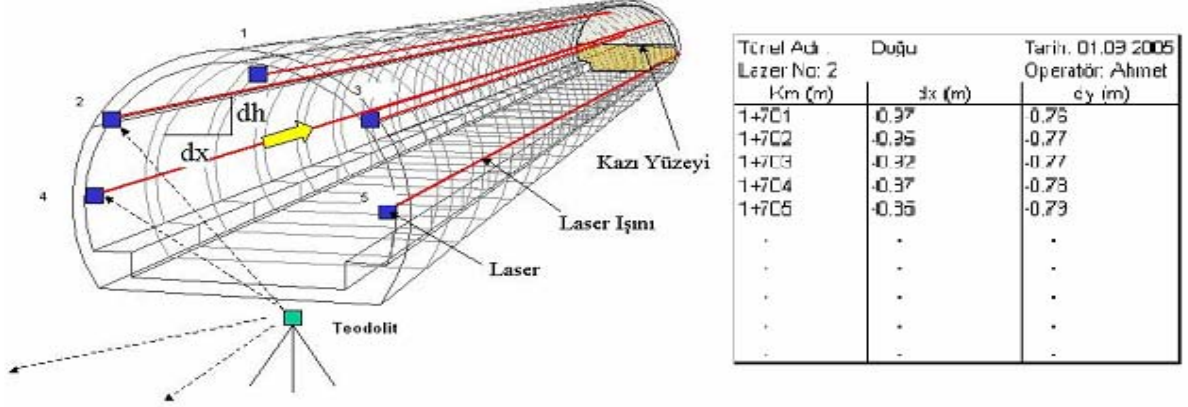
3.1.1 NATM Yönteminde Tünel Kazılarının Yönlendirilmesi

Tünel inşaatlarında yapılan ölçme çalışmalarının en önemlilerinden biri tünel kazısının yönlendirilmesidir. NATM yönteminde tünel kazılarının yönlendirilmesi klasik yöntemlerle yapılabileceği gibi kazı makinesinin yönlendirilmesi veya lazer cihazların kullanılmasıyla da yapılabilir.

Kazı Yönlendirmesi İçin Lazer Cihazlardan Yararlanılması

Tünel geometrik formuna ve kazı yapılacak tünel aynası bölümüne bağlı olarak istenen sayıda lazer cihazı yerleşimi sağlanarak tüm tünel kazı ve destekleme işlemleri çok az sayıda ölçme elemanı yardımıyla sürdürülebilmektedir. Burada tünel geometrisinin alıyman olması da bir zorunluluk değildir. Ölçmecinin yapması gereken; tünel aynasında bilinmesi gereken bir

noktaya en yakından geçen lazer ışınından belli bir km deki yatay ve düşey mesafe farklarının (dx , dh) verilmesidir. Bu değerler bütün lazer ışınları için tip kesit üzerindeki belli noktalar için tünel boyuna verildiğinde tünel ilerlemesi için ölçmecinin tünelde beklemesine gerek olmayacaktır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 NATM yönteminde lazer ile ölçme (Ünlütepe, 2005)

Tünelin ilerlemesi ile birlikte kazısı tamamlanan veya ilk desteklemesi yapılan ya da iç kaplaması tamamlanan tünel iç yüzeylerinin en kesitleri elektronik takeometreler veya özel profil ölçme aletleri ile ölçülerek uygun yazılımlarda değerlendirildikten sonra çizimleri yapılabilir.

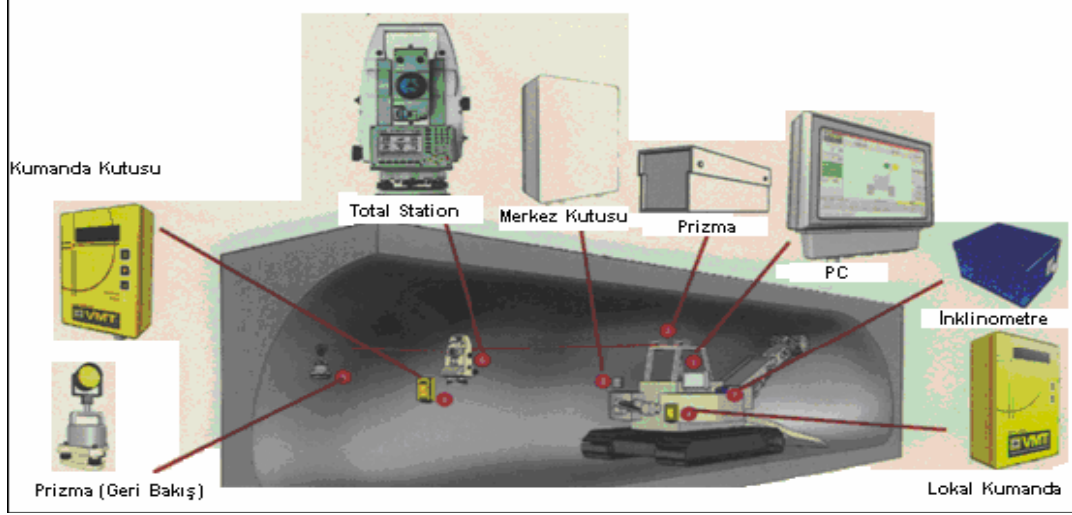
Tünel kazısı tamamlandıktan sonra tünel iç kaplamasının yönlendirilmesi ve kontrolü ölçme çalışmalarıyla yapıldığından tünel içindeki ölçme ağının revize edilmesi gerekir. Tünel iç kaplamasının kontrolü revize edilmiş ölçme ağı yardımıyla tünel en kesitleri hazırlanarak teorik iç yüzeyden olan sapmaları belirlenerek yapılır.

Kazı Makinelerinin Yönlendirilmesi

Klasik ölçme uygulamalarıyla tünel kazılarının yönlendirilmesi tünel aynası civarındaki birçok aktivite nedeniyle pek kolay ve sağlıklı olmamaktadır. Ayrıca ölçmecinin sürekli tünel içinde bekleyerek uzun zaman harcamasına sebep olmaktadır. Roadheader Yönlendirme Sistemi bir süreden beri pratikte kullanılmakta ve tünel kazılarında ölçme desteğinin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Roadheader Yönlendirme donanımı makine üstünde yerleştirilen diğer donanım aracılığıyla tüm datayı kaydederek kazı profiline göre kazıları değerlendirdikten sonra görselleştiren bir

adet bilgisayar, veri iletişimi için bir lokal modem kutusu, sensör verilerini toplayan ve bilgisayar kullanımı için konvert eden merkez kutusu, lazer ışınlarını karşılayan iki adet prizma, makinenin hareketlerini tespit eden iki eksenli inklinometre sayılabilir (Şekil 3.3).

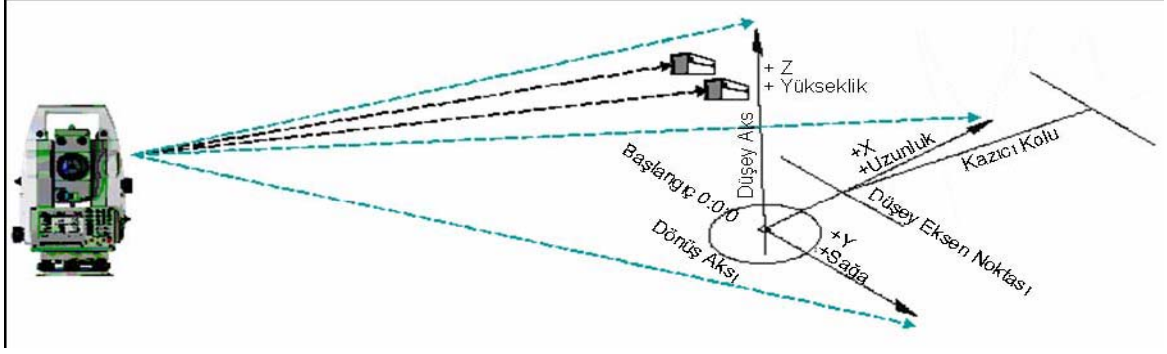


Şekil 3.3 Roadheader yönlendirme sistemi donanımı (Ünlütepe, 2005)

Roadheader üzerindeki sisteme doğrudan tanımlanan aralıklarla ölçme yapmak üzere poligon noktasında yerleştirilmiş aktif teodolit sistemi bulunmaktadır. Veri iletimini yöneten kumanda kutusu ise bu harici sistemi desteklemektedir. Teodolit koordinat bağlantısını gerideki poligon üzerinde yerleştirilmiş olan prizmadan almaktadır.

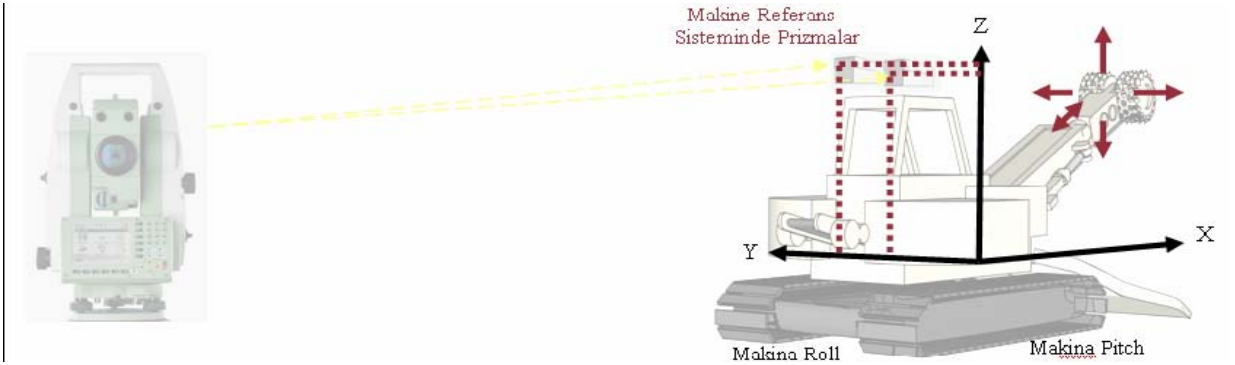
Makinenin üzerinde yerleştirilen iki adet prizma teodolit-lazer ölçüleriyle makinenin genel konumunun global koordinat sistemine göre belirlenmesini sağlamaktadır. Makinenin genelde roll ve pitch olarak tanımlanan boyuna ve enine hareketlerini tanımlamak için iki eksenli inklinometre kullanılmaktadır.

Bu arada makinenin kazı kafası kolunun ve kazı kafasının hareketlerinin de tanımlanması için sensörler yerleştirilmektedir. Böylece kazıcı kafanın konumu makinenin ana gövdesinin konumundan ve algılayıcılardan elde edilen hareket verisinden yararlanarak kazıcı kafanın bağlı koordinatlarına bağlı olarak proje koordinatlarıyla belirlenebilmektedir (Şekil 3.4). Proje koordinatlarında ki kazıcı kafanın konumu ise kazılacak proje kesiti ile karşılaştırılarak operatöre kazı yapabilmesi için bilgisayar ekranında görsel ve sayısal bir yönlendirmeye olanak sağlar.



Şekil 3.4 Roadheader koordinat sistemi (Ünlütepe, 2005)

Elektronik takeometre başlangıç için tünel dışında yerleştirilir ve kazıların tünel içinde ilerlemesiyle ve devam eden süreçte tünel duvarında tesis edilen tünel tipi poligonlara yerleştirilmek üzere taşınır. Elektronik takeometre koordinatlandırılmış tünel duvarındaki poligon noktasına yerleştirilince geri poligon noktasında ki gözleme dayanarak kazı makinesi üzerindeki prizmalara yönlendirilir ve kazı makinesinin konumunun tanımlanması sağlanır. Makinenin bir koordinat bütünlüğü içerisinde hareketlerinin tespiti ve makinenin tanımlanması için prizmalar ayrı ayrı ölçülür. İnklinometreler makinenin dönüklük eksenine paralel olarak yerleştirilir ve sürekli olarak değerlendirme sistemine makinenin hareketleri hakkında veri göndermeleri sağlanır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Prizmaların ve inklinometrelerin yerleşimi (Ünlütepe, 2005)

Makine gövdesinin konumu; kazı kafası kolunun hareket algılayıcılarıyla beraber ölçülmesiyle kazıcı kafanın global koordinatları belirlenebilmektedir. Bu yöntem DTA (Proje Tasarım Ekseni) ve kazı kesitinin bir bileşimiyle değerlendirilerek sonuçlandırılır. Prizmalar, inklinometreler ve algılayıcılar yardımıyla makine gövdesinin her türlü hareketi ölçülmekte

ve ekrana yansıyacak görüntüyü belirlemek için hesaplara dahil edilmektedir (Ünlütepe, 2005).

3.2 TBM Yöntemiyle Açılan Tünellerdeki Ölçme Çalışmaları

TBM makineleriyle tünel açımı sırasında 2. bölümde bahsedilen ölçme çalışmalarına ek olarak gerekli olan ölçme uygulamaları ise aşağıdaki gibidir.

Tünel makinesinin yönlendirilmesi

- TBM' in başlama pozisyonunu alması
- Hardware (donanım) + Software (yazılım) tesisi
- Tünel içerisindeki ikincil bir ölçme sisteminin oluşturulması
- Tünel içi en kesitlerin alınması
- Tünel inşaatının tamamlanması ve yeni ölçme sisteminin oluşturulması ve tünel içi en kesitlerin alınması

Tünel stabilitesinin izlenmesi

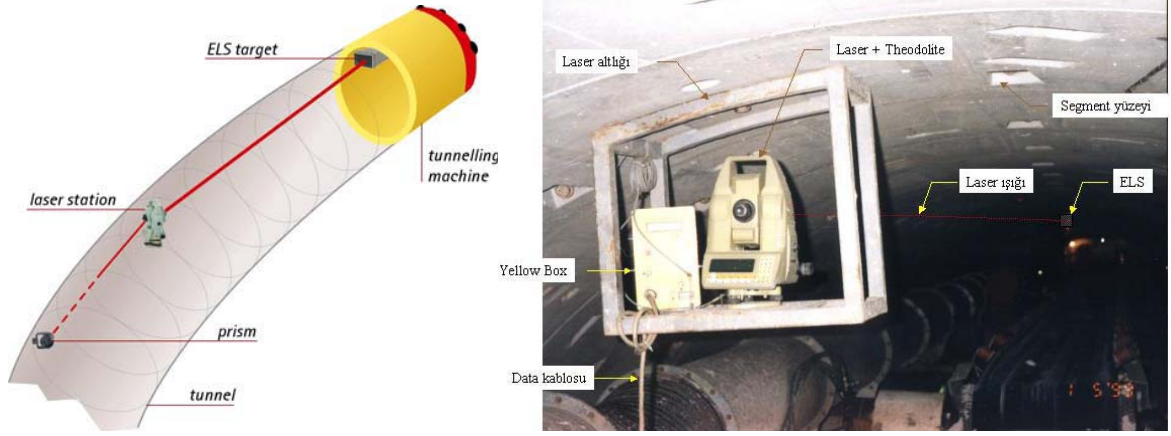
- Tünel dışındaki deformasyon ölçmeleri
- Tünel içerisindeki deformasyon ölçmeleri

Eğer gerekli ise tünel içinde kullanılacak kaplama elemanlarının imalatının ölçmelerle denetlenmesi

Fotogrametrik ve geleneksel yöntemler.

3.2.1 TBM Makinesinin Yönlendirilmesi

TBM doğrultusu ilerleme sırasında zemindeki çeşitli engeller, zemin deformasyonu, etraftaki kayalar ve değişen hidrolojik koşullar vb. sebeplerle değişebilmektedir. TBM' in değişen konumu ise sürekli olarak elde edilen elektronik takeometre ölçmeleriyle belirlenerek DTA' ya göre kıyaslanır. TBM' in proje tünel ekseninden olan farkları bir düzeltme eğrisi tanımlanarak DTA üzerine getirilmeye çalışılır. TBM operatörü TBM makinesinin, tasarım tünel eksenine göre konumunu sürekli görmek ister. TBM sürücüsü gördüğü tasarım ekseninden olan kaçıklıkları düzeltmek ve mümkün olduğunca makinenin tasarım eksenini izlemesi için TBM' i gerekli yönlerde hareket ettirir. Bu nedenle sürekli aktive edilmiş bir yönlendirme sistemi gerekli bulunmaktadır.



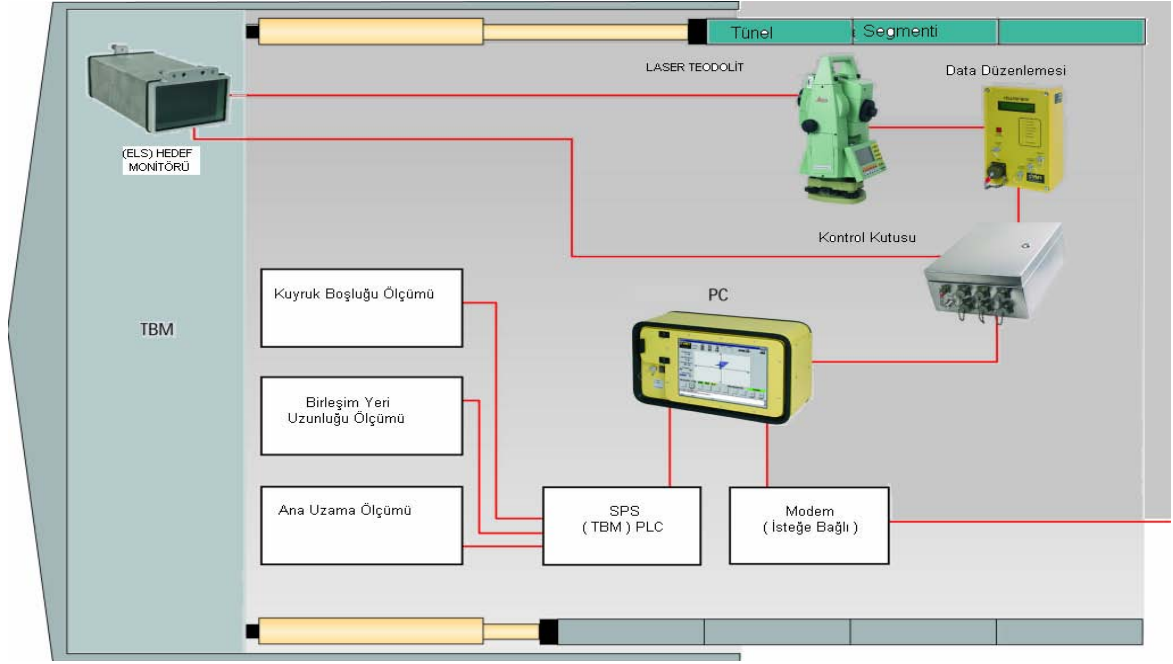
Şekil 3.6 TBM Yönlendirme sistemi ve bir uygulama görüntüsü (Ünlütepe, 2005)

Yönlendirme sistemi dışarıdan tünel içerisine taşınan ölçme şebekesine dayalı olarak TBM' in teorik eksen üzerinde başlangıç konumunun belirlenmesi ile başlar. Bu arada TBM içerisinde bulunan ölçme bilgisayarına yönlendirme yazılımından başka inşa edilecek teorik tünel eksen ve tip kesit parametreleri yüklenir. TBM' in gerisinde bir elektronik takeometre tünel düzleminde set edilerek ölçme ağına bağlandıktan sonra TBM' in ön kısmında bulunan algılayıcı ekrana yönlendirilir (Şekil 3.6). Elektronik takeometre tarafından ölçülen açılar ve mesafeler belirlenen intervallerle ölçülerek değerlendirilmek üzere otomatik olarak kontrol bilgisayarına gönderilir. Kontrol bilgisayarı bu verilere dayanarak TBM'in ölçme anındaki konumunu belirleyerek tasarım güzergâhı ile kıyaslar ve yatay-düşey düzeltme değerlerini belirtir.

Bu süreçte bağımsız bir ölçme ağı oluşturularak TBM' in konumu kontrol edilerek gerekli düzeltmeler zamanında yapılır. Tamamlanan tünel iç yüzeyinden de en kesit ölçmeleri alınarak mevcut durum değerlendirilir. Tünel delme işleminin tamamlanmasıyla beraber eğer sapma varsa tünel poligon şebekesi yeniden ölçülerek iki ucu açık tünelden yerüstü noktalarına bağlanır ve diğer uygulamalar için kullanılır.

Yönlendirme sisteminin ana referansı bir teodolit üzerine monte edilmiş olan ve görünür ışın gönderen lazer sistemidir. Lazer ve teodolit tünel duvarında tesis edilmiş ve koordinatlandırılmış bir metal askı üzerine yerleştirilir. TBM makinesinde yerleştirilmiş bulunan hedef monitörüne yönlendirilir. Bu şekilde sistem 100 ila 200 m arasında bir mesafeye kadar lazer gücüne ve tünel atmosferik koşullarına bağlı olarak TBM için yönlendirme hizmeti verebilir. Bu mesafe inşa edilen bölümde tünel eğriliğine lazer ekranının boyutlarına da bağlıdır. Lazer periyodik olarak tünel içerisinde inşa edilen tünelin ön

bölümünde mümkün olduğunca stabil olan tünel yüzeyine taşınır. Yeniden koordinatlandırılan bir poligon noktasına kurulmuş teodolit ve lazer aletinin ışığının aktive edilerek ELS (Elektronik Lazer Ekranı) monitör üzerine sabitlenmesiyle ELS ölçülenmesi yeniden başlatılır. ELS ekranı çift eksenli inklonometre ile de kontrol edilmektedir. Ayrıca ELS ekran üzerindeki bir prizma ile teodolit ile ELS arasındaki mesafe ölçülerek ELS ekranı pozisyonu ve dolayısıyla da TBM konumu ve proje eksenine göre durumu belirlenebilmektedir.



Şekil 3.7 TBM İçin SLS-T APD yönlendirme sistemi

Konum belirleme için tanımlanan temel koordinat sistemi genel proje koordinat sistemidir. Yönlendirme sistemi tüm tünel ve proje elemanlarının tanımlandığı koordinat sistemidir. Ayrıca TBM üzerine yerleştirilmiş ELS ekran boyutları, TBM kontrol noktaları ve referans noktaları ise TBM yerel koordinat sistemine göre belirlenir. Bir ölçme kontrolü için TBM üzerindeki kontrol noktaları kullanılarak dönüşüm programları aracılığı ile TBM pozisyonu belirlenir. TBM makinesi yönlendirmesi için kullanılan üçüncü koordinat sistemi DTA koordinat sistemidir. Bu koordinat sisteminde noktalarının kilometre ve ofsetleri gösterilir. Yönlendirme sistemi TBM' in konumunu belirlemek için bu koordinat sisteminden yararlanarak DTA' dan yatay ve düşey kaçıklıkları ve TBM kilometresini verir.

TBM yönlendirme sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

ELS Ekranı: Bu ekran lazer ışınını karşılayan ve TBM in ön kısmında yerleştirilen bir aktif

ekrandır. ELS içerisinde iki doğrultudaki hareketleri belirleyen bir inklinometre bulunmaktadır. Yerleştirme pozisyonu TBM lokal koordinat sistemine göre belirlenmiştir.

Sarıkutu: Teodolit ve lazere enerji sağlar ve bilgisayarla lazer arasındaki ilişkiyi düzenler.

Lazer + Teodolit: Yatay düşey açıları, mesafeleri ölçer ve ELS üzerine lazer ışını gönderir.

Endüstriyel PC: Tünel yönlendirme yazılımını işletir, veri toplar ve hesaplar.

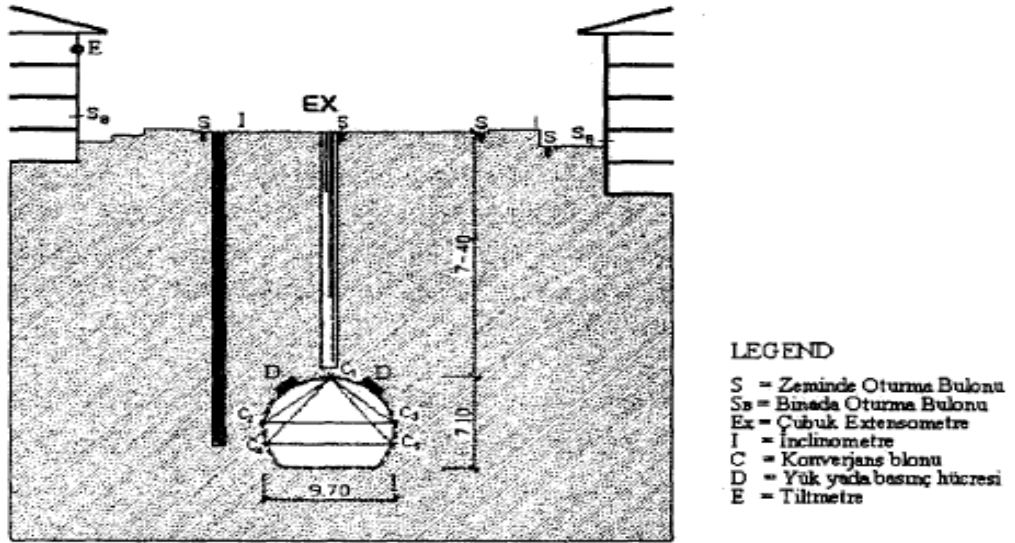
Tünel İlerleme Yazılımı: Yazılım bütün söz edilen aletlerden veri alır. TBM konumunu topladığı tüm ölçme verisini ve DTA verisini kullanarak hesaplar ve DTA ye göre nümerik ve grafik olarak gösterir. Ayrıca ring yerleşimleri hakkında veri hazırlar.

Kontrol Kutusu: Datanın PC ve yazılım için uygun hale getirilmesini sağlar.

4. TÜNELLERDEKİ DEFORMASYON ÖLÇMELERİ

Baraj, köprü, tünel, viyadük, kule gibi mühendislik yapılarında ve bu yapıların çevrelerinde geçici ya da kalıcı özellikte etkiler meydana gelmektedir. Genellikle bu etkiler zeminin fiziksel özelliklerinden, yapının mevcut ağırlığından, hareketli dış yüklerden ve benzeri etkilerden oluşmaktadır. Bunun sonucunda da yapıda ve çevresinde deformasyonlar gözlenmektedir.

Tünel inşaatlarında deformasyonların izlenmesi; uygulamanın güvenilirliği ya da yeterliliğinin doğrulanması açısından son derece önemlidir. Burada kazı ve destek detayları büyük ölçüde deformasyon bulgularına göre düzenlenmektedir. Bu nedenle tünel üzerinde ve tünel içerisinde deformasyon ölçme programına uygun ölçmeler gerçekleştirilir (Özhan, 1994). Tünel uygulamaları için gerekli olacak deformasyon ölçmeleri Şekil 4.1 üzerinde gösterilmiştir. Deformasyon ölçmelerinin bir kısmı jeodezik ölçme uygulamalarıyla diğer kısmı ise jeodezik yöntemler gerektirmeyen diğer yollarla yapılır (Ünlütepe, 2003).



Şekil 4.1 Tünellerdeki deformasyon ölçmeleri (Ünlütepe, 2003)

4.1 Zeminde ve Civar Yapılar Üzerinde Oturma Bulonu Ölçmeleri

Nokta tesisleri diğer tip noktalara göre daha kolay tesis edildiği için güzergâh boyunca en çok tercih edilen, gözlem noktası tipidir. Önceden belirlenen ölçme sıklığı programına göre yapılan bu ölçmelerle düşey yer değişimleri belirlenir. Ölçmelerle düşey boyuttaki değişimler 1 mm yaklaşımla izlenir.

Hem tünel hem de istasyonlar için tünel güzergâhı civarında bina duvarlarına ya da zemine tesis edilen ölçme bulonlarının zaman ve kazı ilerlemesine paralel olarak düşey yer değiştirmelerini saptamak amacıyla hassas geometrik nivelman yöntemi uygulanır.

Ölçme kesitleri yaklaşık her 30 m de, genellikle bir doğru üzerinde çakılan birkaç bulondan oluşur. Her iki tünel ekseni üzerinde birdir ve belirli bir açıyla eksenden uzaklaşacak biçimde oluşturulurlar. Kazının etki uzaklığının biteceği varsayılan bölgeye en dıştaki noktaların yerleştirilmesi öngörülür. İlerlemeye paralel olarak ya da özel durumlara göre düzenlenir (Özdağ, 1995).

4.2 Çubuk (Rod) Extensometre Ölçmeleri

Tesisi zor ve maliyeti yüksek olduğu için sadece güzergâhın karakteristik noktalarında az sayıda düşey olarak tesis edilirler ve yeraltı kazılarını çevreleyen kayalarda ki yer değiştirmeleri (uzamaları) yani tünel üstü zemin katmanlarının oturmasının belirlenmesi için kullanılırlar.

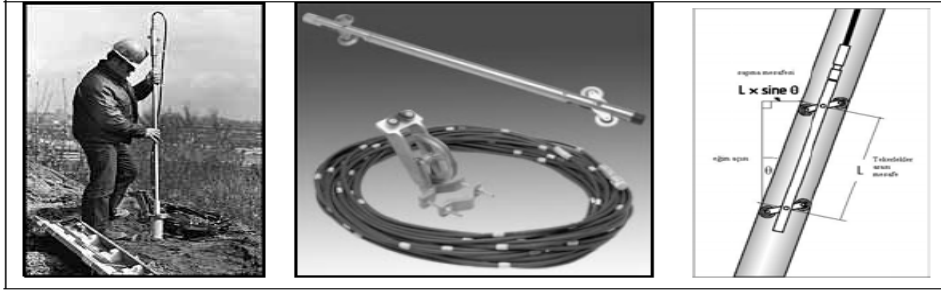
Çubuk extensometrelerde çubuklar, sürtünmeyi en azda tutmak için genellikle plastik bir tüpün içinde rahatça kayacak biçimde ve uçlarındaki ankrajlar, ortamın incelenmek istenen kısmına sabitlenmiş halde bulunurlar. Çubuklar değişik uzunlukta olabilirler ve ankrajları genellikle önceden bilinen jeolojik verilerin değerlendirilmesi sonucu kararlaştırılan bir derinlikte sabitlenirler. Sonuçta ankraj bağlı olduğu kaya ortamının seçilen bölge 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, bunun altından geçmekte olan bir tünel nedeniyle gerçekleşmesi muhtemeldir. Yüzeyde değişik zaman aralıkları içinde yapılan ölçmelerle 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 (Köksal, 1994).

4.3 İnklinometre Ölçmeleri

Tünel açımı nedeniyle ortaya çıkabilecek yatay yer değişmelerin belirlenmesi ve bu yer değişmelerinin çevredeki yapılaşmaya olabilecek olumsuz etkilerini gözlemek amacıyla güzergâhın kritik bölümlerinde (kazıdan etkilenebilecek bina önlerine) kazı duvarına paralel

olarak tesis edilirler.

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 (Yalçınkaya, Satır, 2005).



Şekil 4.2 İnklinometre' nin kuruluşu ve ölçümü (Yalçınkaya, Satır, 2005)



Şekil 4.3 Tünelde tesis edilen inklinometre boruları ve aleti (Yalçınkaya, Satır, 2005)

4.4 Tiltmetre Ölçmeleri

Güzergâh civarında ki kritik yapılarda meydana gelen eğilmeler ölçülür. Yüksek yapılarda oluşabilecek düşey sapmalar yapı üstlerinde tesis edilecek noktaların izlenmesiyle bulunur. Ayrıca bina köşelerindeki oturmalarda binalarda oluşacak eğilmeler ve bina cephesi ve iki ucu arasındaki kot farklılığı ile orantılı olarak oluşabilecek hasarlar konusunda da bilgi verebilir. Bunun yanı sıra bina üzerinde oluşan çatlaklar, çatlak ölçer (Crackmeter) yardımıyla izlenir.

4.5 Tünel İçi Konverjans Ölçmeleri

Konverjans ölçmeleri yapmak için bir tane tünel tavanında ve ikişer tane yan duvarlarda olmak

üzere toplam beş tane ölçme bulonu tesis edilir. Tesis edilmiş bu bulonların ölçmesi iki şekilde gerçekleştirilebilir.

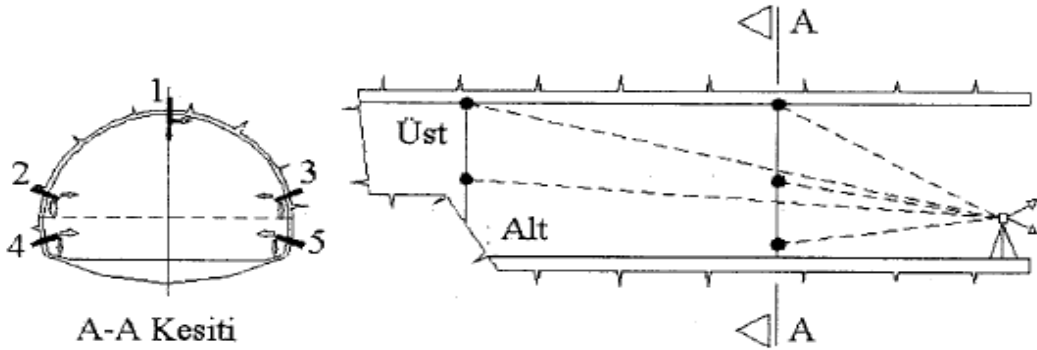
Bunlar;

- Üç Boyutlu (3D) Yöntemiyle Koverjans Bulonu Ölçmeleri
- Tape (Şerit) Extensometre İle Koverjans Bulonu Ölçmeleri

Şerit ekstensometre ile koverjans bulonu ölçmesinden bağıl sonuç elde edilmesine karşın 3D yöntemiyle yapılan koverjans ölçmelerinden ise mutlak sonuç elde edilir.

4.5.1 Üç Boyutlu (3D) Yöntemiyle Koverjans Bulonu Ölçmeleri

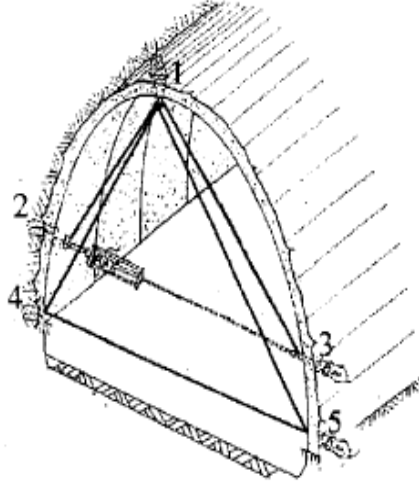
Tünel iç yüzeyinde yerleştirilen noktaların konumu belirlenir ve periyodik ölçme farkları değerlendirilir (Şekil 4.4). Bu ölçmeler için ölçme hassasiyeti çok yüksek elektronik takeometre aleti ve yardımcı donanımı kullanılır ve sonuçlar mutlak olarak elde edilir. Bu arada ölçmelerin değerlendirilmesi için de uygun yazılımların kullanımı işi kolaylaştırılmaktadır.



Sekil 4.4 Elektro optik 3D ölçümü (Ünlütepe, 2005)

4.5.2 Tape (Şerit) Extensometre ile Koverjans Bulonu Ölçmeleri

Tünel tavan ve duvarlarına tesis edilmiş koverjans bulonlarının birbirlerine göre olan hareketlerinin belirlenmesi için şerit extensometre karşılıklı noktalar arasında gerilerek ölçmeler yapılır (Şekil 4.5). Bu yöntemle 1 mm den daha küçük nokta yaklaşımları belirlenebilmektedir. Ancak sonuçlar bağıl olup, sadece bir noktanın diğer noktaya göre hareketi hakkında bilgi elde edilebilmektedir.



Şekil 4.5 Tape Extensometre ölçümü (Ünlütepe, 2005)

Tünellerde ortalama her yirmi beş metrede bir ölçme kesitleri oluşturulup ölçmeler yapılır. Ölçme sıklığı tünel aynasının ilerlemesine bağlı olarak değişir ve ölçme sıklığı şöyle sıralanabilir;

Kazı işlemi tamamlanır tamamlanmaz toplama bulonları yerleştirilir ve püskürtme betonu prizi aldıktan sonra ilk ölçmeler gerçekleştirilir.

- Tünel aynası ölçme kesitini 10 m. geçinceye kadar, her gün ölçü yapılır.
- Tünel aynası ölçme kesitini 30 m. geçinceye kadar, iki günde bir ölçü alınır.

30 m' den sonra ölçülerin alınması deformasyonlara bağlıdır.

Yukarıda belirtilen sıklıkta ölçüler yapılır ve sonuçlar tablo haline getirilerek aradaki farklar incelenir. Bu farklar tünel tavan ve duvarlarındaki deformasyonların miktarını göstermekte ve tünel kazısının devamı için en önemli ölçütlerden biri olmaktadır.

4.6 Yük ve Basınç Hücreleri (Pressure ve Load Cell) Ölçmeleri

Tünel içerisinde tünel iç yüzeyinde destek elemanları üzerine yerleştirilerek gerçekleştirilen ölçmeler aracılığıyla tünel destek sistemi gözlemlenir.

4.6.1 Ankraj Yük Hücresi Ölçmeleri

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

günlük olarak alınmaktadır.

4.6.2 Kaya Bulonu Yük Hücreleri Ölçmeleri

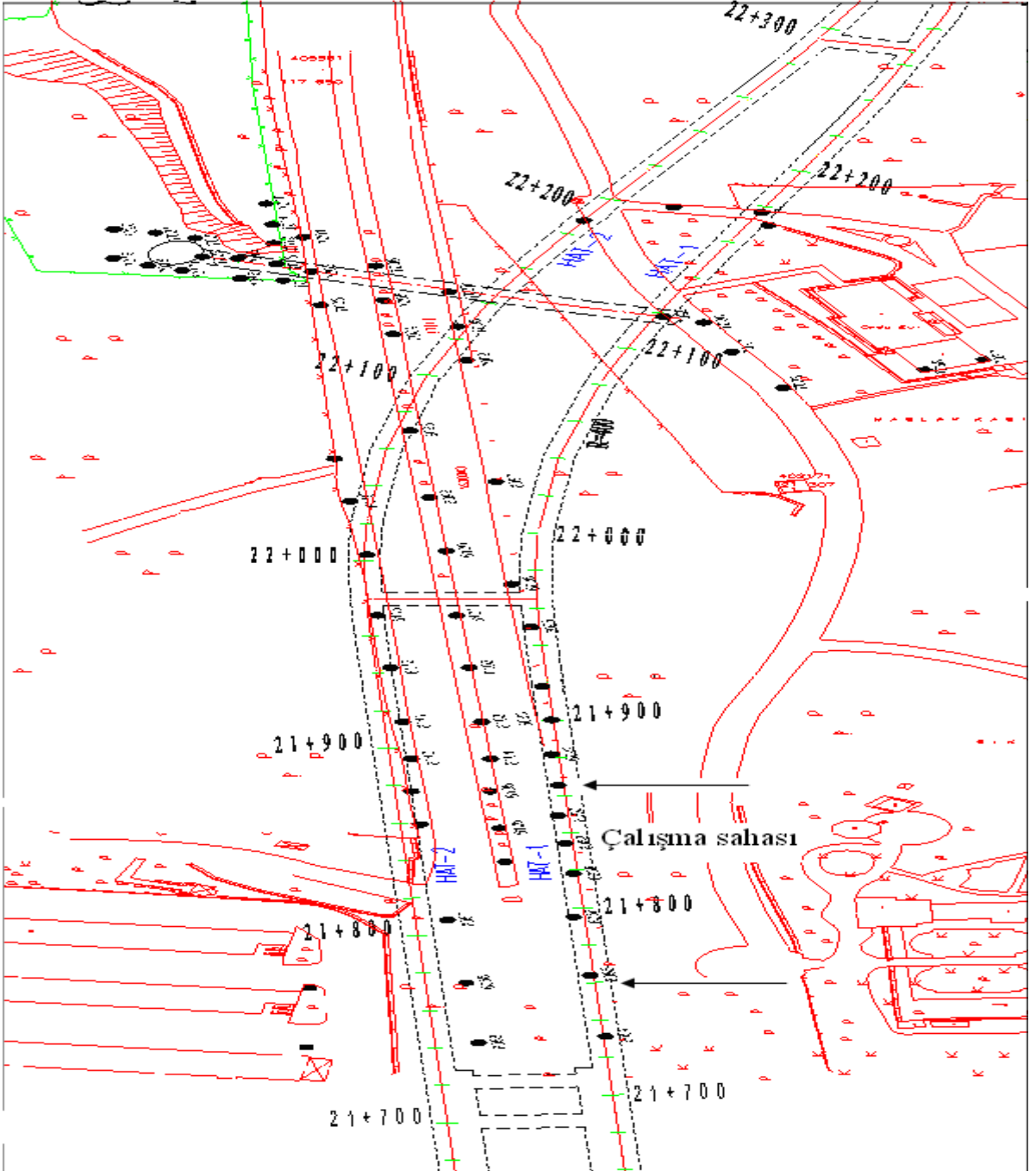
Kaya bulonlarında ki gerilmelerin değişikliklerini izlemek amacıyla kullanılmaktadırlar. Ana prensip, ankrajlardaki yük hücrelerindeki gibidir. Ancak kaya bulonlarına uygulanan ön germe kuvveti daha az olduğu için yük hücrelerinin boyutları daha küçüktür. Ölçme sıklıkları konverjans ölçmelerinde olduğu gibi ölçme yeri ile tünel aynası arasındaki mesafeye bakılarak ayarlanır.

4.6.3 Hidrolik Basınç Hücreleri Ölçmeleri

Püskürtme betonuna gelen radyal ve teğetsel gerilmeleri izlemek amacıyla yerleştirilmektedirler. Ölçüler ölçme yeri ile tünel aynası arasındaki mesafeye göre alınmaktadır (Arıoğlu, Ünlütepe, Arıoğlu, 1994).

5. 4. LEVENT-AYAZAĞA METRO İNŞATINDA DEFORMASYON ÖLÇMELERİ

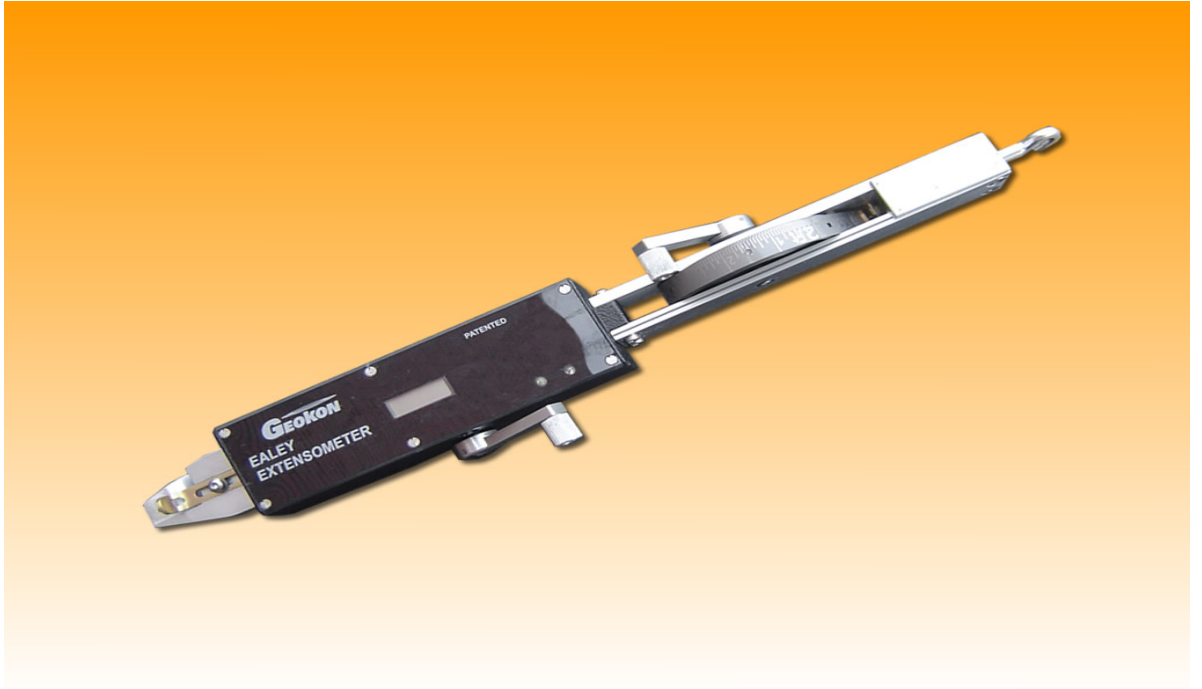
Çalışmanın bu kısmında; uygulama olarak 4725 m toplam hat uzunluğuna ve 6 istasyona sahip 4. Levent-Ayazağa metro projesi alanının 21+759.20 – 21+865.20 kilometreleri arasında (Şekil 5.1) hat1 ileri kazısındaki koverjans ve nivelman ölçmeleri kullanılarak tünel tavanındaki çökme ve yan duvarlardaki yatay değişme miktarının geometrik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.1 4. Levent-Ayazağa metro hattı çalışma sahası

5.1 Koverjans Ölçmelerine Ait Deformasyonlar

Tünel inşaatı esnasında tünel içerisinde oluşabilecek deformasyonların büyüklüklerinin belirlenmesi ve bu deformasyonların zamanla olan değişimlerinin izlenerek tünel inşaatının ilerlemesine yön vermek amacıyla toplam 5 tane koverjans bulonu tesis edilmektedir (Yaşar, 2006). Bu çalışmada tünel içerisindeki koverjans ölçmeleri Geokon marka şerit ekstensometre ile yapılmıştır (Şekil 5.2). Bu ekstensometre her 5 cm de bir delikleri olan 25 m boyunda bir şerit metre ve mm' nin %1 okuma hassasiyeti olan bir dijital ekrandan oluşur.



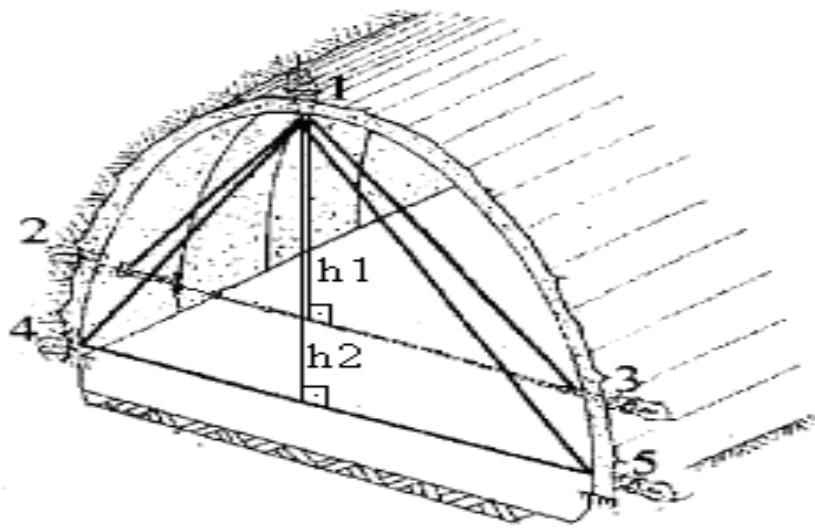
Şekil 5.2 Geokon marka şerit ekstensometre

Ölçme yapılırken ekstensometre iki nokta arasına 10 kg' lık bir kuvvetle gerilir ve şerit metredeki değer okunur, ardından dijital kısımdaki değer okunarak şeritten okunan değere eklenir. Elde edilen bu toplam değer iki nokta arasındaki yaklaşım veya uzaklaşma miktarıdır. Tünel içerisine tesis edilmiş 5 bulunun karşılıklı olanları arasına şerit ekstensometre gerilerek bulonlar arasındaki yaklaşımlar veya uzaklaşmalar projede öngörölmüş periyotta ölçülerek deformasyonlar bağıl olarak belirlenip koverjans ölçme kayıt karnelerine kaydedilmektedir (Atasoy, Öztürk, 2003).

ÖRNEK BİR KOVERJANS ÖLÇÜM KAYIT KARNESİ										AYNA'DA BULON MONTAJ PLANI			
TÜNEL İÇİ KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ GÜNLÜK RAPORU										1 2 3 4 5			
SAYFA NO : 1	AYNA KM : 21+867,60			ŞAFT - 7 HAT-1 İLERİ A TİPİ TÜNEL				KM : 21+831,60					
SAAT	TARİH	KONVERJANS OKUMALARI						DEFORMASYONLAR (mm)					
		1 - 2	1 - 3	1 - 4	1 - 5	2 - 3	4 - 5	1 - 2	1 - 3	1 - 4	1 - 5	2 - 3	4 - 5
9.30	İLK OKUMA	.37260	.10721	.73723	.58624	.22179	.30500	MONTAJ TARİHİ : 12.12.2007			İLK OKUMA TARİHİ : 13.12.2007		
9.30	14.12.2007	.37645	.14900	.73775	.58624	.23325	.30500	Kalibrasyon	Kalibrasyon	-0.52	0.00	Kalibrasyon	0.00
9.30	15.12.2007	.37064	.16077	.73290	.61723	.23107	.31020	5.81	Kalibrasyon	4.33	Kalibrasyon	Kalibrasyon	Kalibrasyon
9.30	17.12.2007	.37058	.15986	.73268	.61679	.23088	.30993	5.87	0.91	4.55	0.44	0.19	0.27
9.30	25.12.2007	.37019	.15874	.73258	.61655	.23049	.30984	6.26	2.03	4.65	0.68	0.58	0.36
9.30	26.12.2007	.36624	.15949	.72952	.61005	.21738	.29467	10.21	1.28	7.71	7.18	13.69	15.53
9.30	27.12.2007	.36611	.15944	.72943	.60987	.21724	.29451	10.34	1.33	7.80	7.36	13.83	15.69
9.30	28.12.2007	.36578	.15941	.72897	.60692	.21688	.29353	10.67	1.36	8.26	10.31	14.19	16.67
9.30	29.12.2007	.36606	.15910	.72936	.60640	.21721	.29322	10.39	1.67	7.87	10.83	13.86	16.98
9.30	30.12.2007	.36610	.15932	.72922	.60630	.21715	.29325	10.35	1.45	8.01	10.93	13.92	16.95
9.30	02.01.2008	.36686	.15930	.73013	.60630	.21822	.29325	9.59	1.47	7.10	10.93	12.85	16.95
9.30	03.01.2008	.36710	.15906	.73022	.60630	.21802	.29325	9.35	1.71	7.01	10.93	13.05	16.95
9.30	05.01.2008	.36582	.15886	.72887	.60630	.21669	.29325	10.63	1.91	8.36	10.93	14.38	16.95
9.30	06.01.2008	.36592	.15886	.72897	.60630	.21673	.29325	10.53	1.91	8.26	10.93	14.34	16.95
9.30	11.01.2008	.36592	.15734	.72897	.60630	.21664	.29183	10.53	3.43	8.26	10.93	14.43	18.37
9.30	15.02.2008	.36528	.15699	.72737	.60630	.21543	.29208	11.17	3.78	9.86	10.93	15.64	18.12
NOT		14.12.2007 2 VE 3 NO'LU KANÇALAR EĞİLMİŞ, DÜZELTİLDİ.											
		15.12.2007 3 VE 5 NO'LU KANÇALAR EĞİLMİŞ, DÜZELTİLDİ.											
								Kontrol Mühendisi			Kontrol Mühendisi		

Şekil 5.3 Koverjans ölçme kayıt karnesi

Koverjans ölçme kayıt karnesinden de anlaşılacağı gibi koverjans ölçmeleri 1-2, 1-3, 2-3, 1-4, 1-5, 4-5 bulonlarında karşılıklı olarak yapılmıştır. Karşılıklı olarak ölçme yapılan bu bulonlar bir kenar kabul edilerek her kesit için 123 ve 145 üçgeni olmak üzere iki tane üçgen modeli oluşturulmuştur (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Tünel kesitinde koverjans bulonlarıyla oluşturulmuş üçgenler

Oluşturulan üçgenlere ait yüksekliklerin hesabı, üçgen alanlarının hesabına ilişkin iki farklı bağıntının birbirine eşitlenmesiyle aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Şekil 5.4 deki 123 üçgeninin 1-2, 1-3 ve 2-3 kenarları sırasıyla x,y,z olarak tanımlanırsa üçgenin alanı Heron bağıntısına göre;

$$u = \frac{1}{2}(x + y + z)$$

olmak üzere

$$A = \sqrt{u * (u - x) * (u - y) * (u - z)} \quad (5.1)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Ayrıca 123 üçgeninin h_1 yüksekliğini de içeren diğer bir üçgen alan hesap bağıntısı

$$A = \frac{1}{2} a * h \quad (5.2)$$

dır. 123 üçgeninde $a = 23$ kenarı = z olarak alınır (5.2) eşitliğinin (5.1)'e eşitlenmesi ile

$$z * \frac{h}{2} = \sqrt{u * (u - x) * (u - y) * (u - z)} \quad (5.3)$$

olur ve buradan üçgenin yükseklik değeri

$$h = 2 * \frac{\sqrt{u * (u - x) * (u - y) * (u - z)}}{z} \quad (5.4)$$

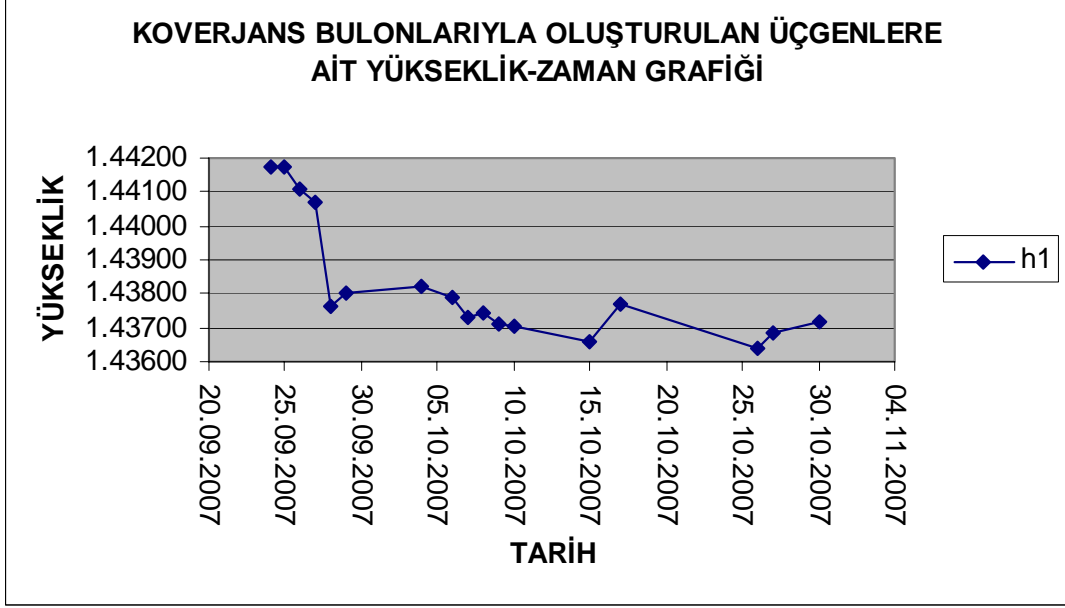
olarak bulunur.

21+759,60 kilometresindeki kesite ait üçgenlerin h_1 ve h_2 yükseklik değerleri yukarıdaki bağıntılarla hesaplanmıştır. Hesaplanan yükseklik değerleri ve bu değerlerinin ölçme periyodunda ki değişimleri tablo olarak çizelge 5.1 de verilmiş, grafik olarak ise çizelge 5.2 ve çizelge 5.3 de verilmiştir.

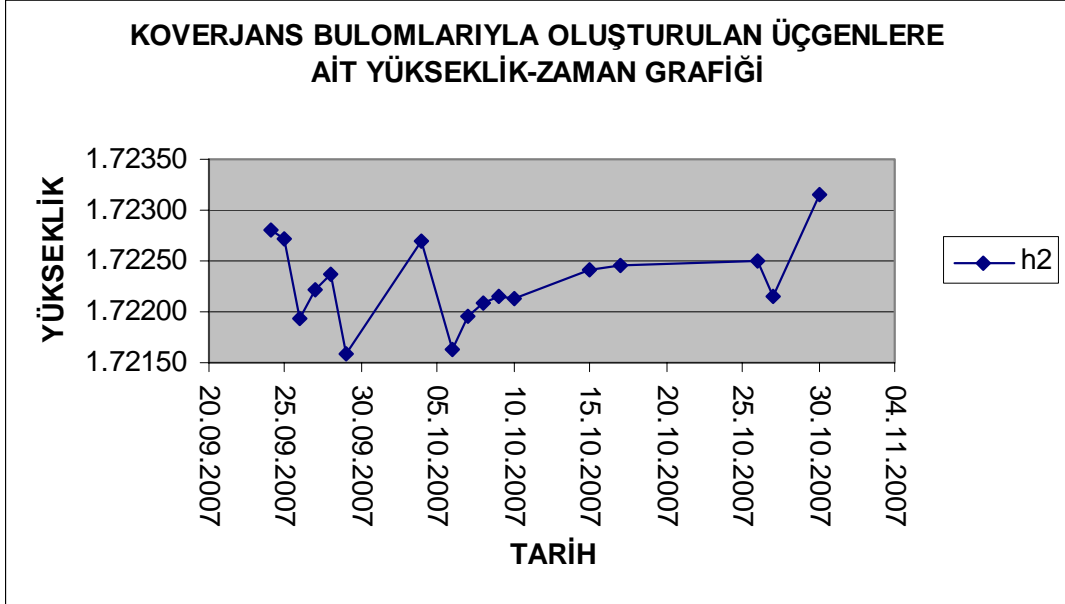
Çizelge 5.1 21+759.60 kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+759.60								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
Sıfır Ölçüsü	3.19633	2.88508	5.35175	1.44171	3.43511	3.15611	5.61627	1.72281
25.09.2007	3.19633	2.88510	5.35175	1.44173	3.43453	3.15678	5.61652	1.72271
26.09.2007	3.19633	2.88447	5.35175	1.44106	3.43451	3.15549	5.61591	1.72194
27.09.2007	3.19633	2.88416	5.35175	1.44073	3.43467	3.15562	5.61591	1.72222
28.09.2007	3.18953	2.88426	5.34757	1.43765	3.43466	3.15572	5.61583	1.72237
29.09.2007	3.18923	2.88462	5.34728	1.43800	3.43399	3.15574	5.61604	1.72159
04.10.2007	3.18890	2.88453	5.34658	1.43820	3.43500	3.15572	5.61581	1.72270
06.10.2007	3.18862	2.88441	5.34644	1.43792	3.43393	3.15570	5.61588	1.72162
07.10.2007	3.18865	2.88441	5.34712	1.43732	3.43428	3.15567	5.61584	1.72196
08.10.2007	3.18869	2.88451	5.34713	1.43746	3.43442	3.15567	5.61584	1.72209
09.10.2007	3.18869	2.88416	5.34713	1.43708	3.43442	3.15571	5.61582	1.72214
10.10.2007	3.18869	2.88411	5.34711	1.43705	3.43442	3.15569	5.61582	1.72212
15.10.2007	3.18869	2.88369	5.34711	1.43660	3.43440	3.15562	5.61536	1.72241
17.10.2007	3.18869	2.88558	5.34808	1.43772	3.43440	3.15675	5.61665	1.72246
26.10.2007	3.18869	2.88349	5.34708	1.43641	3.43440	3.15562	5.61524	1.72251
27.10.2007	3.18869	2.88370	5.34683	1.43687	3.43440	3.15546	5.61548	1.72216
30.10.2007	3.18869	2.88290	5.34560	1.43715	3.43440	3.15543	5.61423	1.72314

Çizelge 5.2 21+759.60 kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



Çizelge 5.3 21+759.60 kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



Tüm kesitlerdeki h_1 ve h_2 yükseklik değişmelerine ait değişim grafiklerinin yorumlanması için grafikte polinomal eğri kullanılması öngörülmüştür ve bu nedenle kullanılacak polinomal eğrinin derecesinin belirlenmesi gerekir.

5.2 Deformasyon Verilere Uyan Fonksiyonun Seçimi

Ölçmeler sonucunda elde edilen verilerin grafik ortamına aktarıldıktan sonra doğru yorumlanabilmesi için veri kümesine uygun bir fonksiyon belirlenerek grafikte kullanılması gerekir.

Çok değişkenli kesikli ödevlerde ölçü dizisine uyan fonksiyonu saptamak zordur. İki değişkenlilerde ise fonksiyon seçimi kolaydır. Ölçüler arasında ki matematiksel bağıntı biliniyorsa ilgili fonksiyon doğrudan yazılır. Örneğin, n sayıda noktası verilen bir doğrunun belirlenmesi ya da daire ve elips biçimindeki nesnelerin biçim ve büyüklüklerinin saptanması istenirse bunlara ilişkin bilinen bağıntılar kullanılır.

Ölçü değerleri arasında ki matematiksel ilişki bilinmiyorsa bu durumda verilerin çizgisel gösterimi yol gösterici olabilir. (x_i, y_i) ölçü çifti düzlem dik koordinat sisteminde bir nokta belirtir. Ölçülen tüm noktalar koordinat sisteminde işaretlendikten sonra noktalar arasından özenle bir eğri geçirilerek denklemi bilinen hangi standart eğri türünün seçilmesi gerektiği konusunda bir bilgi edinilebilir. Genellikle sonuç böyle çıkmaz. Uygun bağıntı üslü, trigonometrik vb. özellikte olabilir.

Noktalar arasından geçirilen eğri dalgalı bir yapıda ise uygun bağıntı olarak trigonometrik fonksiyonlar (örneğin, $\sin jx$ ya da $\cos jx$) seçilir. Çizilen yaklaşık eğri doğru ya da periyodik değilse uygun fonksiyon olarak genellikle x' in kuvvetlerine göre n . dereceden bir polinom öngörülür.

Kuşkulu durumlarda birim ağırlıklı ölçünün s_0 standart sapması seçilen fonksiyon için uygunluk ölçütü olarak kullanılır. Uygun görülen değişik fonksiyonların her biri için en küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapılır. En küçük s_0 değerli fonksiyon uygun dengeleyici fonksiyon olarak seçilir.

Nokta kümesi için x değişkenli bir polinom uygun görülümüşse başlangıçta polinomun derecesi olabildiğince küçük öngörülür ve buna göre dengeleme yapılır. s_0 sonsal standart sapması büyük bir değer çıkmışsa polinoma bir terim daha eklenerek derecesi artırılır. Yeniden dengeleme yapılarak genişletilen polinomun bilinmeyen katsayıları ve s_0 standart sapması hesaplanır. s_0 değeri öncekinden küçükse polinomun derecesi yeniden artırılır ve dengeleme yinelenir. s_0 değerinin yaklaşık değişmediği ve derece arttırıldığında büyümeye başladığı durumda en küçük dereceli polinom, nokta kümesine en iyi uyan dengeleyici polinomdur (Demirel, 2003).

x değişkenli bir polinomun standart sapmasının belirlenmesi için öncelikle polinoma ait ($y_i + v_i = A + Bx_i + Cx_i^2 \dots$) şeklinde düzeltme denklemleri yazılarak ölçülere getirilecek düzeltmelerin bulunması gerekir ($i = 1,2,\dots,n$ dir ve n ölçü sayısıdır). Düzeltmelerin bulunabilmesi için ise A, B, C, ... bilinmeyen katsayılar yani x katsayılar matrisi bulunmalıdır.

x katsayılar matrisi $x = Q_{xx}n$ bağıntısıyla hesaplanır ve $Q_{xx} = N^{-1}$ ($N = A^T A$), $n = A^T l$ dir. Bu durumda N ve n matrisleri belirlenmeli ve belirlenmesi için de A (katsayılar matrisi) ve l (ölçüler matrisi) matrisleri oluşturulmalıdır. A matrisi ölçülere ait P_i değerleri (ölçülerin ağırlığı) ve x_i değerleriyle, l matrisi ise y_i değerleriyle oluşturulur.

Polinoma ait katsayılar belirlendikten sonra polinomun standart sapması $s_0 = \sqrt{\frac{[vv]}{n-u}}$

bağıntısıyla hesaplanır (n ölçü sayısı u ise bilinmeyenler sayısıdır).

Projede ki veri kümelerine uyacak olan dengeleyici polinomun derecesinin belirlenmesi için 21+759.60 kesitindeki 123 üçgeninden elde edilen yükseklik verileri kullanılmış (Çizelge 5.1) ve 1.dereceden başlayarak 5.dereceye kadar olan polinomların dengeleme hesabı yapılarak s_0 standart sapmaları hesaplanmıştır. Derecelere göre dengeleyici polinom modelleri ve standart sapmaları aşağıda verilmiştir.

1. derece polinom $A + Bx$	$s_0 = 1.26$
2. derece polinom $A + Bx + Cx^2$	$s_0 = 0.87$
3. derece polinom $A + Bx + Cx^2 + Dx^3$	$s_0 = 0.79$
4. derece polinom $A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4$	$s_0 = 0.73$
5. derece polinom $A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 + Fx^5$	$s_0 = 2.38$

Yukarıdaki polinom modelleri ve standart sapmaları incelendiğinde 4. derece polinoma kadar polinom derecesi artıkça standart sapmanın küçüldüğü ve 4. dereceden 5. dereceye geçişte standart sapmanın yükseldiği görülmektedir. Bu nedenle veri kümesine en uygun olan dengeleyici polinomun 4. derece polinom olduğu belirlenmiştir. Bu polinoma ait dengeleme çözümleri aşağıda verilmiştir.

Yukarıda da görüldüğü gibi 4. derece polinom $A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4$ modelindedir. Fonksiyon doğrusal ve değerler küçük olduğundan A, B, C, D, E bilinmeyenleri için yaklaşık değer hesabı ve düzeltme denklemlerinin dönüştürülmesi zorunlu değildir. Ölçülerin

ağırlıkları eşit ve $P_i = 1$ dir. Çizelge 5.1 deki 123 üçgenine ait yükseklik verileri çizelge 5.2 de grafik olarak verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi dengelemede kullanılacak veri kümesini 123 üçgenine ait zaman ve yükseklik değerleri oluşturmaktadır.

Polinoma ait düzeltme denklemleri $y + v_i = A + Bx_i + Cx_i^2 + Dx_i^3 + Ex_i^4$ ($i = 1, 2, 3 \dots 17$) dir.

123 üçgenine ait zaman ve yükseklik verilerine göre 4. derece polinom için A (katsayılar matrisi) ve l (ölçüler matrisi) matrisi şöyle oluşturulur;

(Hesap kolaylığı sağlanması için ölçülerin tamamı mm ye çevrilmiş ve tamamından 1440 mm çıkarılmış ve bütün ölçülerin ağırlıkları eşit; $P_i = 1$ olarak alınmıştır.). Buna göre;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & 16 \\ 1 & 3 & 9 & 27 & 81 \\ 1 & 4 & 16 & 64 & 256 \\ 1 & 5 & 25 & 125 & 625 \\ 1 & 10 & 100 & 1000 & 10000 \\ 1 & 12 & 144 & 1728 & 20736 \\ 1 & 13 & 169 & 2197 & 28561 \\ 1 & 14 & 196 & 2744 & 38416 \\ 1 & 15 & 225 & 3375 & 50625 \\ 1 & 16 & 256 & 4096 & 65536 \\ 1 & 21 & 441 & 9261 & 194481 \\ 1 & 23 & 529 & 12167 & 279841 \\ 1 & 32 & 1024 & 32768 & 1048576 \\ 1 & 33 & 1089 & 35937 & 1185921 \\ 1 & 36 & 1296 & 46656 & 1679616 \end{bmatrix} \quad l = \begin{bmatrix} 1.71 \\ 1.73 \\ 1.06 \\ 0.73 \\ -2.35 \\ -2.00 \\ -1.80 \\ -2.08 \\ -2.68 \\ -2.54 \\ -2.92 \\ -2.95 \\ -3.40 \\ -2.28 \\ -3.59 \\ -3.13 \\ -2.85 \end{bmatrix}$$

$$N = A^T A = \begin{bmatrix} 17 & 240 & 5524 & 152154 & 4603288 \\ 240 & 5524 & 152154 & 4603288 & 146746770 \\ 5524 & 152154 & 4603288 & 146746770 & 4820324824 \\ 152154 & 4603288 & 146746770 & 4820324824 & 1.61202E+11 \\ 4603288 & 146746770 & 4820324824 & 1.61202E+11 & 5.45284E+12 \end{bmatrix} \quad n = A^T l = \begin{bmatrix} -29.34 \\ -662.33 \\ -16401.39 \\ -462878.3 \\ -14140680 \end{bmatrix}$$

$$Q_{xx} = N^{-1} = \begin{bmatrix} 0.566353 & -0.22649 & 0.023564 & -0.000897 & 1.12926E-05 \\ -0.22649 & 0.139194 & -0.016427 & 0.000666 & -8.7259E-06 \\ 0.023564 & -0.016427 & 0.002066 & -8.75E-05 & 1.18401E-06 \\ -0.000897 & 0.000666 & -8.75E-05 & 3.84E-06 & -5.34037E-08 \\ 1.13E-05 & -8.73E-06 & 1.18E-06 & -5.34E-08 & 7.57582E-10 \end{bmatrix} \quad x = Q_{xx} n = \begin{bmatrix} 2.24297 \\ -1.0683 \\ 0.0855 \\ -0.0029 \\ 3.5E-05 \end{bmatrix}$$

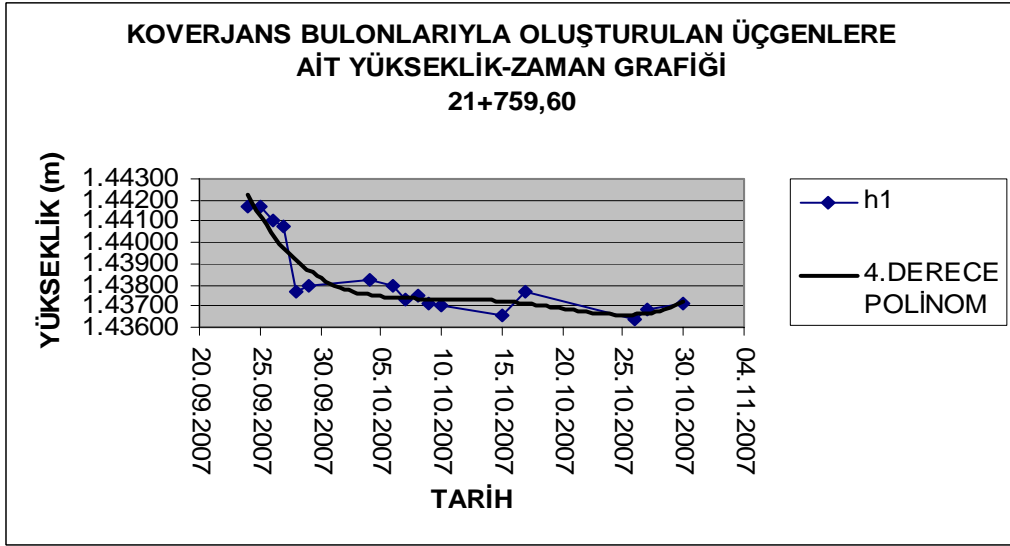
$$A = 2.24297, B = -1.0683, C = 0.0855, D = -0.0029, E = 3.5 \cdot 10^{-05}$$

$$V^T = [0.5 \quad -0.5 \quad -0.6 \quad -1.0 \quad 1.5 \quad 0.7 \quad -0.7 \quad -0.5 \quad 0.1 \quad -0.1 \quad 0.3 \quad 0.3 \quad 0.6 \quad -0.6 \quad 0.2 \quad -0.2 \quad 0.0]$$

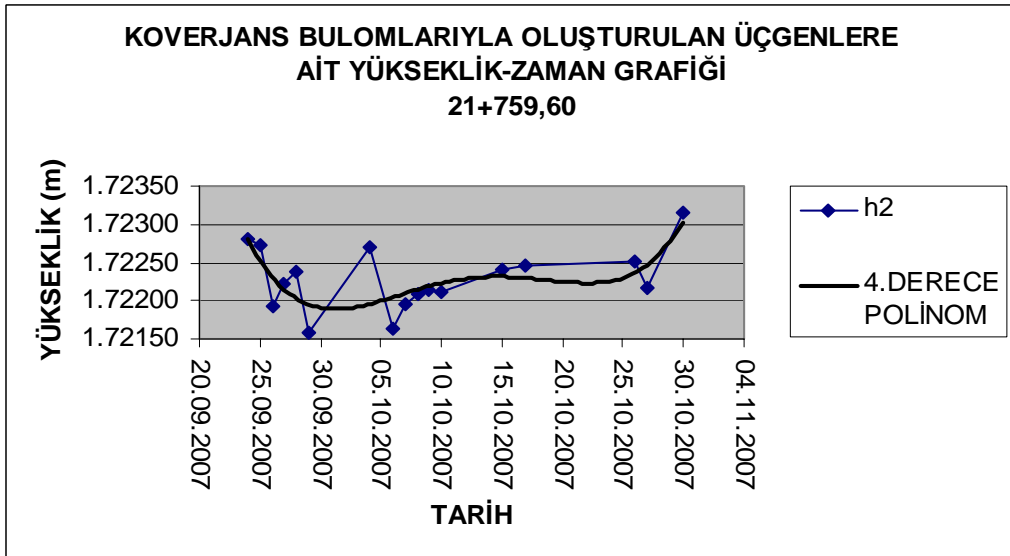
$$[vv] = 6.40, s_0 = \sqrt{\frac{[vv]}{n-u}} = 0.73 \text{ mm olarak bulunmuştur (n = 17, u = 5).}$$

Polinomun derecesi 4 olarak belirlenmiş ve 21+759.60 kesitindeki 123 ve 145 üçgenlerine ait yükseklik değişim grafikleri 4. derece polinom ile çizelge 5.4 ve çizelge 5.5 de verilmiştir. Tüm kesitlerde ki h_1 , h_2 yükseklikleri ile yüksekliklere ait grafikler ve tüm kesitler için dengeleme sonucunda belirlenen polinomun katsayıları ve standart sapmaları bu çalışmanın Ekler bölümünde verilmiştir. (Tüm ölçme kesitlerinde 4. derece polinom geçirilirken tutarsız olan ölçmeler çıkarılmış ve grafikler çizilmiştir.)

Çizelge 5.4 21+759.60 kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği

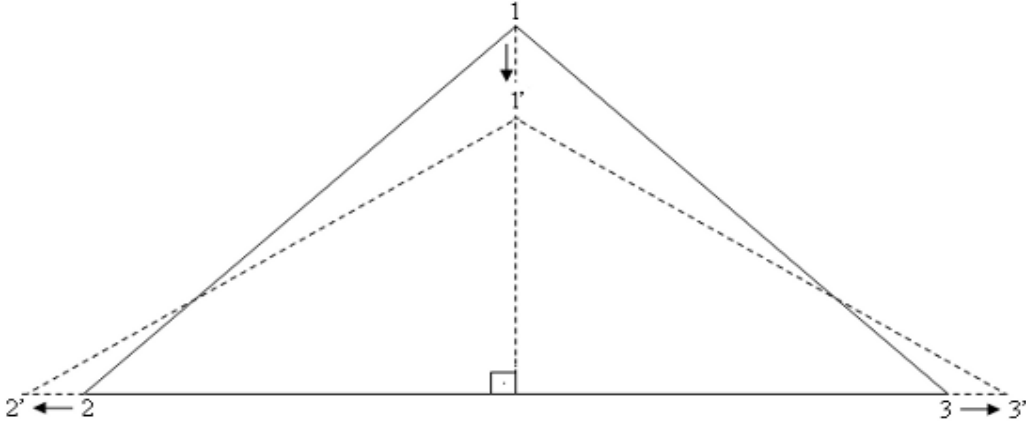


Çizelge 5.5 21+759.60 kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



5.3 Koverjans Ölçmelerinden Düşey ve Yatay Deformasyonların Belirlenmesi

Koverjans bulonlarının periyodik ölçmeleri sonucunda her bir bulonda ki toplam deformasyonun belirlenebilmesi için son günkü ölçme değeri ile ilk günkü ölçme değeri arasındaki farkın alınması gerekir. Tünel ekseninde deformasyon olmayacağı öngörüsü çerçevesinde ilk günkü ölçmelerden elde edilen üçgen ile aynı bulonlara ait son günkü ölçmelerden elde edilen üçgenin yatay kenar ve yükseklikleri üst üste çakıştırılırsa tünel tavanındaki çökme miktarı ve buna bağlı olarak da yan duvarlardaki yatay deformasyonlar belirlenebilir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Düşey ve yatay deformasyonların belirlenmesi

Şekil 5.5 deki;

123 üçgeni Koverjans bulonlarının tesis edildiği ilk günkü ölçmelerinden elde edilen verilerden oluşturulmuştur.

1'2'3' üçgeni Koverjans bulonlarının son günkü ölçmelerinden elde edilen verilerden oluşturulmuştur.

Tüm kesitlere ait 123 ve 145 üçgenlerinin ilk günkü ve son günkü ölçmelerinden elde edilen üçgenler oluşturulmuş ve şekil 5.5' e göre çakıştırılarak her bulonun ölçme süresinde ki deformasyon miktarı hesaplanıp sonuçlar çizelge 5.6' da verilmiştir.

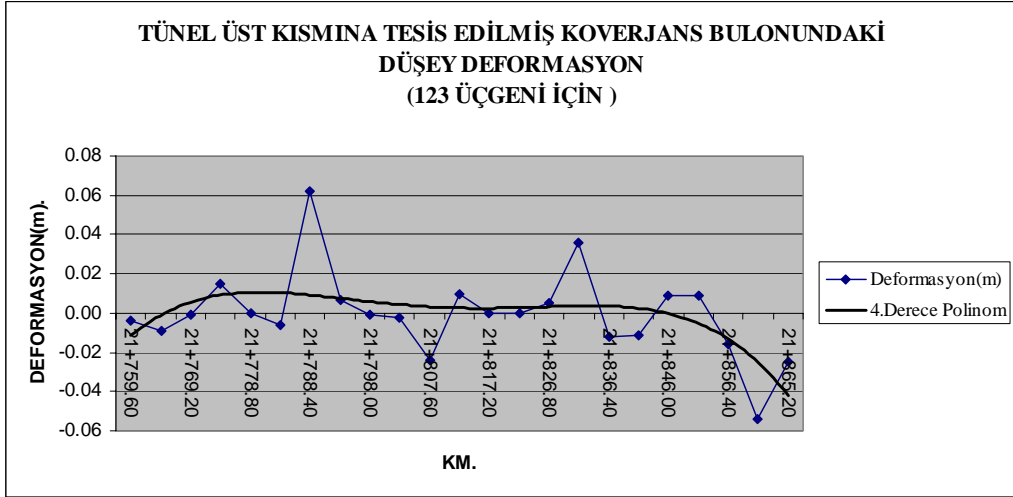
21+788.80,21+817.20,21+822.00 kesitlerinde toplam deformasyonların yapılan hesaplamalar sonucunda çok yüksek değerler olarak gerçekleştiği görülmüştür. Yapılan incelemeler neticesinde bu kesitlerde ki bulonların kırıldığı ve yeniden tesis edilerek ölçmelere devam edildiği anlaşılmıştır. Bu nedenle kesitlerde ki deformasyonlar sıfır olarak alınıp genel sistem üzerinde etkisiz hale getirilmesi uygun görülmüştür.

Çizelge 5.6 Tüm bulonlardaki toplam deformasyon miktarı

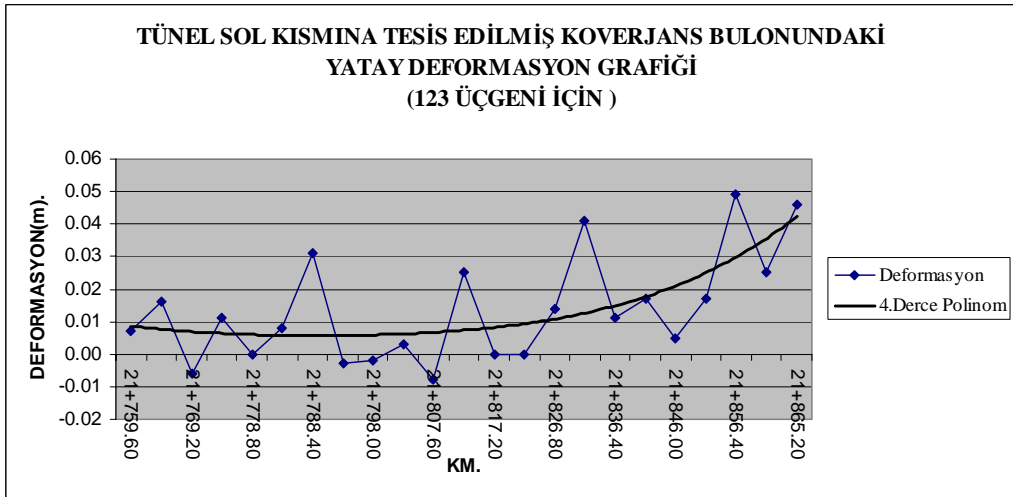
KM	123 ÜÇGENİ			145 ÜÇGENİ		
	2-2' (m)	3-3' (m)	h-h' (m)	2-2' (m)	3-3' (m)	h-h' (m)
21+759.60	0.007	0.006	-0.004	0.001	-0.001	0
21+765.20	0.016	0.014	-0.009	0.023	0.02	-0.012
21+769.20	-0.006	-0.015	-0.001	0.003	-0.008	-0.001
21+774.00	0.011	0.004	0.015	0.023	0.02	0.026
21+778.80	0	0	0	0	0	0
21+783.60	0.008	0.004	-0.006	0.008	0.005	-0.008
21+788.40	0.031	0.024	0.062	0.025	0.034	0.081
21+793.20	-0.003	-0.002	0.007	0.001	-0.007	0
21+798.00	-0.002	-0.007	-0.001	0.001	-0.007	-0.004
21+802.80	0.003	-0.004	-0.002	-0.012	0.012	-0.02
21+807.60	-0.008	-0.021	-0.024	-0.001	0.012	-0.017
21+812.40	0.025	0.019	0.01	0.022	0.028	-0.006
21+817.20	0	0	0	0	0	0
21+822.00	0	0	0	0	0	0
21+826.80	0.014	0.008	0.005	0.001	0	0.001
21+831.60	0.041	0.034	0.036	0.028	0.015	0.013
21+836.40	0.011	0.01	-0.012	-0.024	-0.02	0.003
21+841.20	0.017	-0.014	-0.011	-0.07	-0.095	-0.079
21+846.00	0.005	-0.029	0.009	0.043	0.015	-0.032
21+850.80	0.017	-0.02	0.009	-0.004	-0.045	-0.03
21+856.40	0.049	-0.051	-0.016	0.057	-0.021	-0.005
21+860.40	0.025	-0.036	-0.054	0.044	-0.072	-0.018
21+865.20	0.046	-0.045	-0.025	0.042	-0.049	-0.019

Her koverjans bulonu için hesaplanmış bu deformasyonların çalışma hattı boyunca etkisi 123 ve 145 üçgenleri için ayrı ayrı belirlenmiş ve karşılaştırmak üzere çizelge 5.7 ile çizelge 5.12 arasında grafiksel olarak verilmiştir.

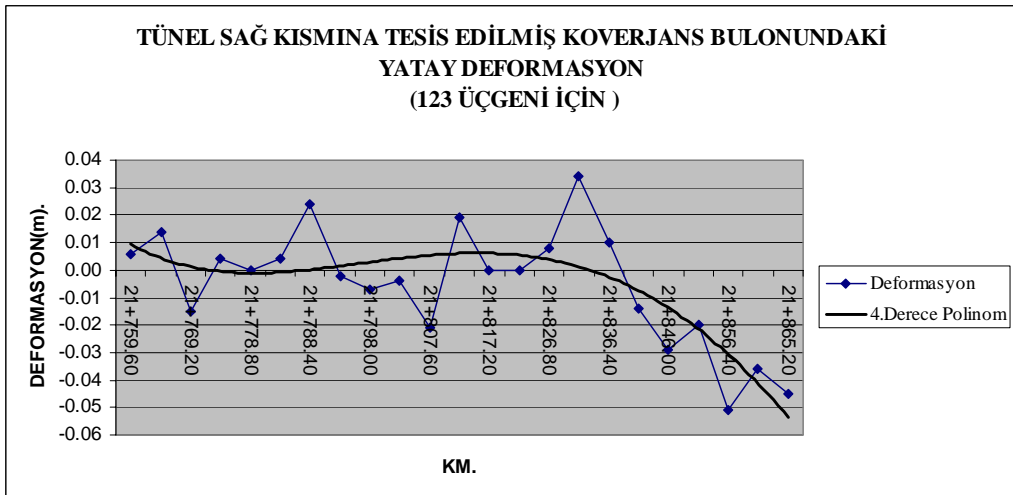
Çizelge 5.7 123 üçgeni için düşey deformasyon



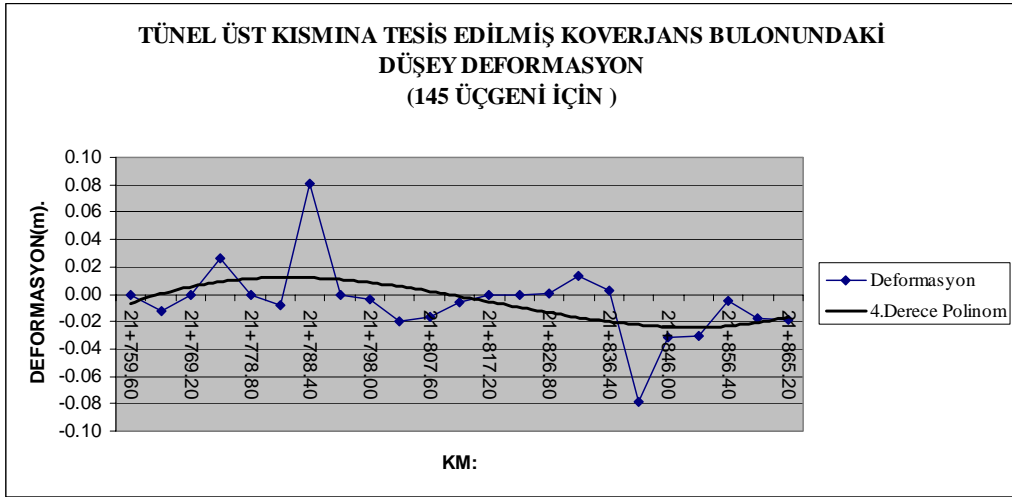
Çizelge 5.8 123 üçgeni için yatay deformasyon (sol duvar)



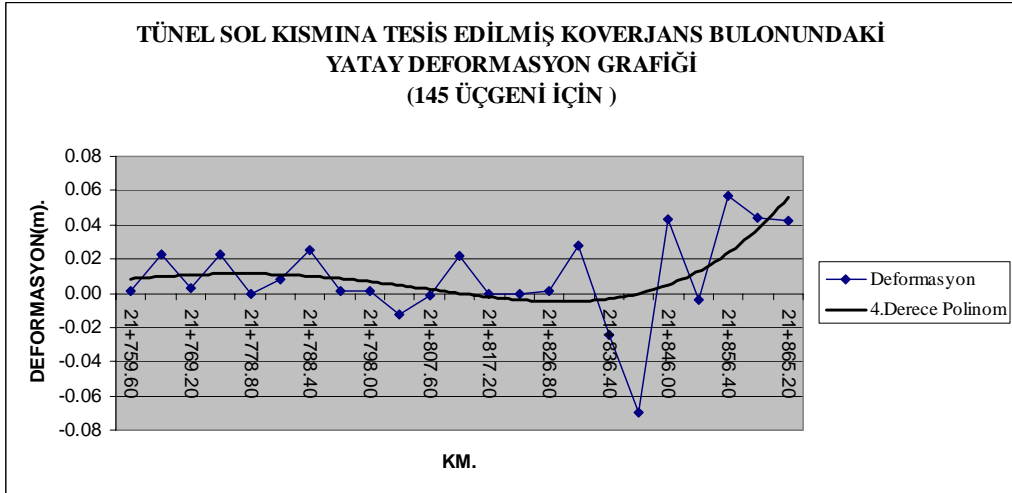
Çizelge 5.9 123 üçgeni için yatay deformasyon (sağ duvar)



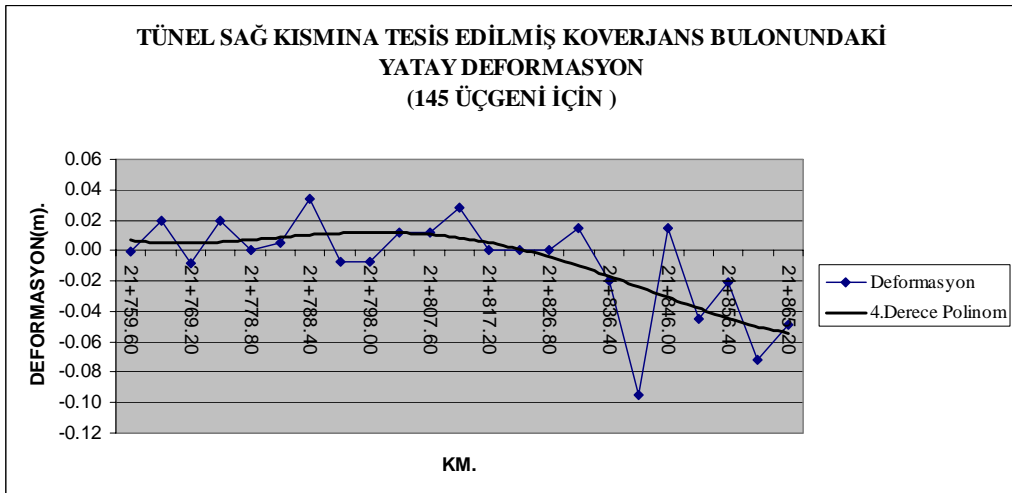
Çizelge 5.10 145 üçgeni için düşey deformasyon



Çizelge 5.11 145 üçgeni için yatay deformasyon (sol duvar)



Çizelge 5.12 145 üçgeni için yatay deformasyon (sağ duvar)



5.4 Koverjans Ölçmelerinden Tünel Kesitindeki Deformasyonların Alan Farkları Yöntemiyle Belirlenmesi

Koverjans ölçmeleri sonucunda tünel kesitinde koverjans ve diverjans olmak üzere iki farklı yönde deformasyon meydana gelebilir. Bunlar;

- **Koverjans (Kov.)** : Tünel kesitindeki şekil bozukluğu tünel içine doğrudur ve tünel kesitinde daralma meydana gelir.
- **Diverjans (Div.)** : Tünel kesitindeki şekil bozukluğu tünel dışına doğrudur ve tünel kesitinde genişleme meydana gelir.

şeklinde tanımlanmaktadır.

Şerit ekstensometre ile koverjans ölçmeleri bağıl bir yöntem olduğundan tünel kesitindeki daralma veya genişlemenin yönü kestirilemez. Tünel kesitindeki hareketin yönü ve miktarı koverjans bulonlarında yapılacak 3D ölçmeleriyle kesin olarak belirlenebilir.

Çizelge 5.13 Tünel kesitindeki deformasyonlar

KM.	A ₁₂₃	A _{1'2'3'}	A ₁₄₅	A _{1'4'5'}	123	145	123	145	t ₁₂₃	t ₁₄₅	Def. Tipi
					d _A	d _A	d _A ²	d _A ²	d _A / s _m	d _A / s _m	
21+759.60	3.8578	3.8412	4.8379	4.8371	0.0166	0.0008	0.0003	0.0000	0.3463	0.0127	Div.
21+765.20	6.4912	6.4614	10.1214	10.0778	0.0298	0.0436	0.0009	0.0019	0.6215	0.6684	Div.
21+769.20	3.9335	3.9239	7.8523	7.8341	0.0096	0.0182	0.0001	0.0003	0.1995	0.2790	Div.
21+774.00	6.0015	6.0396	9.5224	9.6004	-0.0381	-0.0780	0.0015	0.0061	-0.7945	-1.1944	Kov.
21+778.80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
21+783.60	6.5451	6.5239	9.9089	9.8784	0.0212	0.0305	0.0004	0.0009	0.4417	0.4667	Div.
21+788.40	5.6504	5.8299	9.5825	9.8575	-0.1796	-0.2750	0.0322	0.0756	-3.7406	-4.2114	Kov.
21+793.20	6.1404	6.1648	9.3213	9.3097	-0.0245	0.0116	0.0006	0.0001	-0.5101	0.1778	Div.
21+798.00	5.2569	5.2500	8.7599	8.7386	0.0069	0.0213	0.0000	0.0005	0.1446	0.3265	Div.
21+802.80	6.5167	6.5027	9.6693	9.6424	0.0140	0.0269	0.0002	0.0007	0.2912	0.4117	Div.
21+807.60	7.0587	6.9702	9.7230	9.6890	0.0885	0.0340	0.0078	0.0012	1.8439	0.5207	Div.
21+812.40	6.4577	6.4813	9.0682	9.0563	-0.0236	0.0119	0.0006	0.0001	-0.4917	0.1818	Div.
21+817.20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
21+822.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
21+826.80	5.0950	5.1037	8.6546	8.6591	-0.0087	-0.0045	0.0001	0.0000	-0.1818	-0.0682	Kov.
21+831.60	8.9538	9.0550	10.8231	10.8424	-0.1013	-0.0193	0.0103	0.0004	-2.1097	-0.2954	Kov.
21+836.40	9.4140	9.3745	11.3683	11.3864	0.0395	-0.0182	0.0016	0.0003	0.8231	-0.2780	Kov.
21+841.20	8.8600	8.7777	10.6177	10.3244	0.0823	0.2933	0.0068	0.0861	1.7140	4.4923	Div.
21+846.00	8.7760	8.7559	10.3957	10.2469	0.0201	0.1488	0.0004	0.0222	0.4188	2.2794	Div.
21+850.80	8.6074	8.5806	10.4890	10.3264	0.0267	0.1626	0.0007	0.0265	0.5571	2.4906	Div.
21+856.40	9.2074	9.0092	10.4562	10.3119	0.1982	0.1443	0.0393	0.0208	4.1294	2.2092	Div.
21+860.40	4.9255	4.7220	10.1243	9.8838	0.2035	0.2404	0.0414	0.0578	4.2390	3.6817	Div.
21+865.20	8.1934	7.9943	9.7350	9.5356	0.1991	0.1994	0.0396	0.0397	4.1479	3.0530	Div.
Toplam					0.5803	0.9928	0.1847	0.3412			
Alanlar farkına ait standart sapma (m²)							0.0679	0.0924			

Çalışmanın bu kısmında tünel kesitindeki hareketin yönünün ve miktarının 3D yöntemi kullanılmadan koverjans ölçüleri kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Koverjans bulonlarıyla oluşturulan 123 ve 145 üçgenlerinin alanları ilk günkü ölçmeler ve son günkü ölçmelerden elde edilen kenar verileri kullanılarak her kesit için hesaplanmış ve aralarındaki farklar belirlenerek çizelge 5.13' de verilmiştir. (21+788.80,21+817.20,21+822.00 kesitleri bölüm 5.3 de belirtilen nedenden dolayı sisteme dâhil edilmemiştir). Üçgen alanlarının standart sapmasının hesabı alan farklarından yararlanılarak belirlenmiştir. Çizelge 5.13' deki verilere göre her bir kesitteki bir üçgen alanı için standart sapma değeri;

$$123 \text{ üçgeni için } s_m = \frac{0.0633657}{\sqrt{2}} = 0.0480 \text{ m}^2$$

$$145 \text{ üçgeni için } s_m = \frac{0.0923580}{\sqrt{2}} = 0.0653 \text{ m}^2$$

olarak belirlenmiştir. Her bir kesitteki üçgen alan farkları (123 ve 145 üçgenleri için) standart sapma değerlerine bölünerek normlandırılmıştır. Normlandırılan bu değerler t-dağılımı tablosundan $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ve $f=40$ serbestlik derecesi ile belirlenen 2.02 değeri ile karşılaştırılarak ilgili kesitteki her bir üçgende anlamlı bir değişim olup olmadığı irdelenmiştir. İlgili kesitlerdeki t-dağılımı sınır değerinden küçük kalan normlandırılmış farka sahip üçgenlerde ölçü doğruluğu içerisinde istatistiksel olarak deformasyon olmadığı, büyük olan üçgenlerde ise deformasyon olduğu sonucuna varılmıştır.

Üçgen alanları arasındaki farkın işareti tünel kesitindeki deformasyonun yönünü vermektedir. Yani aynı kesitteki 123 ve 145 üçgenlerindeki alan farkı (-) olan kesitlerde koverjans tip deformasyon, (+) olan kesitlerde ise diverjans tipi deformasyon meydana gelmiştir. Aynı kesitteki 123 ve 145 üçgenlerindeki alanlar farkının işaretlerinin farklı olması durumunda 145 üçgeni tünel kesitinde 123 üçgeninden daha fazla alan kapladığından 145 üçgenin işareti esas alınarak deformasyonun yönü dolayısıyla tipi belirlenmiştir.

İstatistiksel anlamda deformasyona uğramadığı yargısına varılan kesitlerde de alan farklarının işaretine bakılarak değişimin yönü hakkında bir bilgiye ulaşılması amaçlanmıştır. Bütün sonuçlar Çizelge 5.13'te bir arada verilmiştir.

5.5 Nivelman Ölçmelerine Ait Deformasyonların Belirlenmesi

4. Levent - Ayazağa metro hattında güzergah boyunca tünelin açılmasına paralel olarak

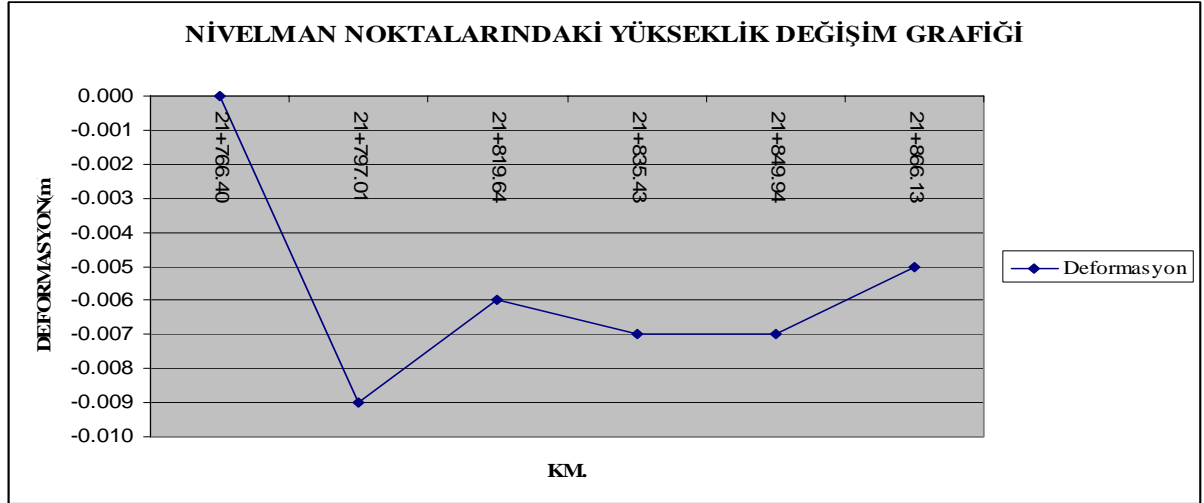
yüzeydeki değişmeleri izlemek amacıyla nivelman noktaları tesis edilmiştir. Tesis edilen bu noktalar belirli periyotlarda ölçülerek yüzeydeki çökme miktarı belirlenmiştir (Çizelge 5.14).

Çizelge 5.14 Nivelman noktalarındaki toplam deformasyonlar

NN.	KM.	GÜN	İLK ÖLÇME (m)	SON ÖLÇME (m)	Σ DEFORMASYON(m)
6055	21+766.40	62	126.954	126.954	0.000
6056	21+797.01	147	126.923	126.914	-0.009
6088	21+819.64	62	126.796	126.790	-0.006
6089	21+835.43	62	126.737	126.730	-0.007
6090	21+849.94	62	126.664	126.657	-0.007
6091	21+866.13	62	126.498	126.493	-0.005

NOT: 6054 ve 6055 Nolu noktalar toplam 147 gün ölçülmüş fakat 85.gün tahrip olup tekrar tesis edildiğinden 85.günde yapılan okuma ilk okuma olarak alınmıştır.

Çizelge 5.15 Nivelman noktalarındaki toplam yükseklik değişimi



Bu çalışmada tünel kazısı esnasında yüzeydeki çökme miktarı ve aynı bölgeye ait koverjans bulonlarından elde edilen tavan çökme miktarı arasındaki ilişkiyi görebilmek ve sağlıklı yorumlayabilmek için her koverjans kesitinin bulunduğu kilometrede yüzeyde bir nivelman noktası olması gerekir.

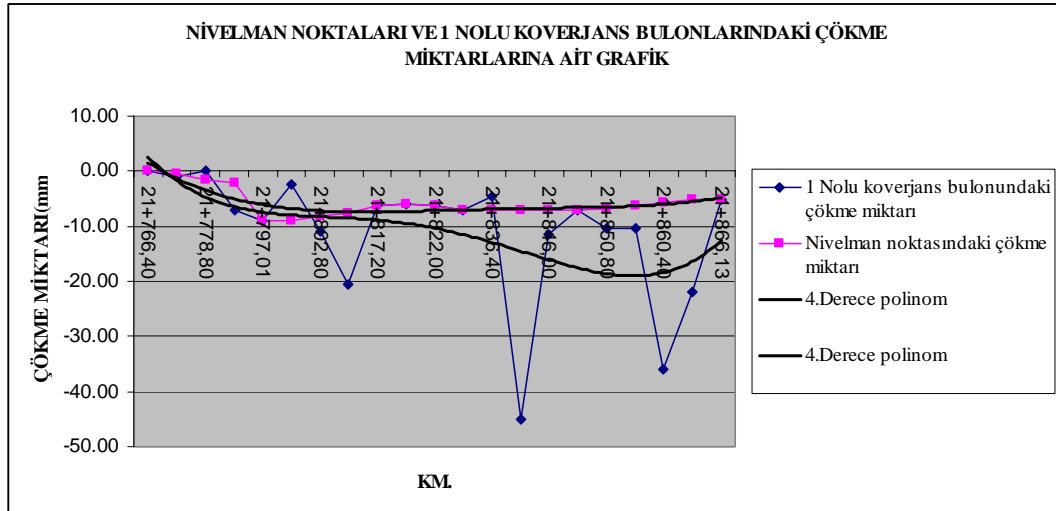
Bu gereklilik doğrultusunda çalışma alanındaki ilk nivelman noktası ve son nivelman noktası arasındaki tavanında çökme olan koverjans kesitlerinin yüzeydeki çökme miktarları mevcut nivelman noktaları kullanılarak enterpole ile hesaplanmıştır. Tavanda çökme olmayan kesitlerde ise yüzeydeki çökme miktarı tavan çökme miktarı olarak alınıp çizelge 5.16' da

koyu renkle gösterilmiştir. Yüzeydeki ve tavanındaki çökme arasındaki ilişki çizelge 5.16 ile çizelge 5.17' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.16 Kesitlerin yüzey ve tavanındaki çökme miktarları

KM	123	145	Ortalama (mm)	Nivelman Nok.(mm)
	h-h' (mm)	h-h' (mm)		
21+766.40	0.00	0.00	0.00	0.00
21+769.20	-1.00	-1.00	-1.00	-0.36
21+778.80	0.00	0.00	-1.61	-1.61
21+783.60	-6.00	-8.00	-7.00	-2.24
21+797.01	0.00	0.00	-9.00	-9.00
21+798.00	-1.00	-4.00	-2.50	-8.87
21+802.80	-2.00	-20.00	-11.00	-8.25
21+807.60	-24.00	-17.00	-20.5	-7.62
21+817.20	0.00	0.00	-6.38	-6.38
21+819.64	0.00	0.00	-6.00	-6.00
21+822.00	0.00	0.00	-6.14	-6.14
21+835.43	0.00	0.00	-7.00	-7.00
21+836.40	-12.00	3.00	-4.50	-7.00
21+841.20	-11.00	-79.00	-45.00	-7.00
21+846.00	9.00	-32.00	-11.5	-7.00
21+849.94	0.00	0.00	-7.00	-7.00
21+850.80	9.00	-30.00	-10.5	-6.90
21+856.40	-16.00	-5.00	-10.5	-6.22
21+860.40	-54.00	-18.00	-36.00	-5.74
21+865.20	-25.00	-19.00	-22.00	-5.17
21+866.13	0.00	0.00	-5.00	-5.00

Çizelge 5.17 Nivelman noktaları ve 1 nolu koverjans bulonlarındaki çökme miktarları



6. SONUÇ

Bu çalışmada 4.Levent - Ayazağa metro inşaatının belirli bir bölümünde yapılmış olan (21+759.60 kilometresi ile 21+865.20 kilometresi arasında) nivelman ve koverjans ölçmelerinden faydalanılmıştır. Yüzeydeki çökme miktarı ile tünel içerisinde tavanda meydana gelen çökme miktarları belirlenerek ne derece örtüşüp örtüşmedikleri belirlenmiş ve tünel içerisindeki düşey değişimlerin yataydaki (tünel yan duvarlarına) etkileri belirlenmiştir.

Bu doğrultuda tünel içerisinde tavanda meydana gelecek çökme miktarlarının belirlenmesi için her kesitte koverjans bulonlarıyla 123 ve 145 üçgenleri olmak üzere iki üçgen oluşturulmuş ve bu üçgenlerin yükseklikleri hesaplanmıştır. Bu durumda her bir koverjans kesiti için iki farklı yükseklik elde edilmiş ve bu yüksekliklerin zamanla olan değişimleri incelenerek 123 ve 145 üçgenlerindeki düşey hareketlerin miktarları bulunarak ortalaması alınmak suretiyle koverjans kesitinde tavanda meydana gelen çökme miktarı belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda bağıl ölçme sistemi (ekstensometre ile koverjans bulonu ölçmeleri) verileri kullanılarak çalışma hattı boyunca meydana gelen tünel tavanındaki ortalama çökme miktarının 10.96 mm ve yüzeyde yapılan jeodezik ölçmelerle (nivelman ölçmeleri) hesaplanan ortalama yüzey çökme miktarının ise 5.74 mm olduğu görülmüştür.

Yüzeydeki ve tünel tavanındaki çökmenin tünel yan duvarlarına etkisinin belirlenmesi kazının ilerlemesi ile düşey ve yatay hareket arasındaki ilişkinin ortaya konulması açısından son derece önemlidir. Çalışma hattında yukarıda belirtilen düşey hareketin tünel yan duvarlarına etkisi sol duvarda +11 mm olurken sağ duvarda -6 mm dir.

Tüm çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerin zamanla ve birbirleriyle olan ilişkilerinin doğru yorumlanabilmesi için veriler grafiksel olarak gösterilmiş ve verilere uygun dengeleyici polinomun derecesinin dengeleme hesabı yapılarak 4. derece olması gerektiği belirlenmiş ve tüm grafiklerde verilerin yorumlanması amacıyla kullanılmıştır.

Hat boyunca yüzeydeki düşey hareketin yönüyle tünel tavanındaki hareketin yönünün aynı olduğu belirlenmiş ve düşeydeki çökme miktarının artmasıyla tünel yan duvarlarının açıldığı yani tünel kesitinin genişlediği tespit edilerek aralarındaki ilişki (çizelge 5.7 ile çizelge 5.12 arasında) grafiksel olarak verilmiştir.

Uygulamada tünel kazısı esnasında tünel kesitinde meydana gelen deformasyonun diverjans mı yoksa koverjans mı olduğu sorusunun yanıtı şerit ekstensometre ile yapılan koverjans ölçmelerinden belirlenememektedir. Bu çalışmada şerit ekstensometre ile yapılan koverjans

ölçmeleri ile elde edilen veriler kullanılarak deformasyonun yönünün belirlenmesi için yeni bir yaklaşım geliştirilmiş ve her kesit için koverjans ölçmelerinden oluşturulan üçgenlerin alanlarındaki değişimlerden faydalanılmıştır. Her kesitteki 123 ve 145 üçgenlerine ait ilk gün ve son gün yapılan koverjans ölçmelerindeki kenar uzunluklarıyla üçgenlerin alanları hesaplanmış ve aynı kesitteki $A_{123} - A_{1'2'3'}$ ve $A_{145} - A_{1'4'5'}$ üçgen alan farkları belirlenmiştir. Alan farklarının işaretine göre tünel kesitindeki deformasyonların yönlerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Çalışma bölgesindeki tünel hattı boyunca belirlenen düşey ve yatay deformasyon yönleri ile kesitlerdeki alan farklarından belirlenen deformasyonların yönlerinin örtüştüğü görülmüştür.

Sonuç olarak; tünel projelerinde yapılan çalışmalar büyük riskler taşımakta olup, fark edilemeyen en ufak bir hata felaketlere veya çok büyük maddi kayıplara sebep olmaktadır. Böylesi önemli uygulamalarda bağıl bir yöntemle elde edilen sonuçları başka bir yolla denetlemeden kesin bir yargıya varmak doğru değildir. Bu nedenle bağıl fiziksel ölçme yöntemleri ve donanımlarının yanında mutlak sonuç veren jeodezik yöntemlerden de faydalanılmalıdır. Bunun içinde harita mühendisliği disiplini ilgili diğer disiplinler olan jeoloji mühendisliği, maden mühendisliği ve inşaat mühendisliği disiplinleri ortak çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Arioğlu B.,Yüksel A.,Ünlütepe A.ve Arioğlu E.,(1994) ''İncirli - M.İnönü Tünelinde Uygulanan Geoteknik Ölçümler ve Değerlendirmesi'' Ulaşımında Yer altı kazıları 1.Sempozyumu, İstanbul.
- Atasoy V., Öztürk E., (2003), ''Jeodezik Deformasyon Ölçmeleri Ve Sonuçların Yorumu'' Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul
- Çelimli H., Irak S.A., Özer H., Şallı R., Uçar B., (2008)''Tüneller, Tünel Açım Teknikleri, Tünel Açımında Kullanılan Makineler, Kullanıldığı Yerler...''Dönem Ödevi,Çukurova Ün.v., Adana
- Çınar M.ve Feridunoğlu C.,(1994) ''Tünel Açma Makineleri'' Ulaşımında Yer altı kazıları 1.Sempozyumu, İstanbul.
- Demirel H.,(2003)''Dengeleme Hesabı ''Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi,İstanbul.
- Hoşbaş, R.G., (1992) ''Baraj Deformasyonlarının belirlenmesinde Jeodezik Yaklaşımların İrdelenmesi ve Bir Öneri Doktora Tezi'', İstanbul.
- Hoşbaş, R.G., (2004) ''Barajlarda Deformasyon Ölçmeleri Lisans Ders Notları'', İstanbul.
- Kalkan Y., Alkan R. M., Yanalak M.,(2005)''Ulaştırma Yapılarına İlişkin Mühendislik Projelerinde Yatay - Düşey Kontrol Ağlarının Oluşturulması:Üsküdar-Ümraniye II. Etap Hafif Metro Projesi Örneği'' TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
- Köksal M. D.,(1994)''İstanbul Metro İnşaatı 4. Levent - Şişli Güzergahında Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Ölçüm Çalışmaları'' Ulaşımında Yer altı kazıları 1.Sempozyumu, İstanbul.
- Özdağ S.,(1995)''Metrolarda deformasyon Ölçmeleri'' Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.
- Özhan N.,(1994)''Deformasyonların Belirlenmesinde Kullanılan Jeodezik Ölçü Yöntemleri Bunların İrdelenmesi ve Öneriler İstanbul Metrosu'' Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.
- Ünlütepe A.,(2003)''Tünel İnşaatı Sırasında Uygulanan Ölçme Yöntemleri ve Bu Yöntemlerin Değişik Tünel Metotları İçin Karşılaştırması''Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu,İstanbul.
- Ünlütepe A.,(2005)''Marmaray BC1 Projesi ve Ölçme Çalışmaları'' 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu,İstanbul.
- Ünlütepe A., Messing M., (2005)''Tünel Ölçme Uygulamalarında Son Yenilikler''2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu,İstanbul.
- Yalçınkaya M. ve Satır B.,(2005)''Tünellerde Oluşan Hareketlerin Farklı Ölçü Yöntemleri ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Belirlenmesi''2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul
- Yaşar E.,(2006)''Taksim – Kabataş Füniküler Hattında Deformasyon Ölçmeleri''Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

URL1 <http://www.madenci.com>

URL 2 <http://www.maden.org.tr>

URL 3 <http://www.marmaray.com>

URL 4 <http://www.marmaray.com.tr>

URL 5 <http://www.penatrade.com>

URL 6 <http://www.tunnelbuilder.com>

URL 7 <http://www.yapi.com.tr>

URL 8 <http://www.ym.com.tr>

URL 9 <http://www.wowturkey.com>

EKLER

- Ek 1 h_1-h_2' ye ait grafiklerde kullanılan polinomların katsayıları ve standart sapmaları.
- Ek 2 Tüm koverjans kesitlerindeki h_1-h_2 yükseklik değişmeleri ve bu değişmelere ait grafikler.
- Ek 3 4. Levent – Ayazağa metro projesine ait parametreler

Ek 1 h_1-h_2' ye ait grafiklerde kullanılan polinomların katsayıları ve standart sapmaları

KM.		h_1		h_2		mm
21+759.60	x_1	2.24296532	x_2	2.80973645	S_{o1}	0.33664069
		-1.06831114		-0.31193102		
		0.08549617		0.03464986	S_{o2}	0.73048733
		-0.00293371		-0.00138607		
		0.00003541		0.00001858		
21+765.20	x_1	-7.46000000	x_2	0.29000000	S_{o1}	0.87590847
		0.55369048		1.02226190		
		-0.80910714		-1.22267857	S_{o2}	1.02295037
		0.25773810		0.34845238		
		-0.02232143		-0.02803571		
21+769.20	x_1	-5.01330215	x_2	3.41211100	S_{o1}	0.79842316
		-0.52501553		-0.31982428		
		0.18167362		0.08584565	S_{o2}	1.79942959
		-0.01030082		-0.00578886		
		0.00015929		0.00011045		
21+774.00	x_1	-6.15182656	x_2	-2.16755567	S_{o1}	0.47647723
		-0.13467379		-0.86957352		
		0.08676706		0.31008032	S_{o2}	0.69774612
		-0.02109725		-0.02793733		
		0.00110997		0.00070555		
21+778.80	x_1	3.53409675	x_2	3.70257641	S_{o1}	0.25558719
		-0.57382580		-0.34236819		
		0.07194193		0.05594095	S_{o2}	0.42305477
		-0.00214411		-0.00164637		
		-0.00001189		-0.00001478		
21+783.60	x_1	0.87013077	x_2	1.92784531	S_{o1}	0.27097733
		2.03400152		0.30304392		
		-0.25669493		-0.02339493	S_{o2}	0.35036354
		0.01204348		0.00032516		
		-0.00017902		0.00000258		
21+788.40	x_1	6.87551233	x_2	0.23387761	S_{o1}	0.56231467
		-2.30847717		-0.52316026		
		0.56579760		0.13012425	S_{o2}	2.60526573
		-0.04458837		-0.01018591		
		0.00101090		0.00023190		
21+793.20	x_1	-6.65923217	x_2	1.28389049	S_{o1}	0.37272737
		8.24942762		1.34662374		
		-1.73803965		-0.23296325	S_{o2}	1.57383070
		0.13098532		0.01606834		
		-0.00328124		-0.00039685		
21+798.00	x_1	8.78747234	x_2	3.32969979	S_{o1}	0.68796958
		0.78619805		-0.21859863		
		-0.20783255		0.03869647	S_{o2}	0.50969568
		0.01490809		-0.00386603		
		-0.00032699		0.00010588		

KM.	h_1		h_2			mm
21+802.80	x_1	9.41748924	x_2	6.40891791	S_{o1}	1.05898882
		-1.12852363		-1.44661173		
		0.08287952		0.15163034	S_{o2}	2.15139392
		0.00005830		-0.00558636		
		-0.00009282		0.00006314		
21+807.60	x_1	-0.07319667	x_2	10.09381796	S_{o1}	0.59709734
		0.57562087		-1.40860816		
		-0.04664289		0.12816193	S_{o2}	1.46110249
		0.00106432		-0.00468447		
		-0.00000622		0.00005461		
21+812.40	x_1	-6.61839082	x_2	3.20495885	S_{o1}	0.63477917
		0.54733460		-1.09866767		
		0.09038799		0.06181489	S_{o2}	1.61701564
		-0.00756974		-0.00151457		
		0.00012683		0.00001375		
21+817.20	x_1	5.55161840	x_2	-0.19857601	S_{o1}	0.30431203
		-0.13982733		-0.62622599		
		-0.01414198		0.24429666	S_{o2}	0.32782252
		0.00374584		-0.02877819		
		-0.00005232		0.00037714		
21+822.00	x_1	3.68245893	x_2	-1.63804843	S_{o1}	0.61645254
		0.00622580		0.16442977		
		0.00653249		-0.00717663	S_{o2}	0.44897569
		-0.00030086		0.00017153		
		0.00000311		-0.00000139		
21+826.80	x_1	-4.64279609	x_2	5.69658808	S_{o1}	0.48073654
		1.05037790		0.13296893		
		-0.06556732		-0.00219788	S_{o2}	2.32333847
		0.00130996		-0.00006497		
		-0.00000843		0.00000108		
21+831.60	x_1	-1.27138659	x_2	-0.05572301	S_{o1}	3.17917091
		0.71517529		3.18031889		
		-0.02210144		-0.29676509	S_{o2}	1.66867298
		0.00006043		0.00937741		
		0.00000207		-0.00008639		
21+836.40	x_1	1.85266337	x_2	5.62914289	S_{o1}	0.48918125
		1.13757523		0.72674167		
		-0.37508976		-0.22053685	S_{o2}	0.90033275
		0.03973002		0.01548503		
		-0.00137066		-0.00032016		
21+841.20	x_1	-0.35282985	x_2	6.74751704	S_{o1}	0.92919319
		-0.31368019		-0.54409118		
		0.06833546		-0.00272087	S_{o2}	0.94412076
		-0.00340003		0.00208837		
		0.00004667		-0.00004093		

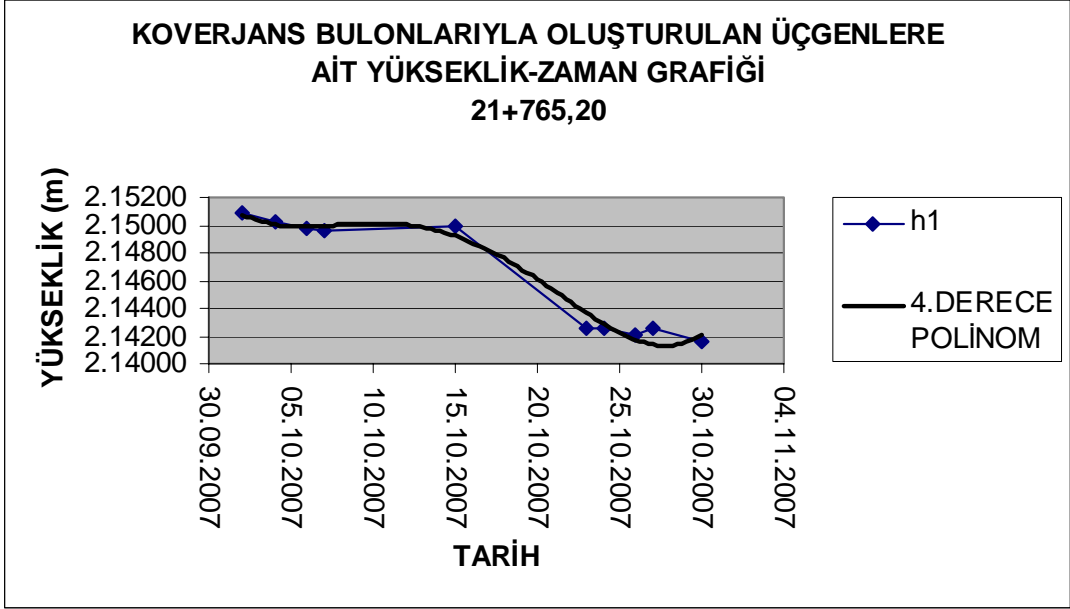
KM.	h₁		h₂			mm
21+846.00	x₁	-0.35535735	x₂	-1.06922599	S_{o1}	2.30202730
		-2.59783384		-2.96659615		
		0.45555905		0.48346090		
		-0.02207066		-0.02152563	S_{o2}	1.70133867
		0.00030919		0.00028346		
21+850.80	x₁	-2.87478085	x₂	-3.18278505	S_{o1}	1.12428056
		1.09143017		0.73258752		
		-0.05234412		-0.02230353		
		0.00103946		-0.00010375	S_{o2}	1.68838424
		-0.00000766		0.00000779		
21+856.40	x₁	-6.57929478	x₂	-9.34652417	S_{o1}	1.05256265
		1.36801108		3.02057999		
		-0.25087312		-0.30911916		
		0.01575448		0.01225976	S_{o2}	0.96968699
		-0.00031944		-0.00015739		
21+860.40	x₁	-1.58350104	x₂	-3.12202863	S_{o1}	1.74369676
		-0.44327005		2.99450337		
		0.05275010		-0.40134651		
		-0.00252017		0.02003602	S_{o2}	0.63804484
		0.00004145		-0.00032998		
21+865.20	x₁	-2.77768679	x₂	7.86964766	S_{o1}	0.44360032
		1.62673128		-0.61298851		
		-0.23078791		0.06638852		
		0.01310272		-0.00197370	S_{o2}	0.70374907
		-0.00024902		0.00000937		

Ek 2 Tüm koverjans kesitlerindeki h_1 - h_2 yükseklik değişmeleri ve bu değişmelere ait grafikler

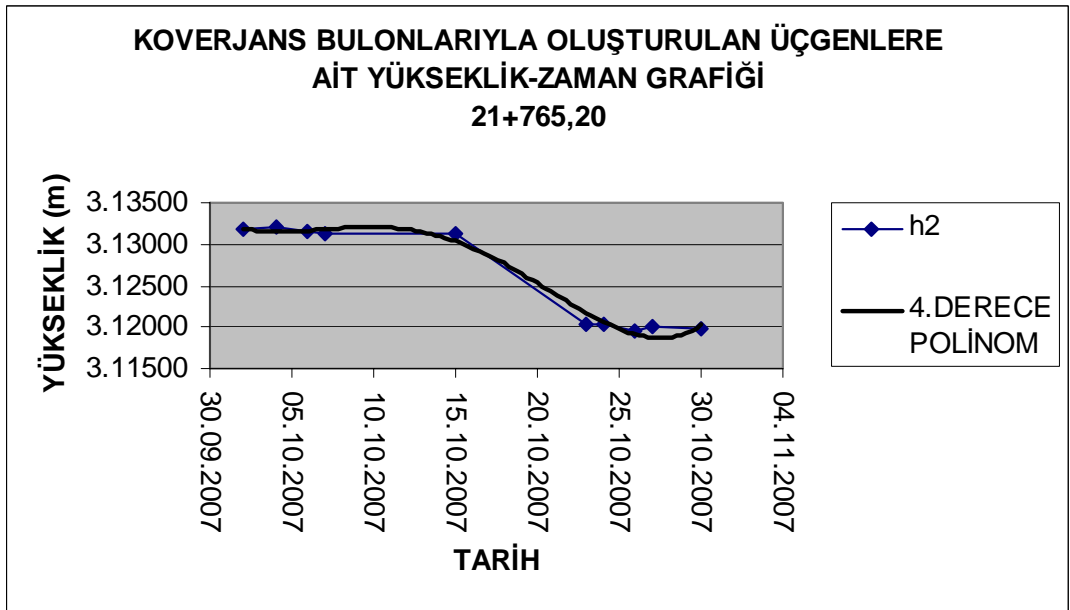
21+765.20 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+765.20								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.64020	3.77240	6.03601	2.15083	4.55701	4.44427	6.46355	3.13184
04.10.2007	3.63987	3.77212	6.03617	2.15020	4.55691	4.44405	6.46281	3.13199
06.10.2007	3.63928	3.77174	6.03557	2.14978	4.55689	4.44353	6.46299	3.13150
07.10.2007	3.63961	3.77172	6.03617	2.14963	4.55648	4.44363	6.46324	3.13116
15.10.2007	3.63918	3.77165	6.03516	2.14990	4.55611	4.44331	6.46225	3.13117
23.10.2007	3.62188	3.78064	6.03512	2.14254	4.53265	4.45009	6.46053	3.12029
24.10.2007	3.62193	3.78062	6.03519	2.14252	4.53272	4.45052	6.46100	3.12041
26.10.2007	3.62119	3.78020	6.03440	2.14207	4.53142	4.45003	6.46029	3.11949
27.10.2007	3.62142	3.78043	6.03422	2.14259	4.53220	4.45013	6.46064	3.11994
30.10.2007	3.62142	3.77924	6.03422	2.14158	4.53220	4.44986	6.46064	3.11974

21+765.20 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



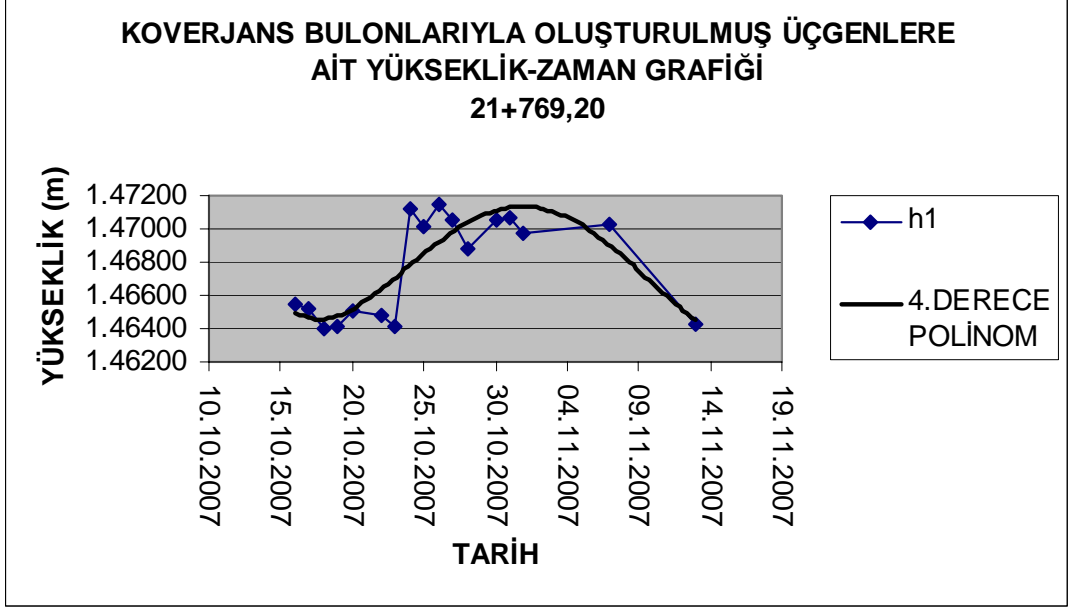
21+765.20 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



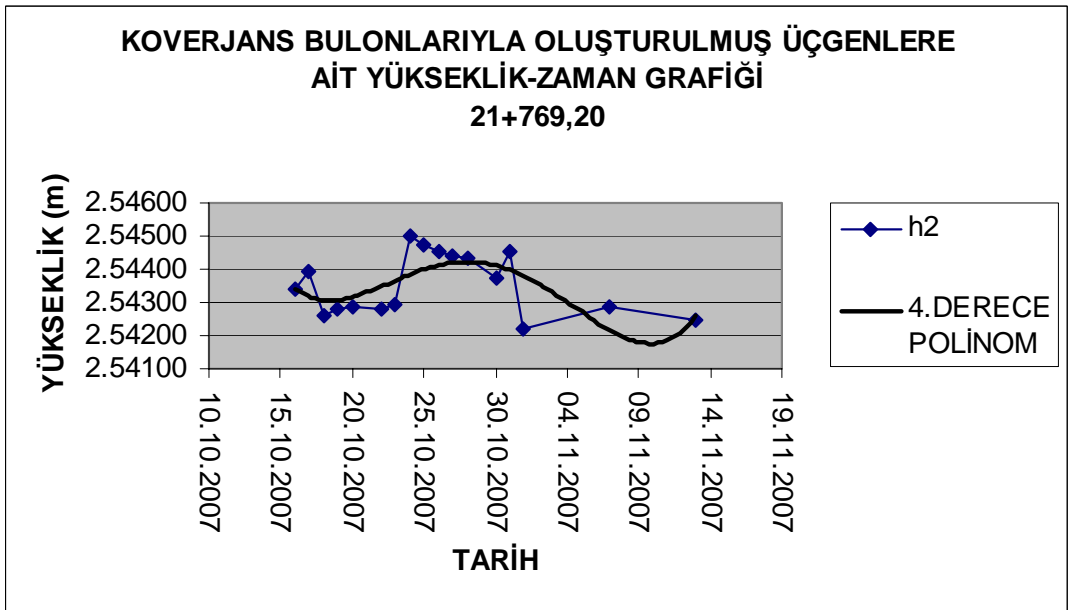
21+769.20 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+769.20								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	2.86536	3.25465	5.36834	1.46544	3.91810	4.08317	6.17465	2.54340
17.10.2007	2.86535	3.25496	5.36896	1.46518	3.91845	4.08363	6.17482	2.54393
18.10.2007	2.86452	3.25380	5.36792	1.46406	3.91746	4.08241	6.17416	2.54260
19.10.2007	2.86456	3.25390	5.36794	1.46419	3.91748	4.08265	6.17412	2.54282
20.10.2007	2.86510	3.25418	5.36790	1.46508	3.91764	4.08271	6.17432	2.54288
22.10.2007	2.86490	3.25416	5.36802	1.46474	3.91764	4.08248	6.17412	2.54282
23.10.2007	2.86413	3.25409	5.36768	1.46417	3.91776	4.08246	6.17411	2.54291
24.10.2007	2.87078	3.25291	5.36641	1.47115	3.91740	4.08291	6.17073	2.54501
25.10.2007	2.87040	3.25214	5.36624	1.47012	3.91727	4.08240	6.17042	2.54470
26.10.2007	2.87043	3.25242	5.36510	1.47147	3.91682	4.08247	6.17024	2.54451
27.10.2007	2.87024	3.25234	5.36586	1.47050	3.91673	4.08240	6.17017	2.54443
28.10.2007	2.86942	3.25073	5.36496	1.46881	3.91664	4.08207	6.16981	2.54432
30.10.2007	2.86942	3.25236	5.36483	1.47059	3.91664	4.08129	6.16981	2.54371
31.10.2007	2.87021	3.25176	5.36493	1.47072	3.91648	4.08220	6.16942	2.54453
01.11.2007	2.87021	3.25028	5.36435	1.46974	3.91468	4.08049	6.16876	2.54217
07.11.2007	2.87021	3.25236	5.36609	1.47028	3.91468	4.08242	6.17010	2.54285
13.11.2007	2.87021	3.24069	5.35966	1.46424	3.91468	4.07606	6.16265	2.54244

21+769.20 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği

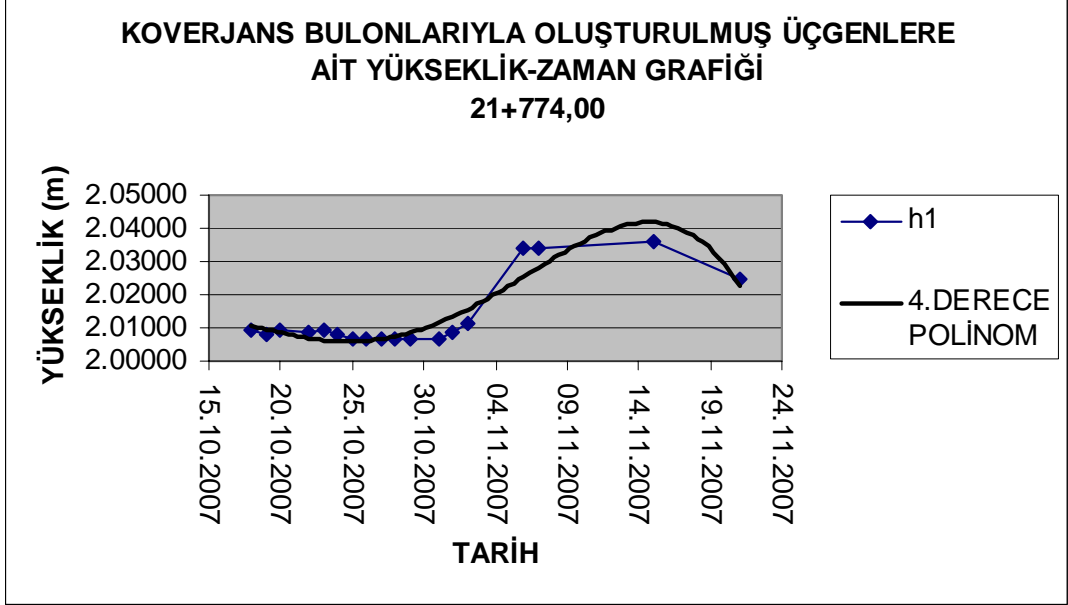
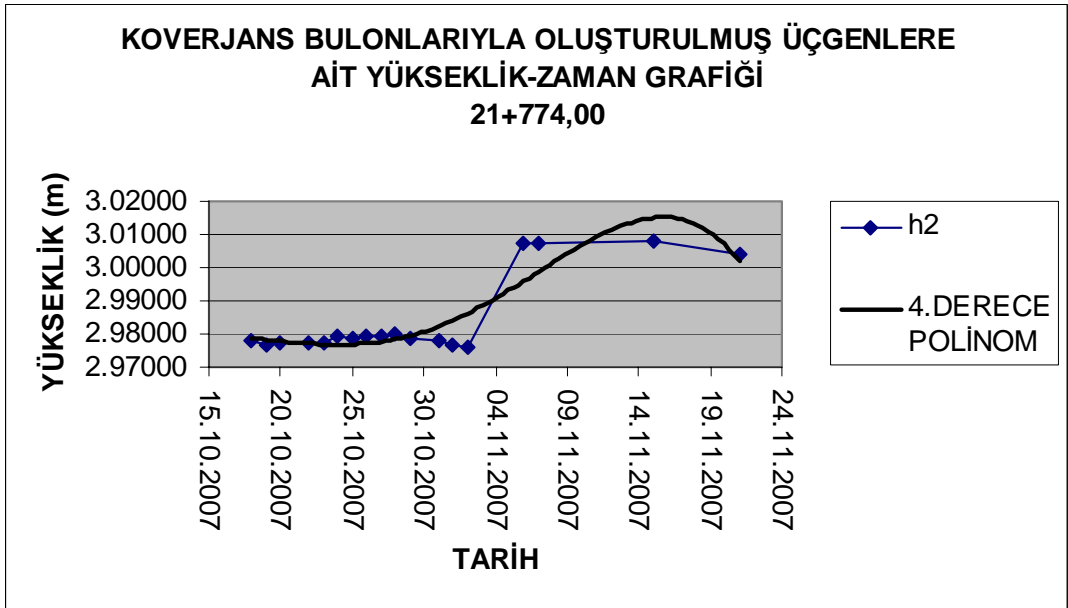


21+769.20 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



21+774.00 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

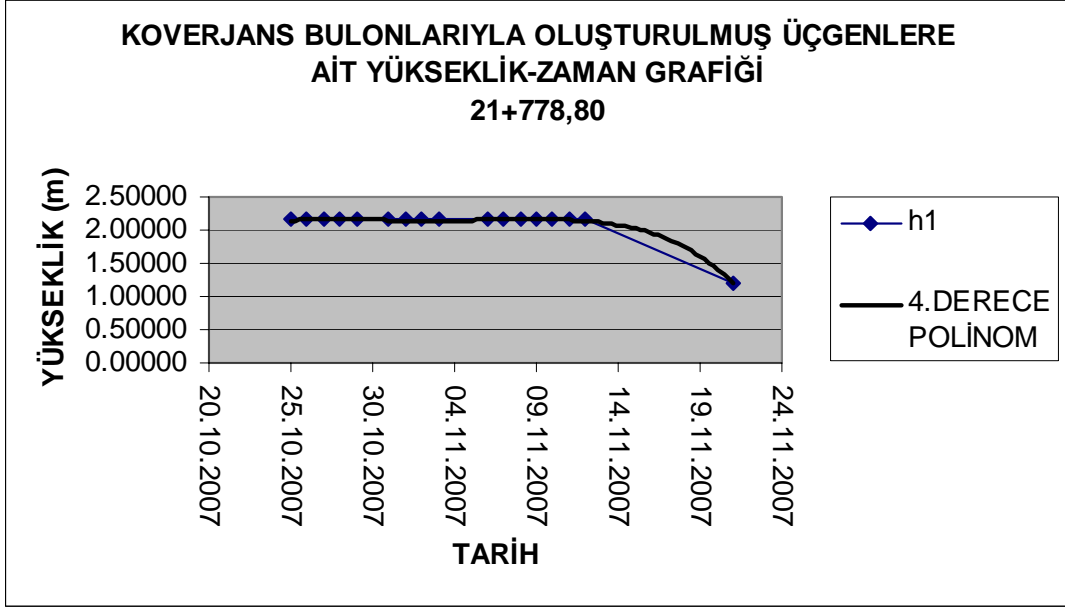
KM:21+774.00								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.80846	3.39663	5.97399	2.00921	4.50929	4.23364	6.39545	2.97788
19.10.2007	3.80768	3.39572	5.97364	2.00795	4.50866	4.23281	6.39511	2.97699
20.10.2007	3.80822	3.39634	5.97362	2.00901	4.50903	4.23319	6.39520	2.97749
22.10.2007	3.80813	3.39629	5.97347	2.00899	4.50904	4.23321	6.39502	2.97761
23.10.2007	3.80821	3.39619	5.97317	2.00919	4.50874	4.23341	6.39486	2.97763
24.10.2007	3.80872	3.39412	5.97311	2.00778	4.51194	4.23410	6.39689	2.97934
25.10.2007	3.80817	3.39350	5.97336	2.00655	4.51159	4.23248	6.39483	2.97897
26.10.2007	3.80819	3.39350	5.97324	2.00666	4.51125	4.23312	6.39481	2.97922
27.10.2007	3.80822	3.39357	5.97342	2.00662	4.51130	4.23289	6.39457	2.97922
28.10.2007	3.80743	3.39372	5.97219	2.00698	4.51125	4.23287	6.39353	2.97972
29.10.2007	3.80802	3.39261	5.97210	2.00654	4.51020	4.23172	6.39299	2.97840
31.10.2007	3.80791	3.39304	5.97267	2.00642	4.51109	4.23121	6.39371	2.97826
01.11.2007	3.80755	3.39171	5.96762	2.00861	4.50986	4.23129	6.39561	2.97643
02.11.2007	3.80822	3.39309	5.96610	2.01158	4.51128	4.23143	6.39832	2.97610
06.11.2007	3.80757	3.41865	5.96618	2.03423	4.50966	4.27275	6.39557	3.00740
07.11.2007	3.80731	3.41824	5.96567	2.03400	4.50920	4.27231	6.39491	3.00709
15.11.2007	3.80731	3.41816	5.96312	2.03579	4.50920	4.27216	6.39338	3.00779
21.11.2007	3.80731	3.40862	5.96687	2.02439	4.50920	4.26598	6.39230	3.00375

21+774.00 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği21+774.00 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği

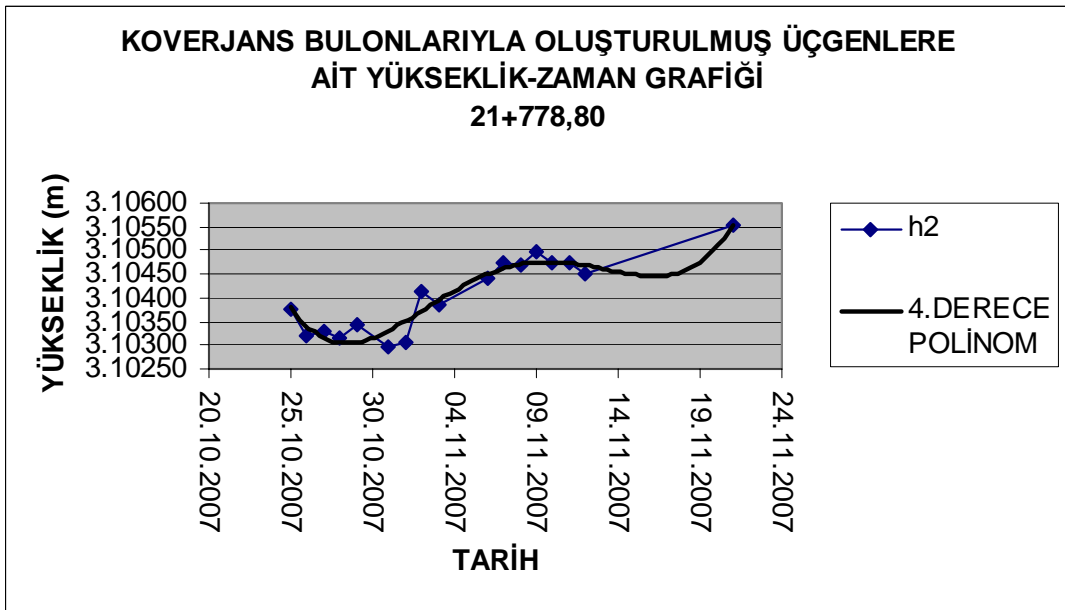
21+778.80 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+778.80								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.96040	3.44471	6.01221	2.15357	4.79194	4.12216	6.36362	3.10378
26.10.2007	3.96004	3.44369	6.01202	2.15250	4.79130	4.12173	6.36328	3.10320
27.10.2007	3.96003	3.44428	6.01146	2.15340	4.79130	4.12182	6.36320	3.10331
28.10.2007	3.95947	3.44382	6.01154	2.15248	4.79126	4.12090	6.36211	3.10313
29.10.2007	3.96007	3.44286	6.01164	2.15206	4.79130	4.12143	6.36240	3.10342
31.10.2007	3.95978	3.44324	6.01156	2.15221	4.79132	4.12098	6.36260	3.10299
01.11.2007	3.95964	3.44280	6.01159	2.15169	4.79023	4.12094	6.36099	3.10305
02.11.2007	3.96004	3.44180	6.00923	2.15276	4.79026	4.12172	6.36000	3.10416
03.11.2007	3.95947	3.44386	6.01157	2.15250	4.79026	4.12130	6.36000	3.10384
06.11.2007	3.96002	3.44423	6.01164	2.15323	4.79129	4.12167	6.36078	3.10441
07.11.2007	3.96009	3.44429	6.01152	2.15342	4.79152	4.12180	6.36063	3.10473
08.11.2007	3.96019	3.44431	6.01206	2.15315	4.79153	4.12174	6.36062	3.10470
09.11.2007	3.96022	3.44410	6.01183	2.15315	4.79152	4.12200	6.36041	3.10499
10.11.2007	3.96022	3.44439	6.01180	2.15342	4.79152	4.12164	6.36041	3.10472
11.11.2007	3.96022	3.44290	6.01129	2.15246	4.79152	4.12162	6.36031	3.10475
12.11.2007	3.96022	3.44382	6.01154	2.15310	4.79152	4.12130	6.36029	3.10452
21.11.2007	3.96022	3.44383	6.99609	1.20858	4.79152	4.11920	6.35503	3.10555

21+778.80 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



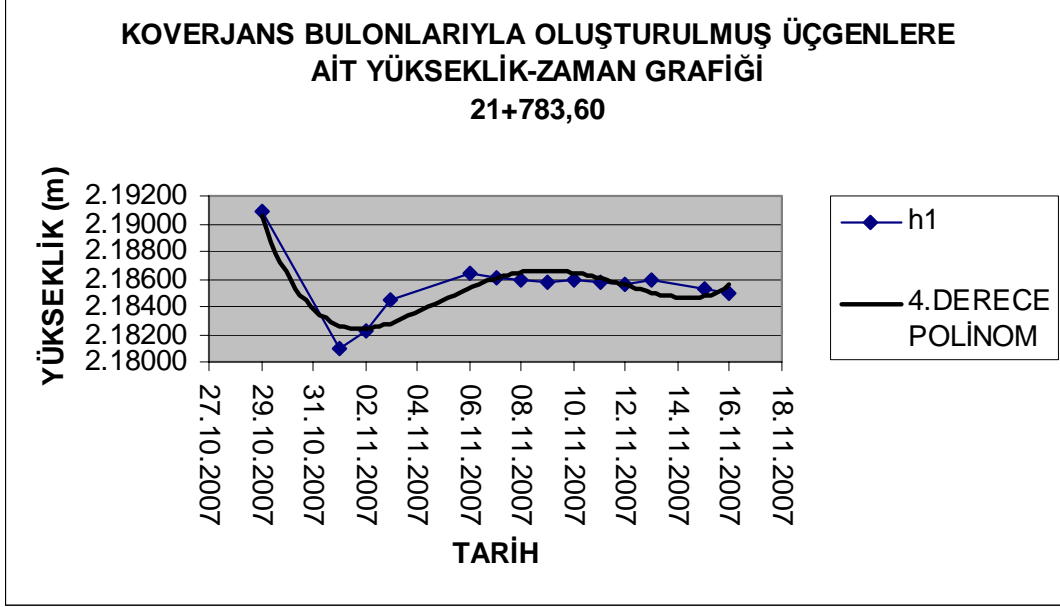
21+778.80 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



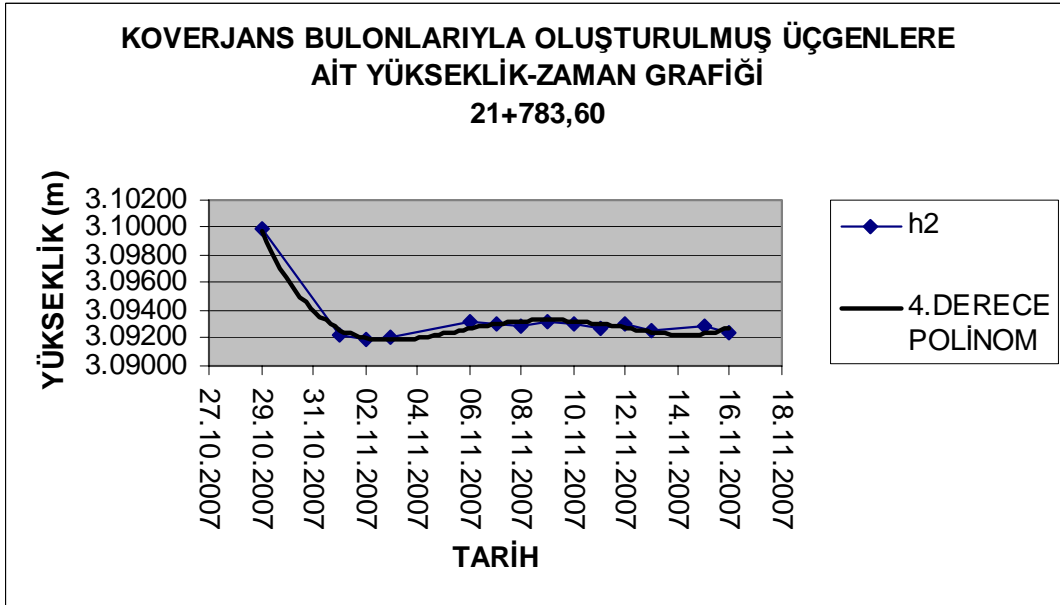
21+783.60 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+783.60								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.67070	3.73880	5.97476	2.19092	4.29591	4.61500	6.39311	3.09986
01.11.2007	3.66161	3.73812	5.97727	2.18089	4.28632	4.61417	6.39300	3.09222
02.11.2007	3.66155	3.73834	5.97540	2.18230	4.28624	4.61346	6.39245	3.09196
03.11.2007	3.66214	3.73825	5.97296	2.18440	4.28600	4.61388	6.39233	3.09213
06.11.2007	3.66208	3.73983	5.97188	2.18642	4.28602	4.61519	6.39199	3.09323
07.11.2007	3.66172	3.73946	5.97142	2.18611	4.28583	4.61489	6.39159	3.09308
08.11.2007	3.66160	3.73948	5.97157	2.18593	4.28556	4.61464	6.39122	3.09290
09.11.2007	3.66160	3.73937	5.97162	2.18580	4.28544	4.61493	6.39084	3.09321
10.11.2007	3.66163	3.73942	5.97152	2.18593	4.28524	4.61448	6.39026	3.09305
11.11.2007	3.66149	3.73936	5.97153	2.18576	4.28520	4.61474	6.39124	3.09269
12.11.2007	3.66160	3.73891	5.97138	2.18558	4.28517	4.61486	6.39073	3.09302
13.11.2007	3.66160	3.73929	5.97126	2.18598	4.28466	4.61474	6.39082	3.09251
15.11.2007	3.66120	3.73816	5.97032	2.18533	4.28530	4.61441	6.39067	3.09283
16.11.2007	3.66086	3.73825	5.97064	2.18490	4.28461	4.61423	6.39029	3.09239
06.12.2007	3.66086	3.73877	5.97064	2.18533	4.28461	4.61322	6.39029	3.09169

21+783.60 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



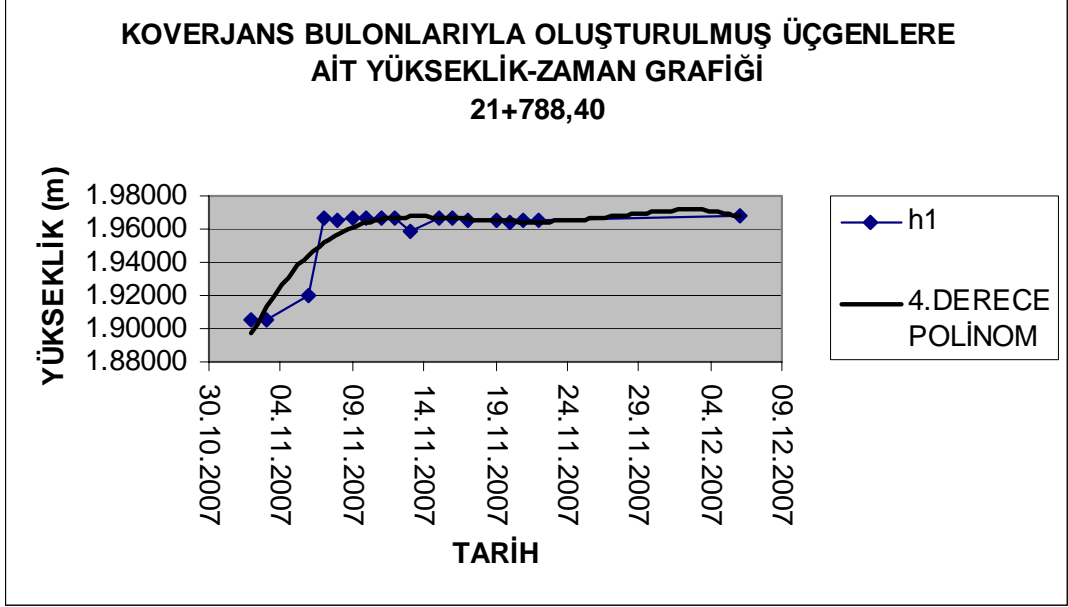
21+783.60 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



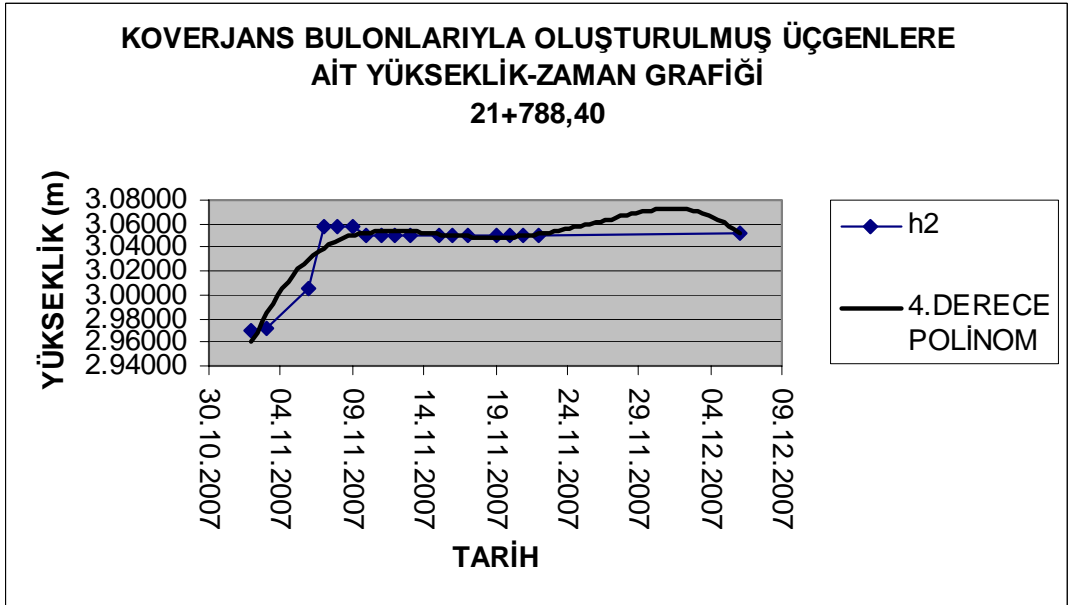
21+788.40 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+788.40								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.29834	3.75862	5.93306	1.90471	4.18204	4.59676	6.45175	2.97051
03.11.2007	3.29831	3.75974	5.93275	1.90592	4.18219	4.59727	6.45070	2.97155
06.11.2007	3.32079	3.74881	5.92952	1.91982	4.23133	4.61694	6.48351	3.00532
07.11.2007	3.31052	3.81281	5.92967	1.96654	4.23160	4.69251	6.48324	3.05848
08.11.2007	3.30997	3.81230	5.92942	1.96577	4.23117	4.69223	6.48281	3.05819
09.11.2007	3.31018	3.81249	5.92941	1.96614	4.23120	4.69223	6.48287	3.05818
10.11.2007	3.31015	3.81241	5.92925	1.96616	4.22278	4.67686	6.46551	3.05026
11.11.2007	3.31014	3.81243	5.92876	1.96653	4.22230	4.67652	6.46519	3.04983
12.11.2007	3.31019	3.81236	5.92872	1.96655	4.22190	4.67641	6.46509	3.04950
13.11.2007	3.30990	3.81240	5.93932	1.95838	4.22225	4.67643	6.46519	3.04973
15.11.2007	3.31009	3.81236	5.92864	1.96651	4.22194	4.67610	6.46522	3.04925
16.11.2007	3.30976	3.81240	5.92831	1.96649	4.22360	4.67576	6.46412	3.05085
17.11.2007	3.30969	3.81157	5.92834	1.96568	4.22260	4.67522	6.46433	3.04961
19.11.2007	3.30969	3.81137	5.92812	1.96567	4.22260	4.67440	6.46347	3.04949
20.11.2007	3.30969	3.81119	5.92931	1.96462	4.22260	4.67595	6.46319	3.05071
21.11.2007	3.30969	3.81181	5.92941	1.96509	4.22260	4.67496	6.46280	3.05023
22.11.2007	3.30969	3.81213	5.92926	1.96548	4.22260	4.67416	6.46271	3.04972
06.12.2007	3.30969	3.81171	5.92593	1.96760	4.22260	4.67524	6.46067	3.05154

21+788.40 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



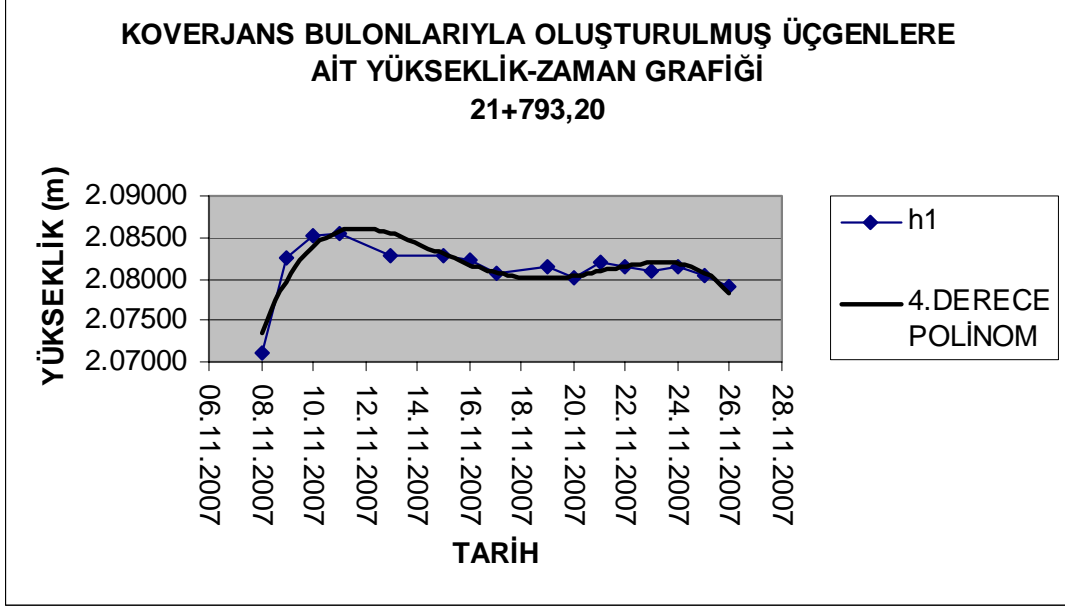
21+788.40 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



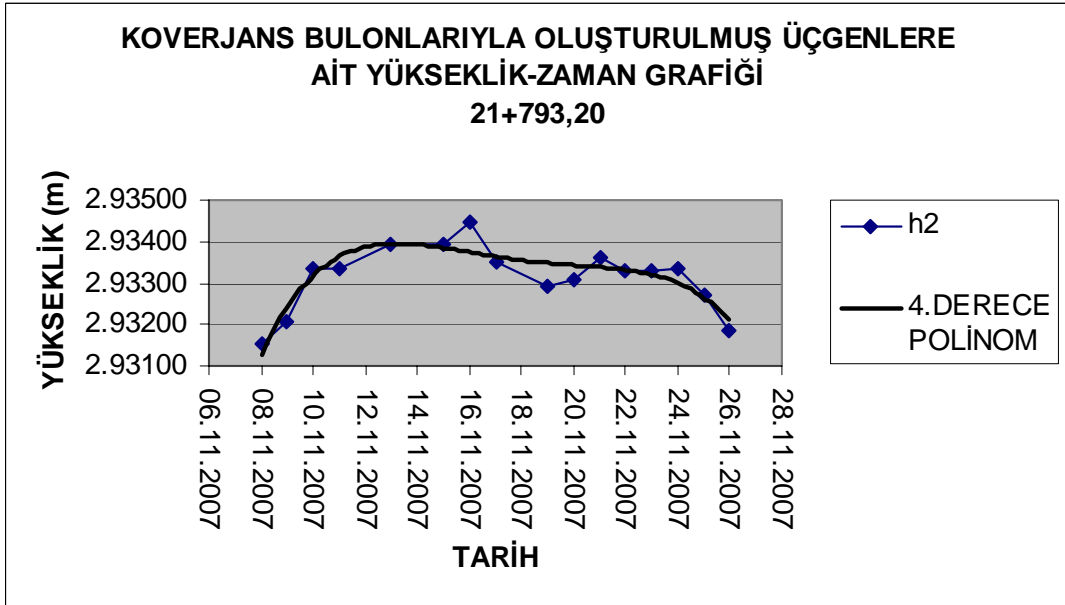
21+793.20 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+793.20								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h ₁ (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h ₂ (m)
İLK OKUMA	3.58703	3.64615	5.92951	2.07112	4.37985	4.27039	6.35932	2.93153
09.11.2007	3.58728	3.66914	5.94158	2.08266	4.38105	4.26939	6.35854	2.93208
10.11.2007	3.58710	3.66910	5.93759	2.08531	4.38099	4.26900	6.35562	2.93333
11.11.2007	3.58705	3.66911	5.93729	2.08549	4.38091	4.26850	6.35482	2.93333
13.11.2007	3.59723	3.65390	5.93516	2.08274	4.38091	4.26726	6.35196	2.93396
15.11.2007	3.59671	3.65374	5.93428	2.08277	4.38043	4.26691	6.35083	2.93396
16.11.2007	3.59675	3.65252	5.93372	2.08215	4.38089	4.26674	6.35024	2.93449
17.11.2007	3.59529	3.65204	5.93328	2.08077	4.38054	4.26661	6.35143	2.93349
19.11.2007	3.59580	3.65172	5.93250	2.08149	4.37943	4.26634	6.35062	2.93292
20.11.2007	3.59562	3.65036	5.93247	2.08018	4.37928	4.26683	6.35080	2.93308
21.11.2007	3.59627	3.65229	5.93317	2.08192	4.38038	4.26683	6.35132	2.93360
22.11.2007	3.59583	3.65192	5.93299	2.08134	4.37947	4.26681	6.35064	2.93329
23.11.2007	3.59573	3.65094	5.93235	2.08086	4.37947	4.26681	6.35064	2.93329
24.11.2007	3.59603	3.65120	5.93221	2.08145	4.37947	4.26687	6.35064	2.93333
25.11.2007	3.59434	3.65027	5.93063	2.08029	4.37947	4.26604	6.35064	2.93271
26.11.2007	3.59374	3.64936	5.93062	2.07899	4.37947	4.26492	6.35064	2.93188

21+793.20 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



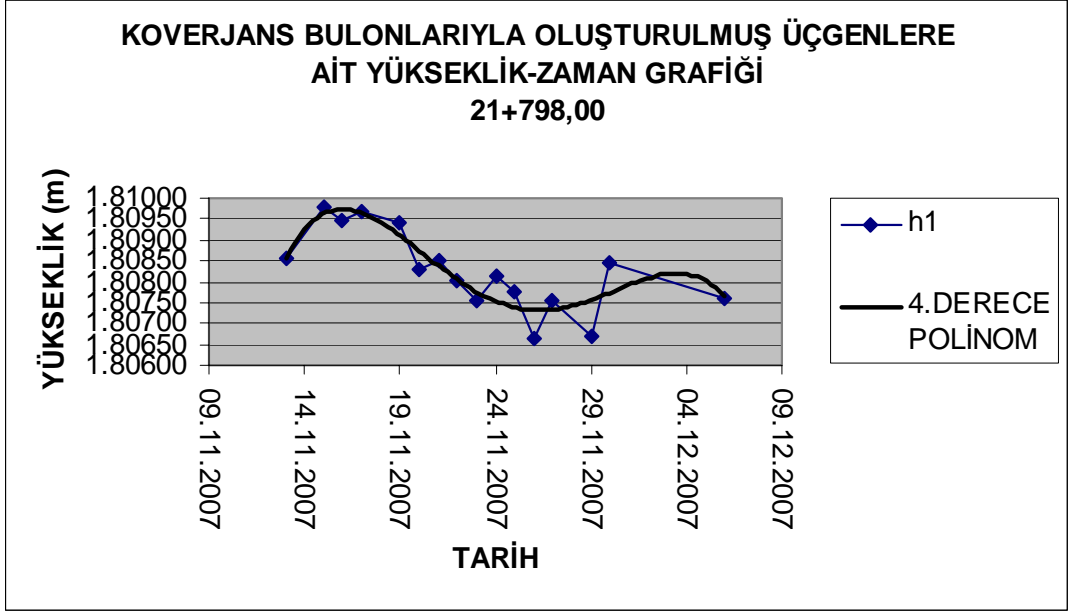
21+793.20 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



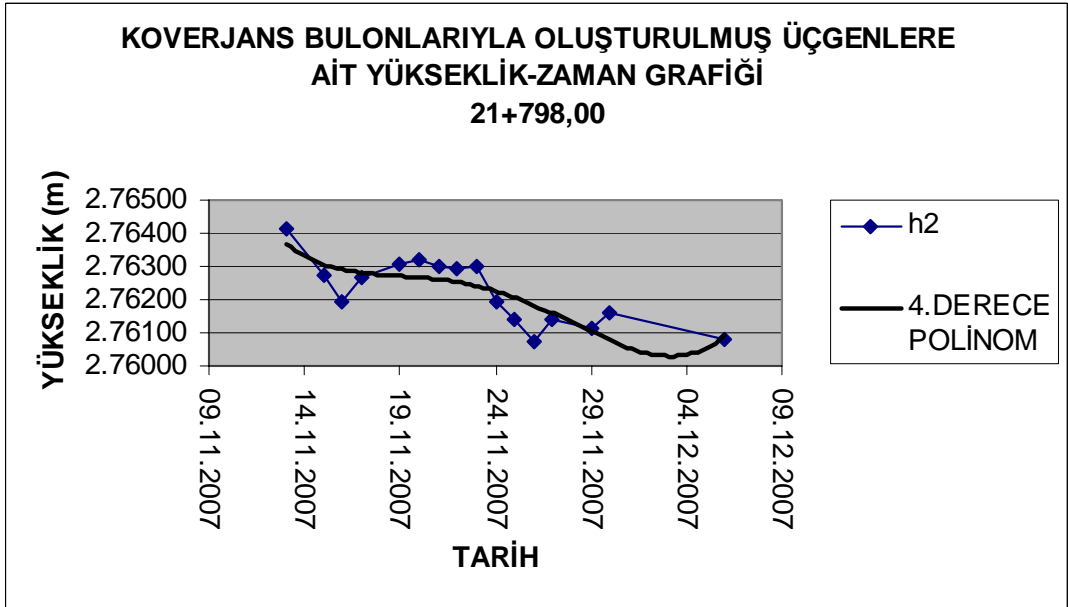
21+798.00 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+798.00								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h ₁ (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h ₂ (m)
İLK OKUMA	3.27373	3.57563	5.81331	1.80858	4.09965	4.31282	6.33822	2.76415
15.11.2007	3.27753	3.57222	5.81240	1.80979	4.10747	4.30833	6.34538	2.76275
16.11.2007	3.27699	3.57180	5.81166	1.80947	4.10654	4.30769	6.34467	2.76196
17.11.2007	3.27741	3.57187	5.81197	1.80969	4.10720	4.30794	6.34461	2.76269
19.11.2007	3.27714	3.57200	5.81216	1.80940	4.10728	4.30720	6.34311	2.76306
20.11.2007	3.27630	3.57163	5.81213	1.80827	4.10737	4.30701	6.34273	2.76321
21.11.2007	3.27649	3.57176	5.81224	1.80849	4.09957	4.30683	6.33228	2.76302
22.11.2007	3.27677	3.57049	5.81167	1.80804	4.09971	4.30636	6.33197	2.76295
23.11.2007	3.27718	3.56999	5.81216	1.80757	4.09952	4.30621	6.33148	2.76297
24.11.2007	3.27694	3.57074	5.81207	1.80811	4.09829	4.30608	6.33142	2.76196
25.11.2007	3.27543	3.56994	5.80976	1.80777	4.09727	4.30554	6.33028	2.76142
26.11.2007	3.27472	3.56857	5.80873	1.80664	4.09581	4.30529	6.32920	2.76072
27.11.2007	3.27481	3.56972	5.80903	1.80755	4.09689	4.30527	6.32942	2.76141
29.11.2007	3.27481	3.56810	5.80822	1.80670	4.09689	4.30414	6.32843	2.76114
30.11.2007	3.27481	3.57020	5.80845	1.80846	4.09689	4.30651	6.33072	2.76160
06.12.2007	3.27481	3.56952	5.80872	1.80762	4.09689	4.30526	6.33049	2.76079

21+798.00 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



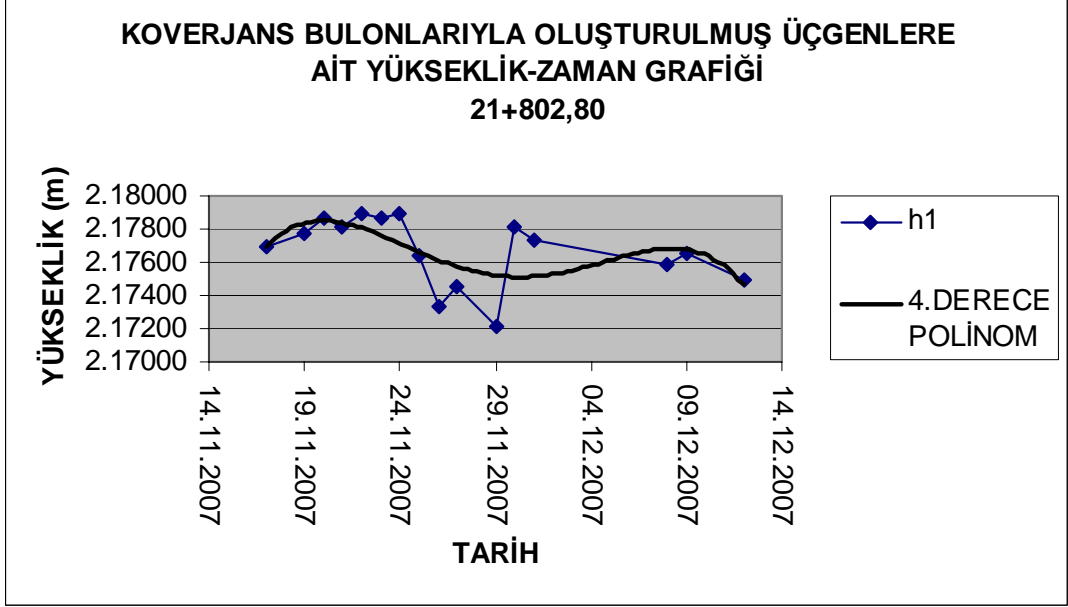
21+798.00 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



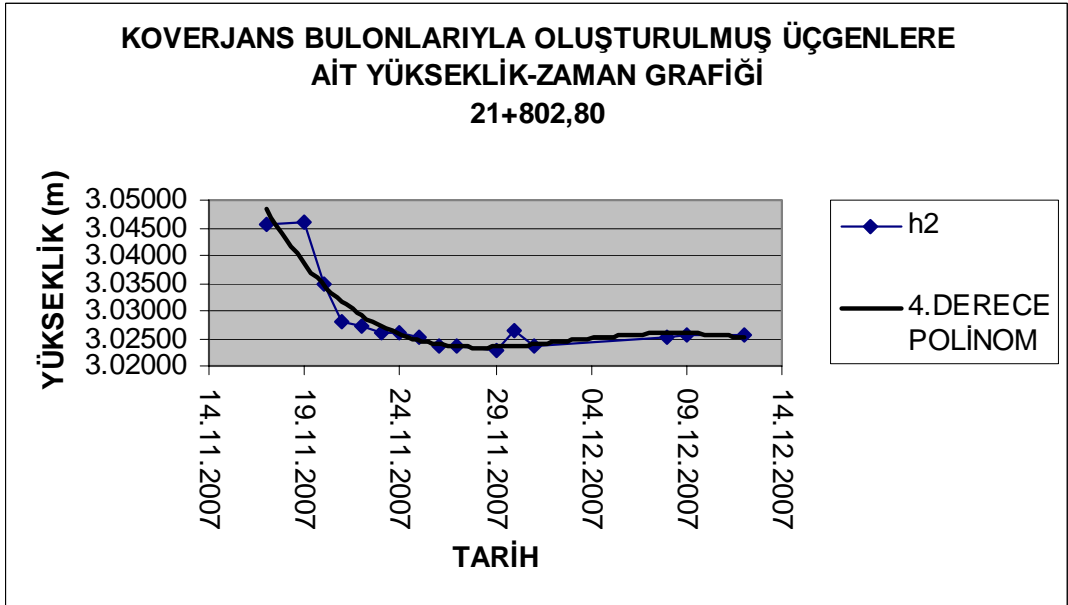
21+802.80 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+802.80								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h ₁ (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h ₂ (m)
İLK OKUMA	3.49313	3.91603	5.98702	2.17694	4.21817	4.58794	6.34998	3.04545
19.11.2007	3.49290	3.91513	5.98446	2.17774	4.21770	4.58695	6.34673	3.04610
20.11.2007	3.49340	3.91544	5.98410	2.17868	4.21766	4.58769	6.36907	3.03498
21.11.2007	3.49271	3.91493	5.98346	2.17809	4.21741	4.58663	6.38030	3.02819
22.11.2007	3.49185	3.91445	5.98062	2.17889	4.21474	4.58696	6.37895	3.02711
23.11.2007	3.49164	3.91418	5.98039	2.17864	4.21436	4.58570	6.37870	3.02608
24.11.2007	3.49143	3.91409	5.97956	2.17895	4.21437	4.58581	6.37870	3.02617
25.11.2007	3.48987	3.91270	5.97956	2.17645	4.21242	4.58429	6.37600	3.02505
26.11.2007	3.48753	3.91137	5.97956	2.17331	4.21099	4.58280	6.37497	3.02348
27.11.2007	3.48826	3.91208	5.97956	2.17453	4.21210	4.58197	6.37547	3.02347
29.11.2007	3.48610	3.91142	5.97956	2.17211	4.21141	4.58099	6.37449	3.02278
30.11.2007	3.49048	3.91413	5.97956	2.17815	4.21141	4.58603	6.37449	3.02630
01.12.2007	3.48936	3.91428	5.97956	2.17730	4.21212	4.58199	6.37542	3.02353
08.12.2007	3.48936	3.91261	5.97956	2.17593	4.21212	4.58427	6.37509	3.02529
09.12.2007	3.48936	3.91340	5.97956	2.17658	4.21212	4.58419	6.37442	3.02559
12.12.2007	3.48936	3.91146	5.97956	2.17498	4.21212	4.58382	6.37412	3.02548

21+802.80 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



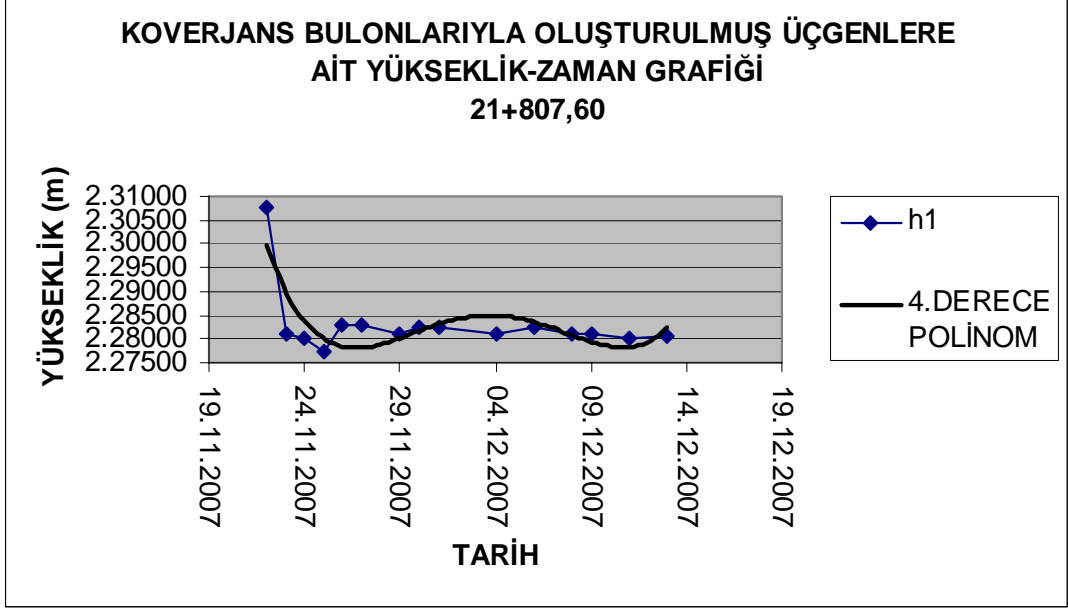
21+802.80 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



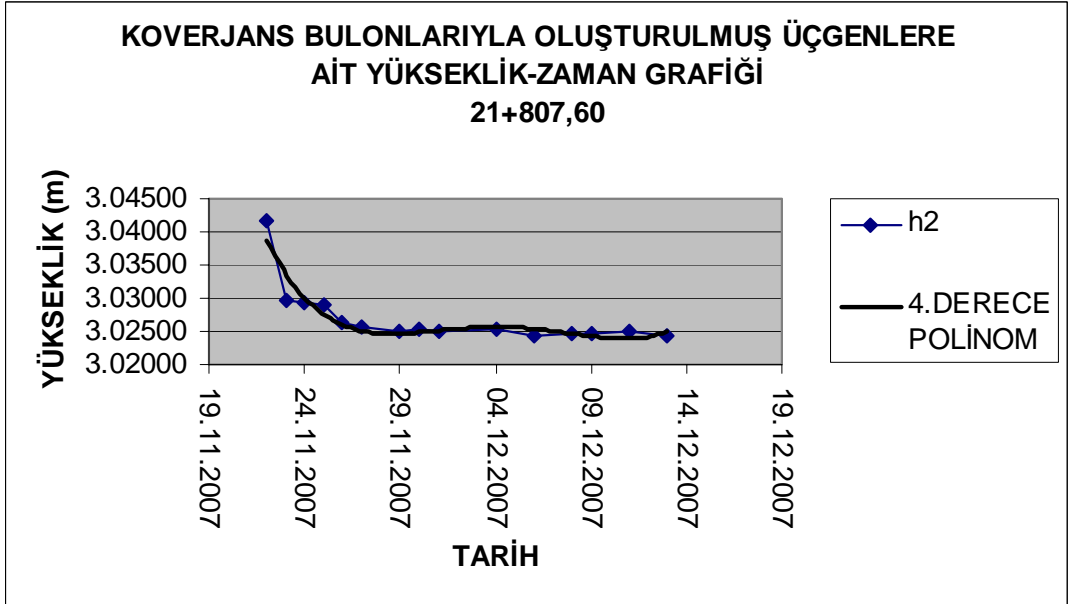
21+807.60 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+807.60								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h2 (m)
İLK OKUMA	3.90651	3.75785	6.11821	2.30745	4.52979	4.29797	6.39341	3.04158
23.11.2007	3.90183	3.72796	6.11406	2.28118	4.52277	4.30023	6.41008	3.02952
24.11.2007	3.90120	3.72731	6.11406	2.28011	4.52277	4.29976	6.40992	3.02925
25.11.2007	3.89834	3.72429	6.11073	2.27742	4.52423	4.29738	6.40906	3.02897
26.11.2007	3.89985	3.72844	6.10965	2.28290	4.51992	4.29719	6.40815	3.02625
27.11.2007	3.89927	3.72764	6.10787	2.28294	4.51930	4.29628	6.40719	3.02564
29.11.2007	3.89824	3.72742	6.10929	2.28095	4.51790	4.29701	6.40736	3.02510
30.11.2007	3.89867	3.72788	6.10802	2.28255	4.51946	4.29638	6.40843	3.02517
01.12.2007	3.89837	3.72801	6.10790	2.28249	4.51928	4.29574	6.40789	3.02485
04.12.2007	3.89875	3.72804	6.11037	2.28118	4.51927	4.29642	6.40789	3.02535
06.12.2007	3.89848	3.72725	6.10726	2.28236	4.51893	4.29607	6.40876	3.02439
08.12.2007	3.89848	3.72741	6.10928	2.28115	4.51893	4.29462	6.40641	3.02455
09.12.2007	3.89848	3.72739	6.10932	2.28111	4.51893	4.29564	6.40773	3.02461
11.12.2007	3.89848	3.72641	6.10943	2.28020	4.51893	4.29518	6.40637	3.02499
13.12.2007	3.89848	3.72612	6.10829	2.28072	4.51893	4.29461	6.40676	3.02436
08.01.2008	3.89848	3.72673	6.10494	2.28347	4.51893	4.29491	6.40593	3.02502

21+807.60 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



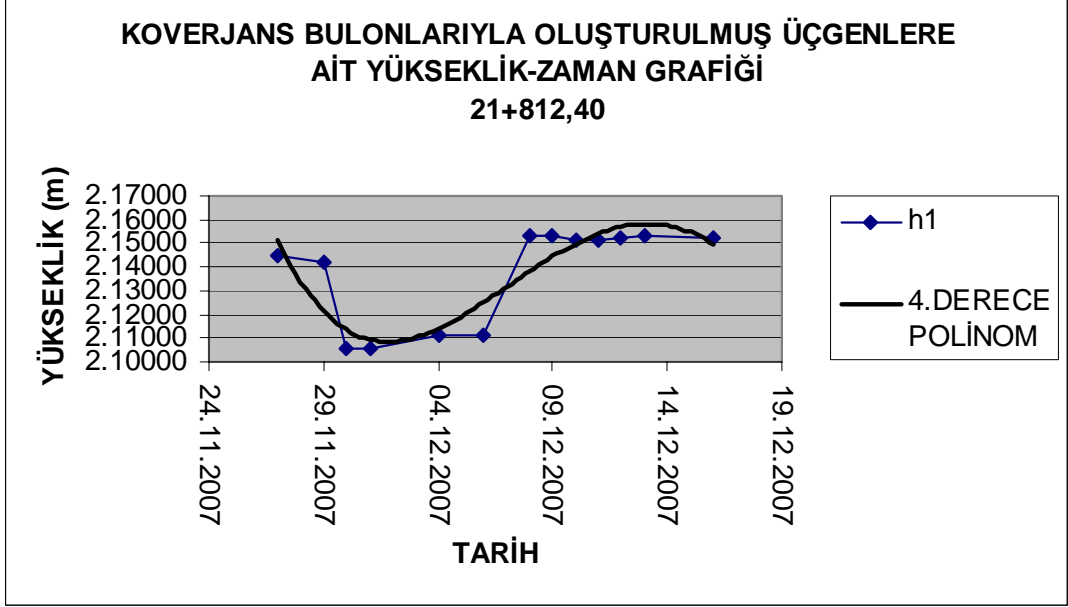
21+807.60 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



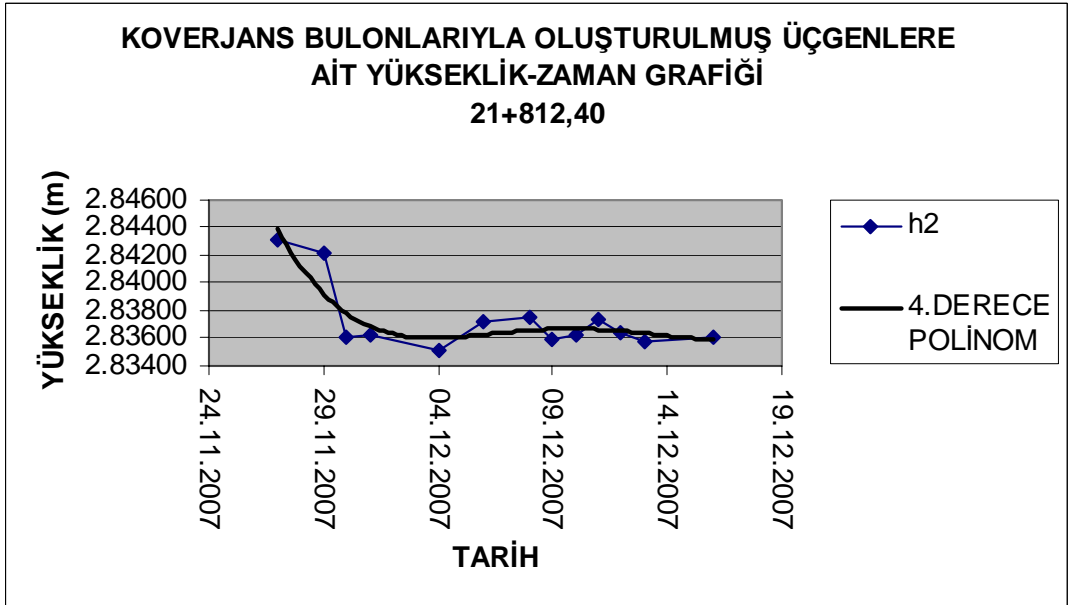
21+812.40 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+812.40								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.52898	3.86828	6.02160	2.14483	4.10747	4.44326	6.37893	2.84317
29.11.2007	3.52710	3.86642	6.02087	2.14212	4.10619	4.44136	6.37640	2.84221
30.11.2007	3.50868	3.84062	6.01868	2.10556	4.08951	4.46208	6.39103	2.83614
01.12.2007	3.50836	3.84043	6.01831	2.10538	4.08924	4.46160	6.38986	2.83623
04.12.2007	3.51601	3.84040	6.01991	2.11102	4.08908	4.46124	6.39114	2.83513
06.12.2007	3.51530	3.84042	6.01917	2.11093	4.08869	4.46298	6.38924	2.83716
08.12.2007	3.51564	3.89077	6.01940	2.15345	4.08897	4.46256	6.38856	2.83745
09.12.2007	3.51528	3.88984	6.01872	2.15283	4.08794	4.46131	6.38812	2.83599
10.12.2007	3.51528	3.88867	6.01917	2.15154	4.08794	4.46176	6.38820	2.83627
11.12.2007	3.51528	3.88826	6.01854	2.15164	4.08794	4.46209	6.38664	2.83738
12.12.2007	3.51528	3.88867	6.01858	2.15195	4.08794	4.46061	6.38640	2.83644
13.12.2007	3.51528	3.88934	6.01754	2.15323	4.08794	4.46023	6.38708	2.83579
16.12.2007	3.51528	3.88837	6.01793	2.15215	4.08794	4.46082	6.38729	2.83610
08.01.2008	3.51528	3.89005	6.01665	2.15444	4.08736	4.46065	6.38547	2.83654

21+812.40 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



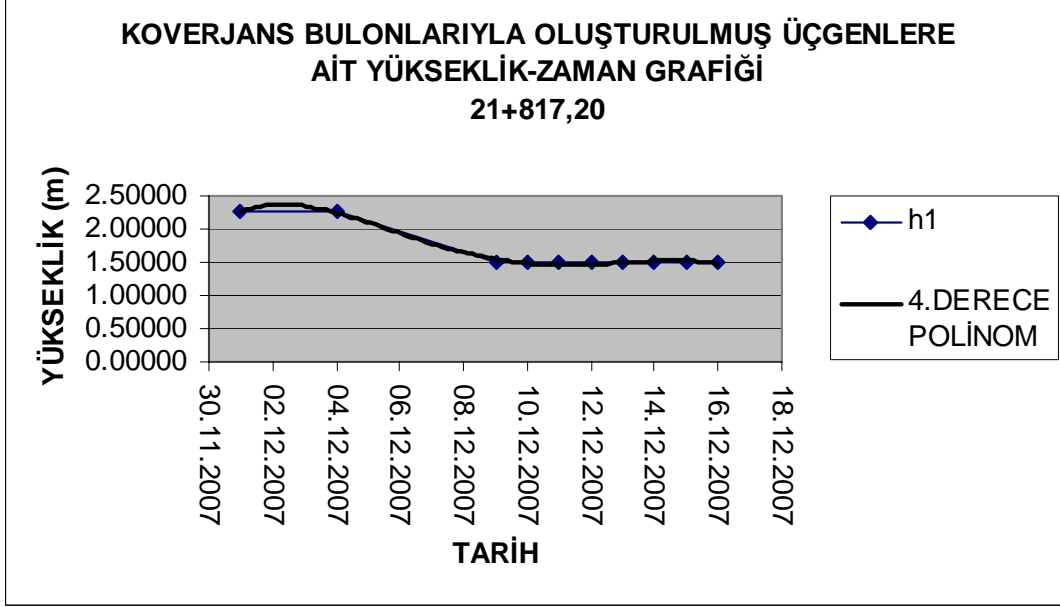
21+812.40 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



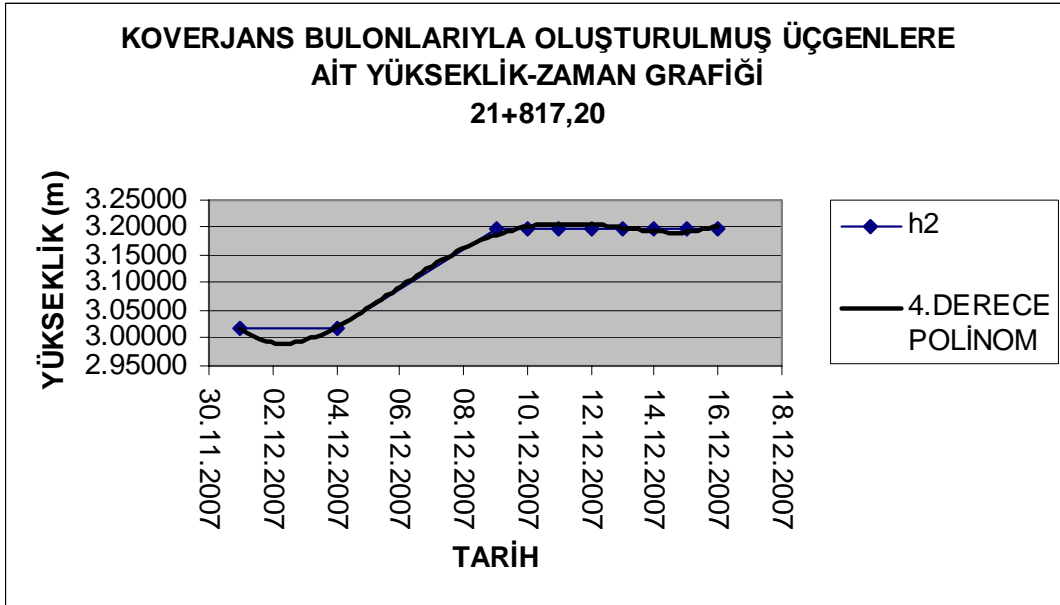
21+817.20 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+817.20								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.83672	3.69951	6.03176	2.25843	4.47856	4.24044	6.28837	3.01766
04.12.2007	3.83601	3.69900	6.03009	2.25853	4.48396	4.24413	6.30225	3.01697
09.12.2007	3.31237	3.41367	6.02420	1.49550	4.97163	4.04923	6.28675	3.19968
10.12.2007	3.31237	3.41342	6.02403	1.49539	4.97163	4.04909	6.28648	3.19970
11.12.2007	3.31237	3.41249	6.02279	1.49560	4.97163	4.04726	6.28482	3.19907
12.12.2007	3.31237	3.41261	6.02372	1.49480	4.97163	4.04850	6.28586	3.19954
13.12.2007	3.31237	3.41249	6.02367	1.49471	4.97163	4.04726	6.28448	3.19923
14.12.2007	3.31214	3.41337	6.02382	1.49529	4.97128	4.04871	6.28614	3.19935
15.12.2007	3.31203	3.41323	6.02389	1.49494	4.97130	4.04909	6.28661	3.19943
16.12.2007	3.31192	3.41249	6.02290	1.49498	4.97048	4.04752	6.28543	3.19828
14.02.2008	3.31192	3.41320	6.02366	1.49501	4.97048	4.04872	6.28614	3.19887

21+817.20 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



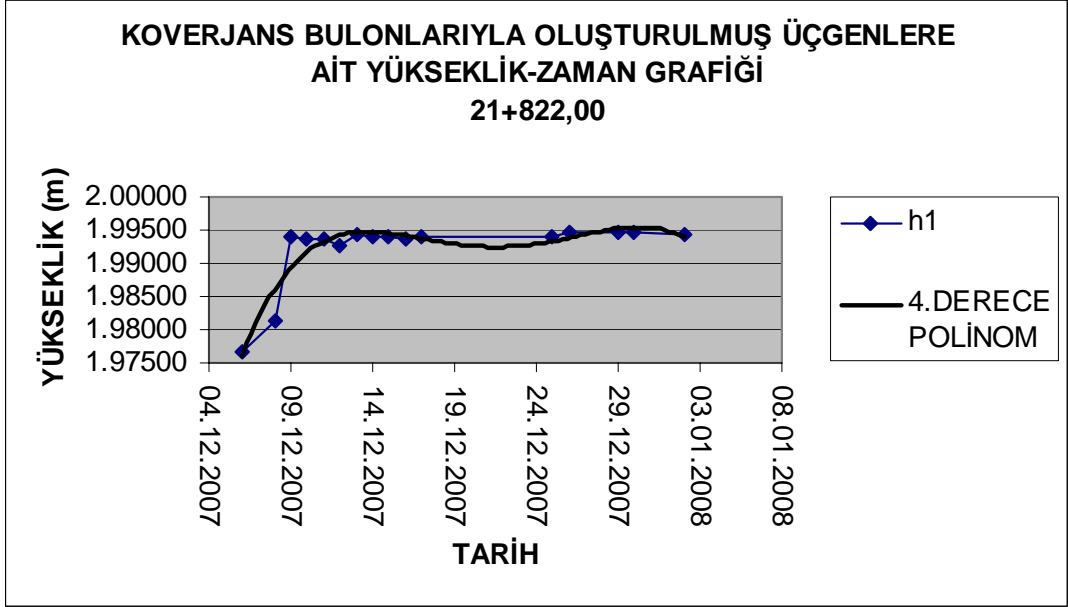
21+817.20 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



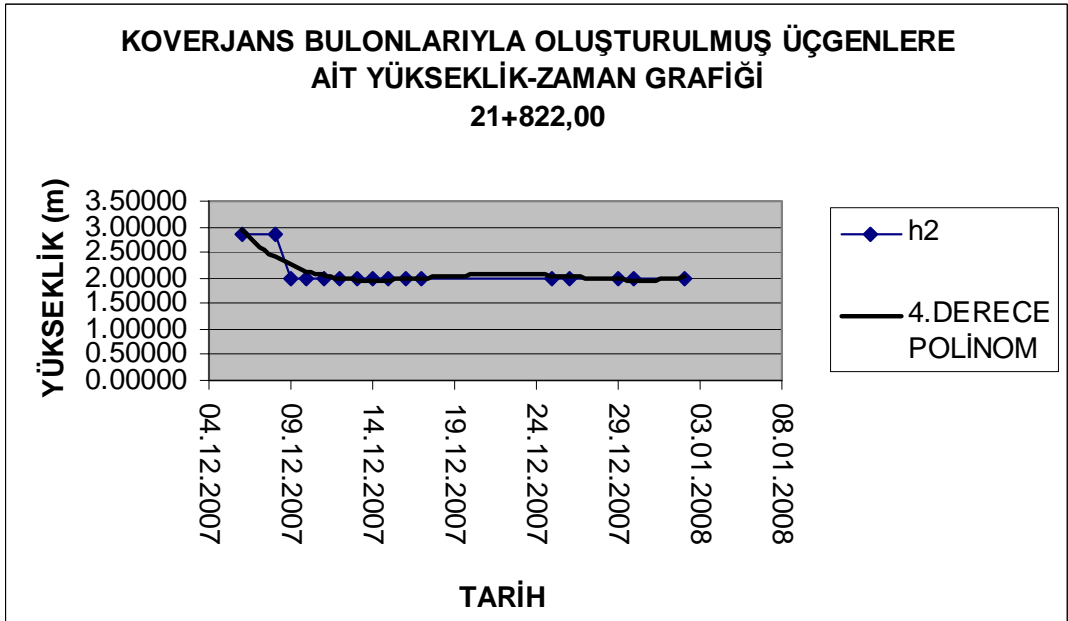
21+822.00 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+822.00								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.75221	3.28417	5.81213	1.97660	4.43079	3.99458	6.21264	2.83859
08.12.2007	3.76143	3.28090	5.81249	1.98124	4.43449	3.99264	6.21095	2.84062
09.12.2007	3.75773	3.29524	5.80846	1.99403	4.43539	3.00775	6.20702	1.99879
10.12.2007	3.75724	3.29482	5.80799	1.99358	4.43479	3.00815	6.20674	1.99889
11.12.2007	3.75761	3.29457	5.80816	1.99354	4.43372	3.00791	6.20647	1.99799
12.12.2007	3.75657	3.29472	5.80821	1.99276	4.43366	3.00749	6.20674	1.99735
13.12.2007	3.75589	3.29516	5.80564	1.99443	4.43361	3.00702	6.20293	1.99959
14.12.2007	3.75562	3.29481	5.80525	1.99416	4.43350	3.00669	6.20260	1.99942
15.12.2007	3.75555	3.29489	5.80538	1.99408	4.43326	3.00645	6.20243	1.99912
16.12.2007	3.75541	3.29320	5.80358	1.99373	4.43237	3.00649	6.20099	1.99948
17.12.2007	3.75568	3.29489	5.80545	1.99414	4.43345	3.00684	6.20259	1.99953
25.12.2007	3.75547	3.29454	5.80498	1.99399	4.43187	3.00641	6.20047	1.99937
26.12.2007	3.75547	3.29454	5.80400	1.99469	4.43187	3.00716	6.20092	1.99977
29.12.2007	3.75547	3.29428	5.80388	1.99454	4.43187	3.00726	6.20054	2.00014
30.12.2007	3.75547	3.29422	5.80370	1.99462	4.43187	3.00690	6.20033	1.99994
02.01.2008	3.75547	3.29382	5.80347	1.99442	4.43187	3.00651	6.19959	2.00010
14.02.2008	3.75547	3.29418	5.80230	1.99559	4.43187	3.00731	6.19986	2.00067

21+822.00 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



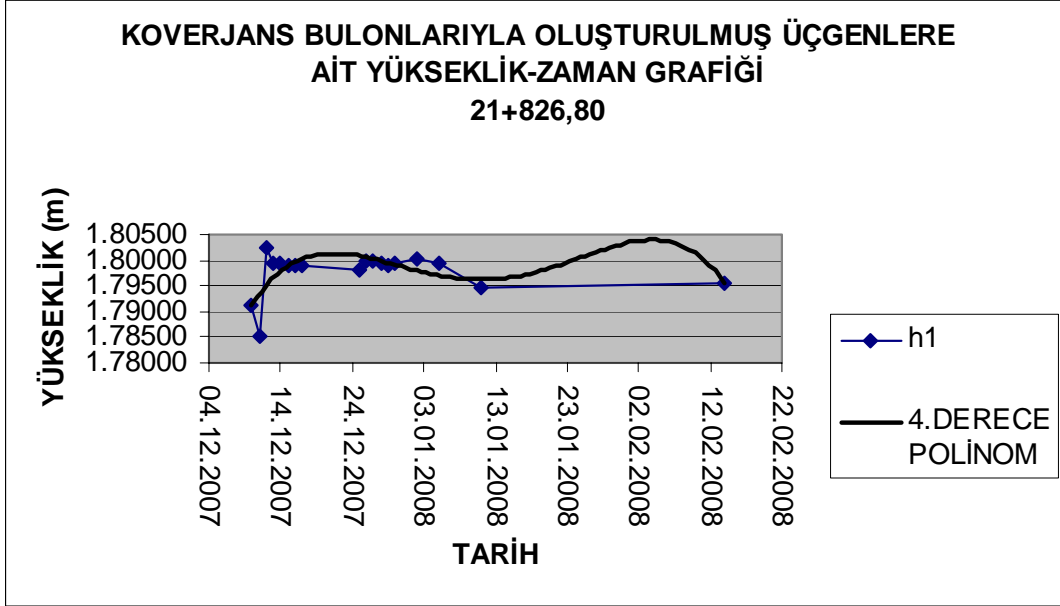
21+822.00 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



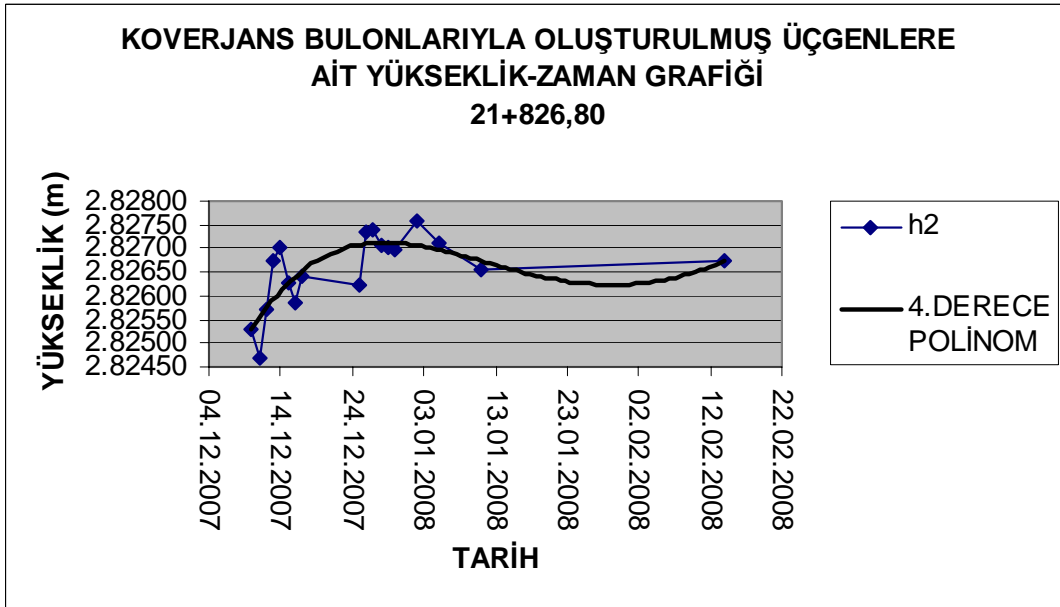
21+826.80 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+826.80								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	3.12100	3.60921	5.68940	1.79104	3.96566	4.37750	6.12652	2.82529
11.12.2007	3.12000	3.60872	5.69524	1.78503	3.96457	4.37649	6.12475	2.82470
12.12.2007	3.11921	3.62645	5.69251	1.80245	3.95884	4.38841	6.13028	2.82571
13.12.2007	3.11795	3.62071	5.68846	1.79924	3.96849	4.38074	6.13213	2.82673
14.12.2007	3.11774	3.62043	5.68782	1.79928	3.96782	4.38026	6.13002	2.82701
15.12.2007	3.11751	3.62036	5.68811	1.79877	3.96806	4.38045	6.13196	2.82628
16.12.2007	3.11712	3.62031	5.68743	1.79889	3.96768	4.37970	6.13128	2.82583
17.12.2007	3.11777	3.62053	5.68831	1.79902	3.96820	4.38046	6.13196	2.82640
25.12.2007	3.11729	3.61964	5.68793	1.79806	3.96798	4.38012	6.13148	2.82625
26.12.2007	3.11675	3.61977	5.68512	1.79985	3.96742	4.37915	6.12738	2.82734
27.12.2007	3.11683	3.61981	5.68520	1.79990	3.96745	4.37921	6.12741	2.82739
28.12.2007	3.11645	3.61938	5.68487	1.79941	3.96732	4.37856	6.12696	2.82707
29.12.2007	3.11638	3.61941	5.68516	1.79914	3.96718	4.37896	6.12741	2.82701
30.12.2007	3.11651	3.61929	5.68480	1.79944	3.96714	4.37856	6.12693	2.82695
02.01.2008	3.11703	3.62031	5.68531	1.80046	3.96796	4.37946	6.12808	2.82760
05.01.2008	3.11620	3.61938	5.68476	1.79926	3.96667	4.37891	6.12643	2.82711
11.01.2008	3.11260	3.61542	5.68194	1.79445	3.96667	4.37671	6.12462	2.82653
14.02.2008	3.11260	3.61896	5.68445	1.79567	3.96667	4.37846	6.12655	2.82673

21+826.80 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



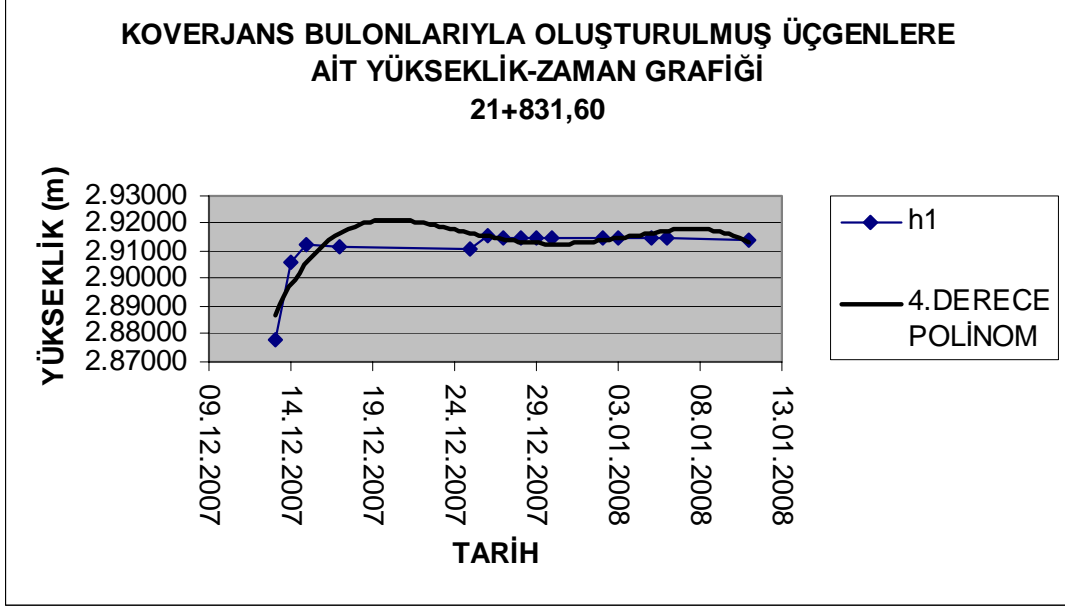
21+826.80 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



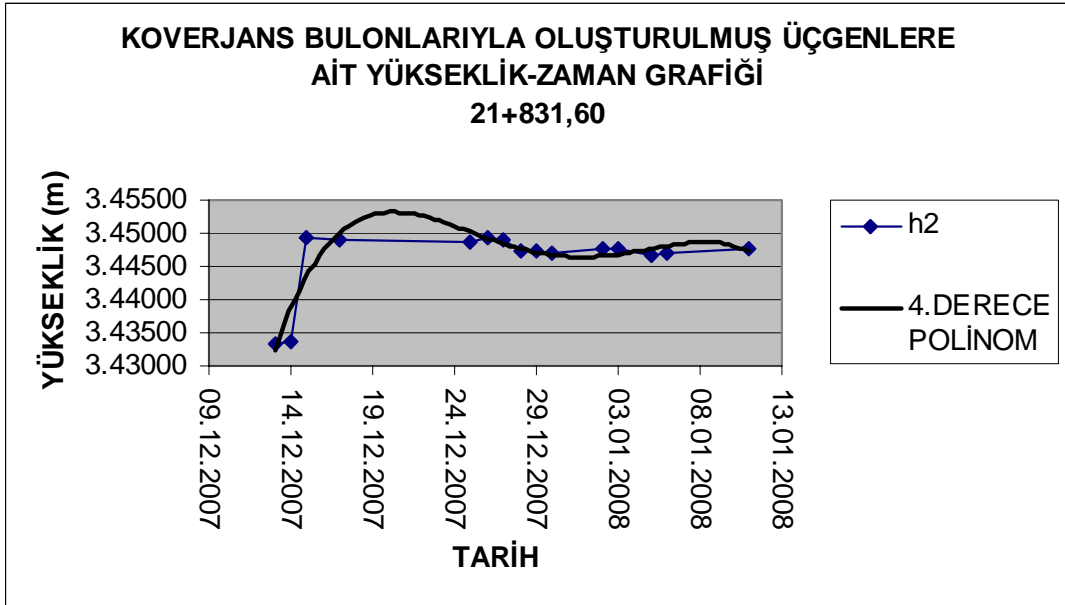
21+831.60 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+831.60								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h ₁ (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h ₂ (m)
İLK OKUMA	4.37260	4.10721	6.22179	2.87820	4.73723	4.58624	6.30500	3.43318
14.12.2007	4.37645	4.14900	6.23325	2.90624	4.73775	4.58624	6.30500	3.43353
15.12.2007	4.37064	4.16077	6.23107	2.91205	4.73290	4.61723	6.31020	3.44929
17.12.2007	4.37058	4.15986	6.23088	2.91143	4.73268	4.61679	6.30993	3.44896
25.12.2007	4.37019	4.15874	6.23049	2.91052	4.73258	4.61655	6.30984	3.44877
26.12.2007	4.36624	4.15949	6.21738	2.91525	4.72952	4.61005	6.29467	3.44919
27.12.2007	4.36611	4.15944	6.21724	2.91519	4.72943	4.60987	6.29451	3.44908
28.12.2007	4.36578	4.15941	6.21688	2.91512	4.72897	4.60692	6.29353	3.44719
29.12.2007	4.36606	4.15910	6.21721	2.91492	4.72936	4.60640	6.29322	3.44723
30.12.2007	4.36610	4.15932	6.21715	2.91514	4.72922	4.60630	6.29325	3.44706
02.01.2008	4.36686	4.15930	6.21822	2.91510	4.73013	4.60630	6.29325	3.44766
03.01.2008	4.36710	4.15906	6.21802	2.91520	4.73022	4.60630	6.29325	3.44772
05.01.2008	4.36582	4.15886	6.21669	2.91484	4.72887	4.60630	6.29325	3.44682
06.01.2008	4.36592	4.15886	6.21673	2.91489	4.72897	4.60630	6.29325	3.44689
11.01.2008	4.36592	4.15734	6.21664	2.91381	4.72897	4.60630	6.29183	3.44754
15.02.2008	4.36528	4.15699	6.21543	2.91373	4.72737	4.60630	6.29208	3.44636

21+831.60 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



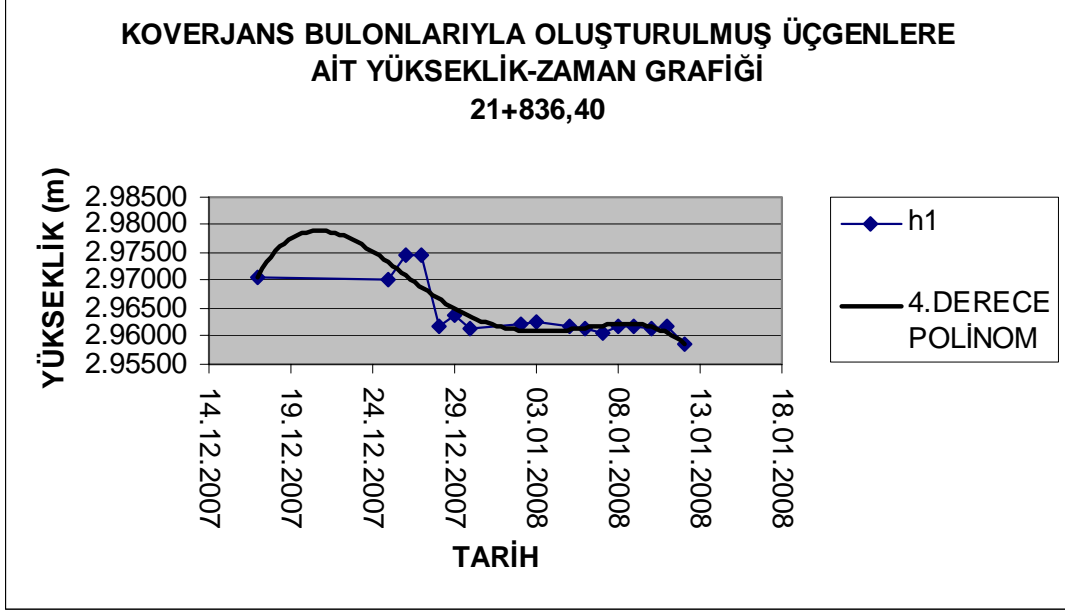
21+831.60 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



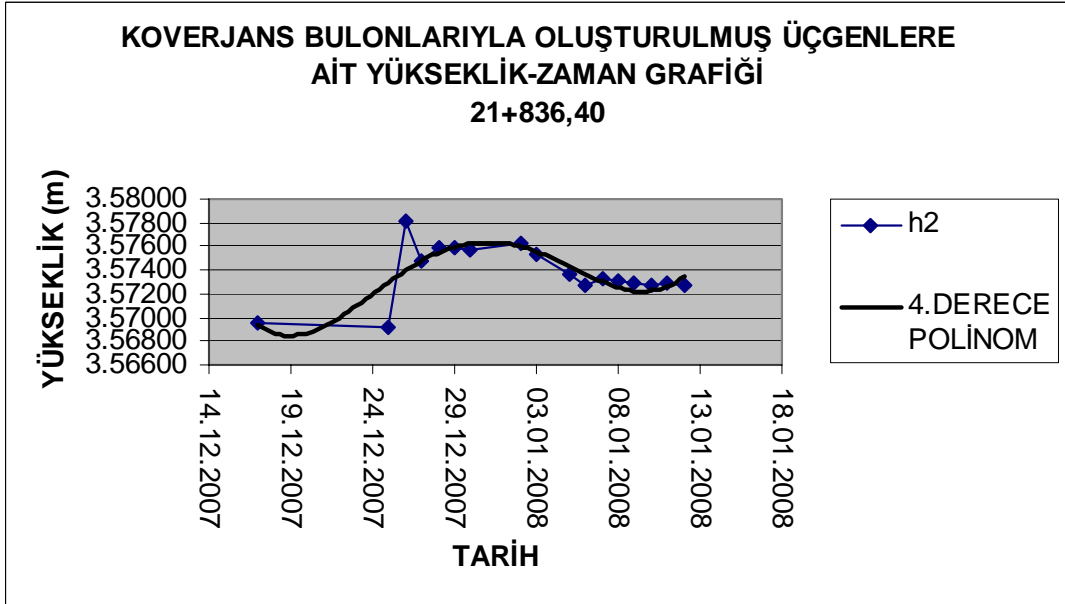
21+836.40 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+836.40								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	4.44720	4.24224	6.33792	2.97070	4.84577	4.72279	6.36963	3.56953
25.12.2007	4.44681	4.24176	6.33742	2.97033	4.84528	4.72236	6.36924	3.56909
26.12.2007	4.44383	4.24059	6.32388	2.97452	4.86621	4.72014	6.37653	3.57810
27.12.2007	4.44377	4.24044	6.32376	2.97443	4.86603	4.71418	6.37440	3.57486
28.12.2007	4.43151	4.24044	6.33120	2.96170	4.86625	4.71411	6.37218	3.57594
29.12.2007	4.43460	4.24036	6.33140	2.96375	4.86611	4.71426	6.37218	3.57595
30.12.2007	4.43137	4.24047	6.33140	2.96151	4.86606	4.71410	6.37226	3.57577
02.01.2008	4.43220	4.24108	6.33180	2.96235	4.86710	4.71445	6.37340	3.57619
03.01.2008	4.43212	4.24115	6.33096	2.96279	4.86492	4.71520	6.37330	3.57532
05.01.2008	4.43183	4.24012	6.33068	2.96197	4.86431	4.71382	6.37404	3.57364
06.01.2008	4.43178	4.24013	6.33145	2.96153	4.86406	4.71451	6.37680	3.57272
07.01.2008	4.43121	4.23918	6.33079	2.96076	4.86451	4.71349	6.37483	3.57320
08.01.2008	4.43121	4.24121	6.33179	2.96174	4.86451	4.71291	6.37434	3.57302
09.01.2008	4.43121	4.24081	6.33132	2.96170	4.86451	4.71273	6.37411	3.57300
10.01.2008	4.43121	4.24063	6.33141	2.96151	4.86451	4.71224	6.37414	3.57265
11.01.2008	4.43121	4.24084	6.33142	2.96166	4.86451	4.71234	6.37367	3.57293
12.01.2008	4.43121	4.24083	6.33722	2.95856	4.86451	4.71234	6.37398	3.57279

21+836.40 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



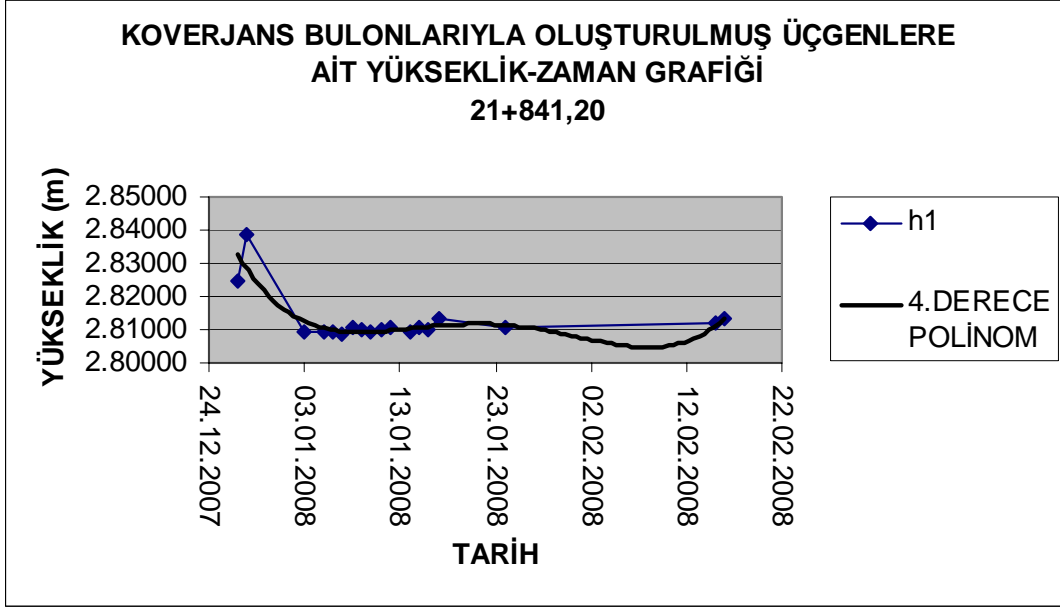
21+836.40 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



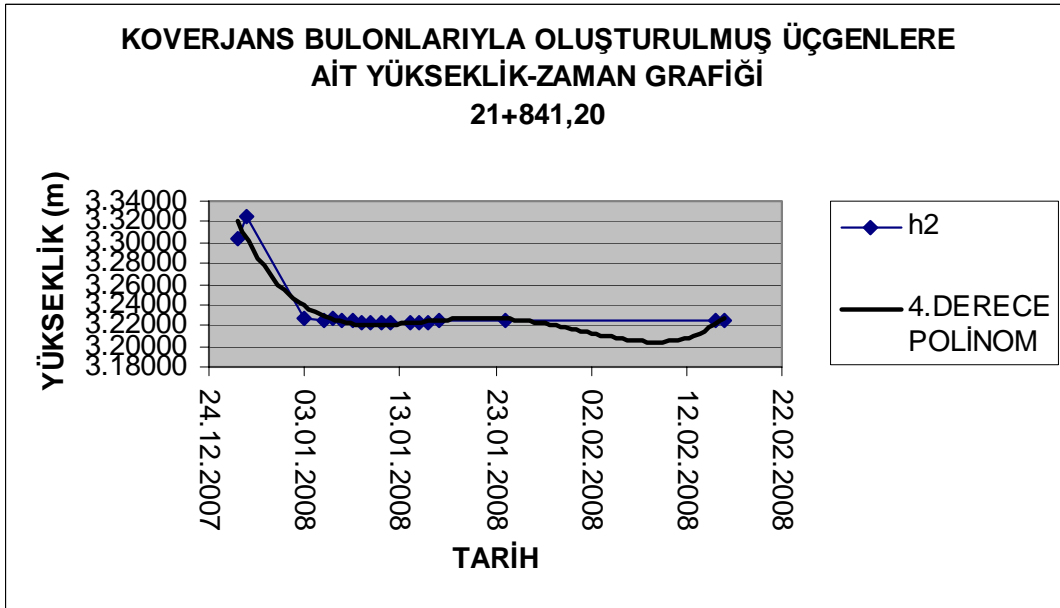
21+841.20 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+841.20								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	4.03934	4.40939	6.27350	2.82457	4.42535	4.80097	6.42607	3.30457
28.12.2007	4.06121	4.40910	6.27811	2.83867	4.43303	4.84563	6.45496	3.32586
03.01.2008	4.02415	4.39091	6.25536	2.80957	4.41871	4.68568	6.41763	3.22613
05.01.2008	4.02396	4.39074	6.25518	2.80940	4.41838	4.68529	6.41743	3.22573
06.01.2008	4.02443	4.39051	6.25610	2.80909	4.41906	4.68520	6.41741	3.22617
07.01.2008	4.02364	4.38983	6.25514	2.80852	4.41828	4.68499	6.41721	3.22556
08.01.2008	4.02046	4.39138	6.24898	2.81059	4.41563	4.68084	6.41112	3.22382
09.01.2008	4.01979	4.39103	6.24872	2.80996	4.41547	4.68061	6.41089	3.22366
10.01.2008	4.01963	4.39021	6.24856	2.80934	4.41498	4.68019	6.41083	3.22305
11.01.2008	4.02008	4.39054	6.24871	2.80984	4.41427	4.67982	6.41083	3.22228
12.01.2008	4.02008	4.39069	6.24764	2.81054	4.41427	4.68071	6.41083	3.22289
14.01.2008	4.02008	4.38987	6.24824	2.80962	4.41427	4.67927	6.41076	3.22194
15.01.2008	4.02008	4.39023	6.24724	2.81043	4.41427	4.67982	6.40986	3.22276
16.01.2008	4.02008	4.39034	6.24827	2.80994	4.41427	4.67892	6.41063	3.22176
17.01.2008	4.02008	4.39155	6.24405	2.81314	4.41427	4.67926	6.40504	3.22476
24.01.2008	4.01923	4.38910	6.24426	2.81060	4.41432	4.67879	6.40361	3.22519
15.02.2008	4.01852	4.39094	6.24356	2.81176	4.41398	4.67820	6.40381	3.22444

21+841.20 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



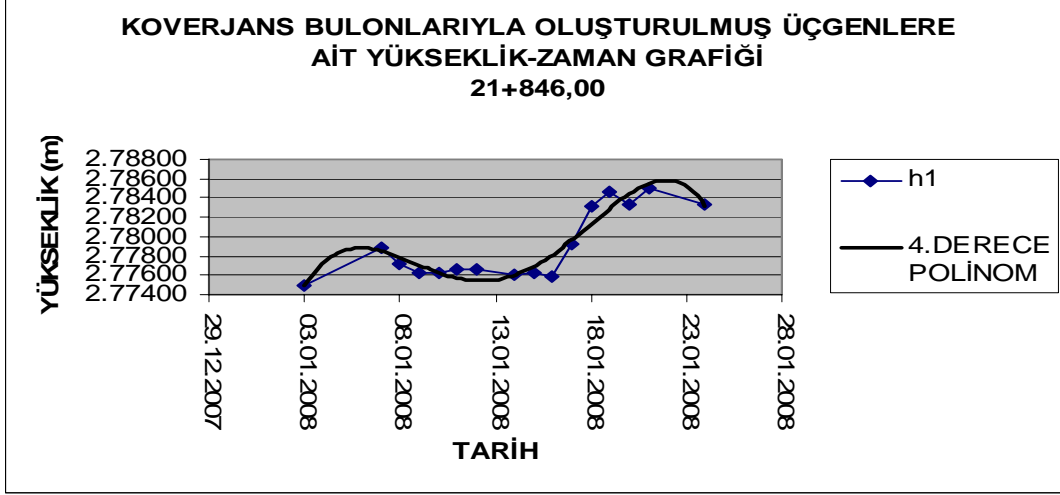
21+841.20 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



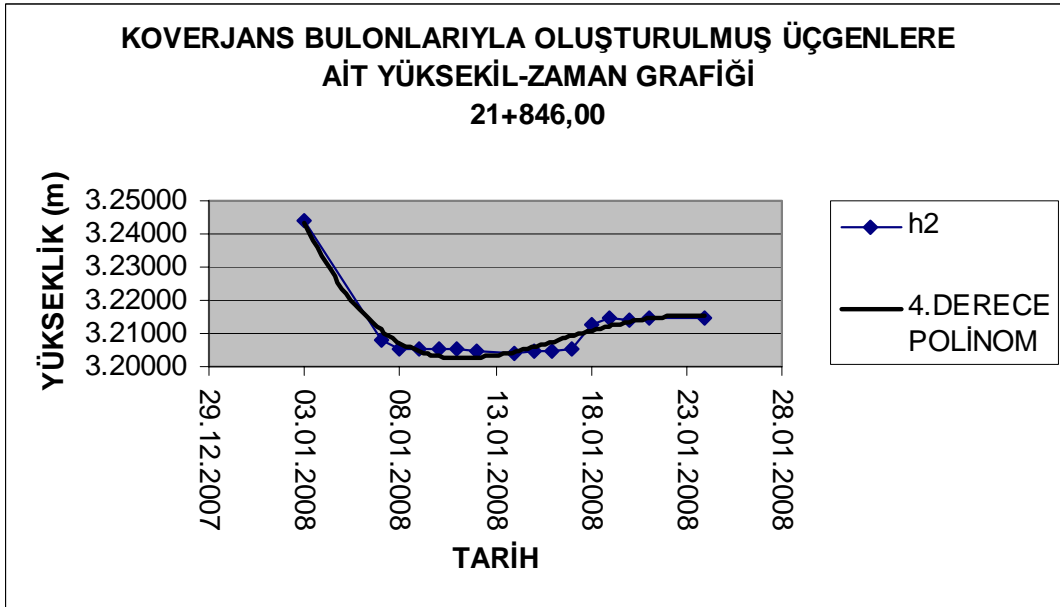
21+846.00 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+846.00								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	4.49696	3.93252	6.32522	2.77491	4.82254	4.31205	6.40915	3.24402
07.01.2008	4.50249	3.92044	6.30800	2.77892	4.77672	4.30132	6.40417	3.20817
08.01.2008	4.50093	3.91845	6.30624	2.77722	4.77478	4.30124	6.40651	3.20566
09.01.2008	4.49991	3.91784	6.30576	2.77628	4.77443	4.30064	6.40623	3.20512
10.01.2008	4.49975	3.91791	6.30576	2.77622	4.77437	4.30082	6.40623	3.20521
11.01.2008	4.50029	3.91790	6.30571	2.77663	4.77426	4.30093	6.40594	3.20536
12.01.2008	4.49997	3.91823	6.30564	2.77670	4.77381	4.30057	6.40599	3.20477
14.01.2008	4.49973	3.91782	6.30581	2.77611	4.77348	4.29970	6.40513	3.20433
15.01.2008	4.49976	3.91794	6.30581	2.77623	4.77427	4.29893	6.40483	3.20444
16.01.2008	4.49972	3.91751	6.30593	2.77579	4.77320	4.30076	6.40621	3.20440
17.01.2008	4.49943	3.91957	6.30220	2.77930	4.77248	4.29882	6.40080	3.20515
18.01.2008	4.49751	3.91819	6.29094	2.78312	4.77067	4.29672	6.37941	3.21292
19.01.2008	4.49854	3.91907	6.29067	2.78470	4.77178	4.29831	6.37956	3.21476
20.01.2008	4.49852	3.91754	6.29079	2.78341	4.77136	4.29824	6.37981	3.21431
21.01.2008	4.49892	3.91923	6.29097	2.78493	4.77187	4.29831	6.37954	3.21483
24.01.2008	4.49808	3.91790	6.29091	2.78331	4.77184	4.29763	6.37916	3.21450
16.02.2008	4.49876	3.91772	6.29094	2.78364	4.76890	4.29769	6.38070	3.21183

21+846.00 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



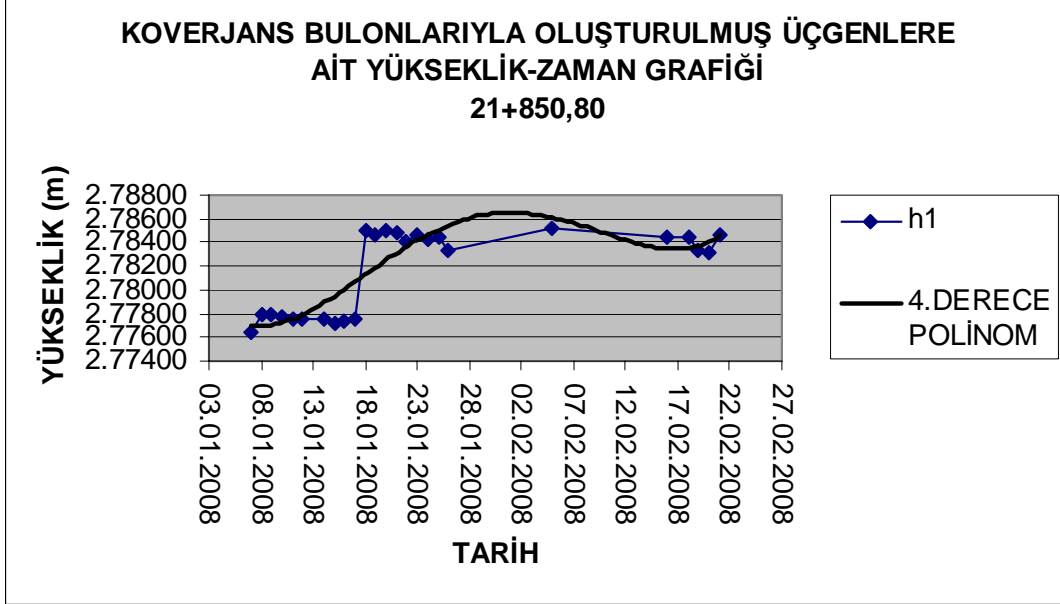
21+846.00 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



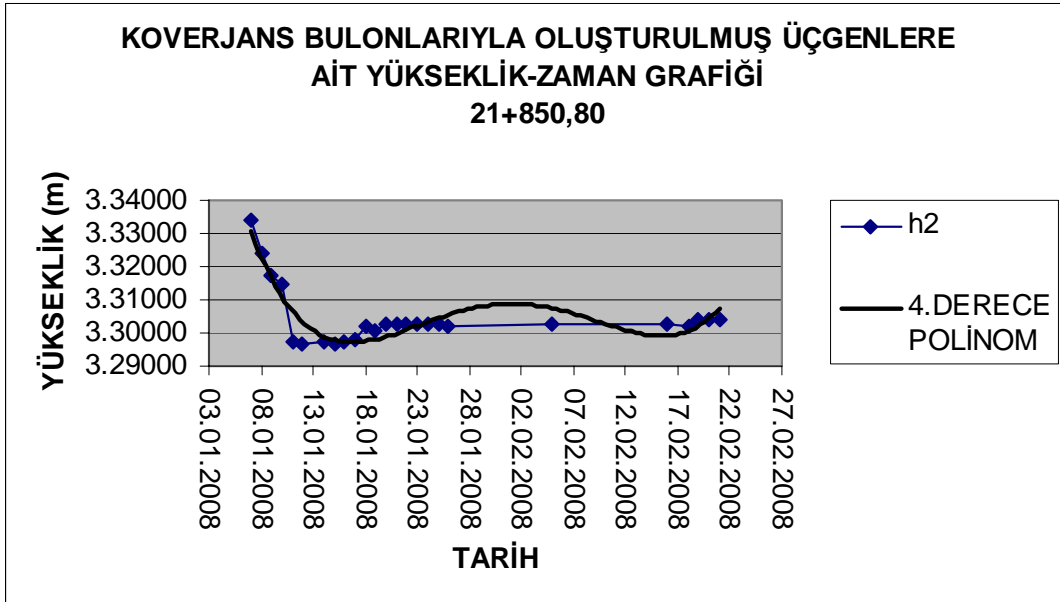
21+850.80 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

KM:21+850.80								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	4.21463	4.10926	6.20036	2.77641	4.60636	4.56185	6.29180	3.33418
08.01.2008	4.21148	4.10739	6.19095	2.77790	4.59180	4.56185	6.29180	3.32421
09.01.2008	4.21137	4.10719	6.19038	2.77799	4.59166	4.54512	6.28136	3.31749
10.01.2008	4.21123	4.10694	6.19017	2.77781	4.59129	4.54142	6.28109	3.31480
11.01.2008	4.21076	4.10698	6.19011	2.77753	4.59092	4.51137	6.27386	3.29710
12.01.2008	4.21087	4.10673	6.18982	2.77758	4.59029	4.51141	6.27337	3.29693
14.01.2008	4.21085	4.10674	6.18981	2.77758	4.59023	4.51121	6.27249	3.29716
15.01.2008	4.21048	4.10652	6.18983	2.77713	4.58996	4.51121	6.27264	3.29691
16.01.2008	4.21082	4.10623	6.18964	2.77727	4.59051	4.51159	6.27348	3.29715
17.01.2008	4.21092	4.10658	6.18967	2.77759	4.59028	4.51129	6.27149	3.29773
18.01.2008	4.20720	4.10132	6.16407	2.78508	4.58685	4.51010	6.25546	3.30216
19.01.2008	4.20669	4.10082	6.16364	2.78456	4.58579	4.50927	6.25528	3.30095
20.01.2008	4.20698	4.10112	6.16364	2.78500	4.58649	4.50927	6.25283	3.30259
21.01.2008	4.20711	4.10094	6.16386	2.78484	4.58649	4.50927	6.25271	3.30264
22.01.2008	4.20639	4.10064	6.16388	2.78407	4.58538	4.50927	6.25041	3.30297
23.01.2008	4.20694	4.10063	6.16347	2.78470	4.58592	4.50927	6.25216	3.30251
24.01.2008	4.20628	4.10084	6.16376	2.78421	4.58562	4.50927	6.25081	3.30295
25.01.2008	4.20634	4.10048	6.16304	2.78438	4.58510	4.50927	6.25057	3.30271
26.01.2008	4.20610	4.09961	6.16327	2.78342	4.58456	4.50927	6.25091	3.30218
05.02.2008	4.20690	4.10140	6.16360	2.78517	4.58661	4.50927	6.25296	3.30261
16.02.2008	4.20640	4.10046	6.16284	2.78452	4.58615	4.50927	6.25170	3.30289
18.02.2008	4.20687	4.09993	6.16272	2.78453	4.58447	4.50927	6.25089	3.30213
19.02.2008	4.20710	4.09794	6.16248	2.78333	4.58718	4.50927	6.25106	3.30389
20.02.2008	4.20541	4.09826	6.16099	2.78315	4.58594	4.50927	6.24907	3.30399
21.02.2008	4.20706	4.09997	6.16285	2.78463	4.58716	4.50927	6.25090	3.30396

21+850.80 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



21+850.80 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği

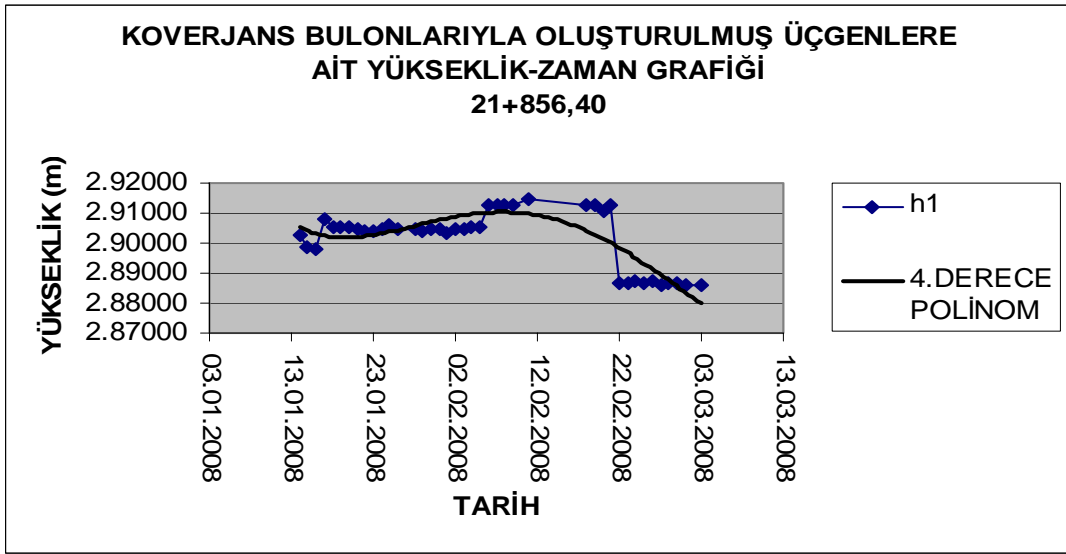


21+856.40 Kilometresindeki h_1 - h_2 yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

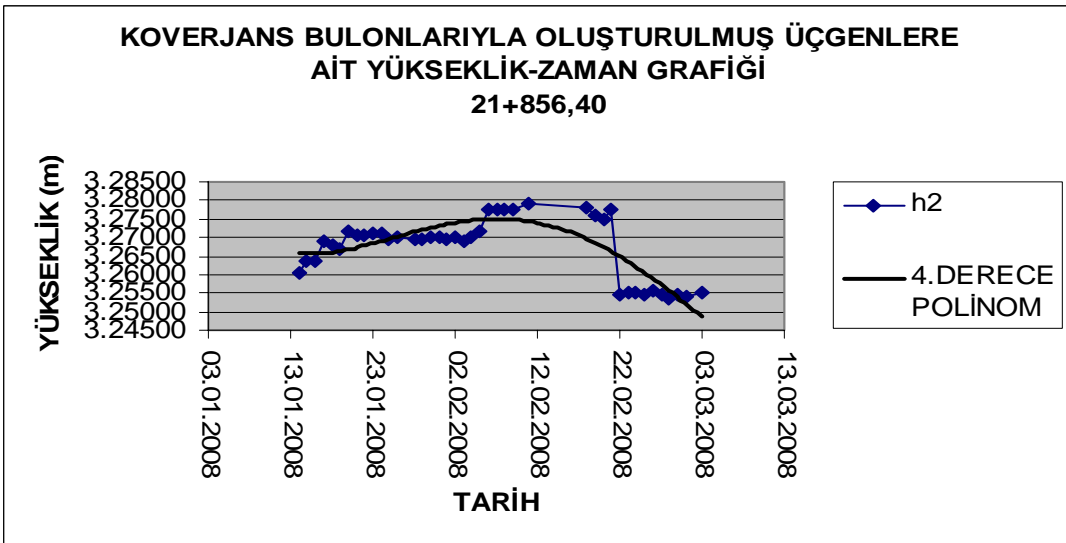
KM:21+856.40								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h_1 (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h_2 (m)
İLK OKUMA	4.21388	4.38695	6.34377	2.90283	4.48846	4.65983	6.41392	3.26046
15.01.2008	4.21088	4.38365	6.34253	2.89885	4.48763	4.68050	6.43456	3.26392
16.01.2008	4.20995	4.38306	6.34158	2.89824	4.48719	4.67984	6.43371	3.26357
17.01.2008	4.20945	4.38932	6.33118	2.90808	4.48640	4.68471	6.42848	3.26891
18.01.2008	4.20876	4.37906	6.32190	2.90516	4.48572	4.67847	6.42096	3.26784
19.01.2008	4.20841	4.37830	6.32022	2.90525	4.48536	4.67769	6.42119	3.26694
20.01.2008	4.20817	4.37707	6.31826	2.90524	4.48465	4.68166	6.41650	3.27144
21.01.2008	4.20760	4.37672	6.31748	2.90499	4.48426	4.68094	6.41623	3.27080
22.01.2008	4.20752	4.37597	6.31767	2.90428	4.48348	4.68124	6.41581	3.27066
23.01.2008	4.20756	4.37564	6.31763	2.90409	4.48398	4.68124	6.41591	3.27097
24.01.2008	4.20740	4.37639	6.31763	2.90452	4.48384	4.68157	6.41542	3.27133
25.01.2008	4.20752	4.37530	6.31374	2.90593	4.48286	4.68029	6.41558	3.26968
26.01.2008	4.20743	4.37616	6.31709	2.90466	4.48368	4.67994	6.41523	3.27019
28.01.2008	4.20761	4.37593	6.31750	2.90441	4.48249	4.68028	6.41493	3.26972
29.01.2008	4.20724	4.37592	6.31726	2.90426	4.48251	4.68005	6.41543	3.26933
30.01.2008	4.20759	4.37557	6.31599	2.90495	4.48276	4.68043	6.41522	3.26988
31.01.2008	4.20719	4.37593	6.31649	2.90464	4.48286	4.68061	6.41527	3.27005
01.02.2008	4.20590	4.37592	6.31652	2.90365	4.48216	4.67964	6.41447	3.26927
02.02.2008	4.20729	4.37653	6.31736	2.90468	4.48294	4.68092	6.41571	3.27010
03.02.2008	4.20744	4.37592	6.31729	2.90439	4.48216	4.67981	6.41522	3.26902
04.02.2008	4.20727	4.37619	6.31592	2.90520	4.48308	4.68043	6.41507	3.27018
05.02.2008	4.20825	4.37718	6.31832	2.90535	4.48471	4.68175	6.41666	3.27147
06.02.2008	4.20756	4.37606	6.30245	2.91262	4.48270	4.68089	6.39986	3.27765
07.02.2008	4.20732	4.37592	6.30228	2.91243	4.48260	4.68074	6.39957	3.27762
08.02.2008	4.20733	4.37581	6.30226	2.91237	4.48234	4.68047	6.39952	3.27727
09.02.2008	4.20719	4.37591	6.30184	2.91256	4.48248	4.68046	6.39921	3.27751
11.02.2008	4.20815	4.37730	6.30082	2.91484	4.48320	4.68148	6.39832	3.27916
18.02.2008	4.20693	4.37552	6.30136	2.91234	4.48184	4.68017	6.39691	3.27798
19.02.2008	4.20732	4.37536	6.30088	2.91278	4.48096	4.67946	6.39921	3.27575
20.02.2008	4.20601	4.37367	6.30039	2.91084	4.48024	4.67810	6.39782	3.27498
21.02.2008	4.20740	4.37560	6.30196	2.91243	4.48236	4.68041	6.39920	3.27740
22.02.2008	4.16863	4.33760	6.24471	2.88683	4.44662	4.64218	6.33999	3.25463

23.02.2008	4.16828	4.33711	6.24447	2.88634	4.44648	4.64186	6.33870	3.25494
24.02.2008	4.16896	4.33782	6.24460	2.88729	4.44691	4.64230	6.33910	3.25535
25.02.2008	4.16799	4.33723	6.24424	2.88634	4.44632	4.64163	6.33862	3.25471
26.02.2008	4.16872	4.33780	6.24424	2.88729	4.44682	4.64235	6.33877	3.25548
27.02.2008	4.16804	4.33701	6.24461	2.88601	4.44633	4.64080	6.33772	3.25459
28.02.2008	4.16809	4.33753	6.24374	2.88690	4.44540	4.64059	6.33823	3.25353
29.02.2008	4.16844	4.33752	6.24482	2.88657	4.44649	4.64185	6.33908	3.25475
01.03.2008	4.16820	4.33643	6.24423	2.88592	4.44537	4.64090	6.33717	3.25424
03.03.2008	4.16691	4.33723	6.24310	2.88614	4.44584	4.64073	6.33602	3.25501

21+856.40 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



21+856.40 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği

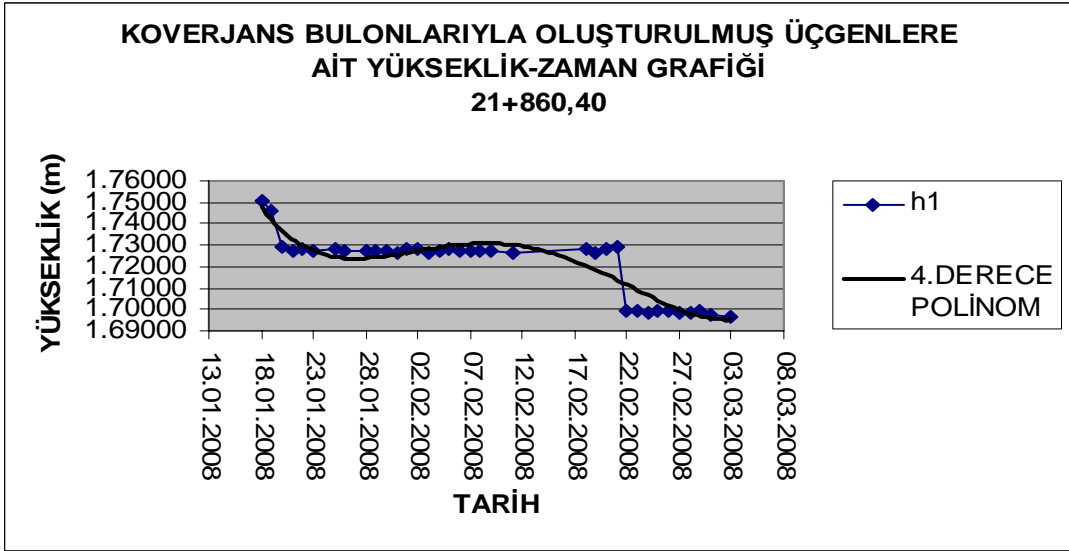


21+860.40 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

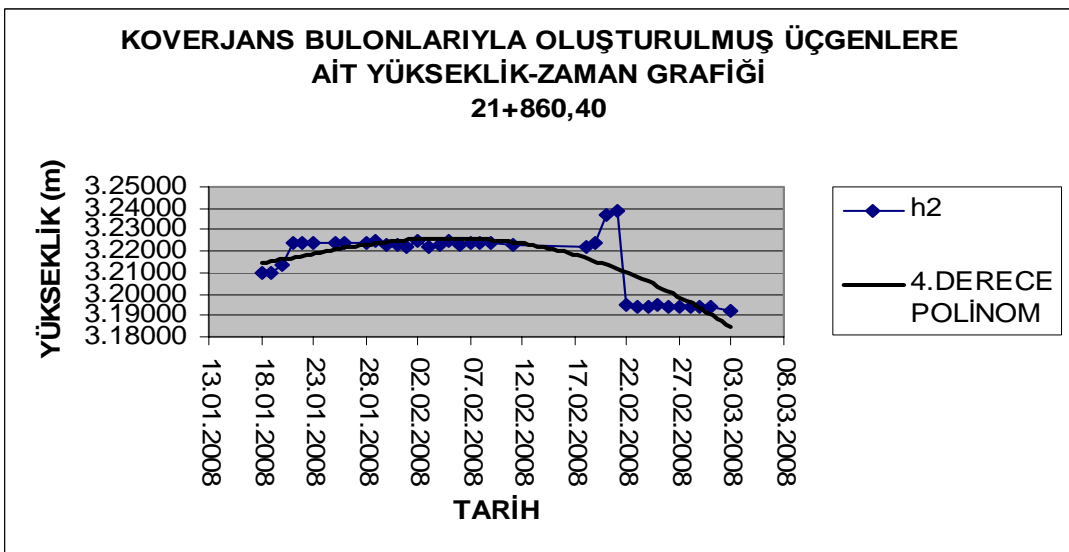
KM:21+860.40								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h ₁ (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h ₂ (m)
İLK OKUMA	3.36808	3.25917	5.62603	1.75097	4.62623	4.37768	6.30864	3.20965
19.01.2008	3.36925	3.25384	5.62779	1.74558	4.62776	4.37101	6.30121	3.20952
20.01.2008	3.36196	3.25367	5.63947	1.72906	4.63647	4.37003	6.30369	3.21351
21.01.2008	3.36011	3.25241	5.63846	1.72691	4.63596	4.36858	6.28023	3.22355
22.01.2008	3.36139	3.25294	5.63923	1.72801	4.63558	4.36961	6.27987	3.22420
23.01.2008	3.36109	3.25229	5.63842	1.72776	4.63551	4.36920	6.27991	3.22384
25.01.2008	3.36073	3.25260	5.63826	1.72784	4.63482	4.36927	6.27991	3.22343
26.01.2008	3.36063	3.25217	5.63872	1.72696	4.63449	4.36974	6.27981	3.22359
28.01.2008	3.36094	3.25164	5.63842	1.72699	4.63447	4.36909	6.27918	3.22342
29.01.2008	3.36049	3.25297	5.63876	1.72756	4.63512	4.36938	6.27841	3.22444
30.01.2008	3.36029	3.25182	5.63764	1.72718	4.63392	4.36918	6.27932	3.22304
31.01.2008	3.36023	3.25214	5.63837	1.72683	4.63452	4.36846	6.27924	3.22297
01.02.2008	3.35968	3.25298	5.63728	1.72801	4.63261	4.36924	6.27936	3.22218
02.02.2008	3.36098	3.25249	5.63829	1.72795	4.63524	4.36964	6.27867	3.22458
03.02.2008	3.36009	3.25147	5.63843	1.72601	4.63298	4.36914	6.27928	3.22240
04.02.2008	3.36001	3.25289	5.63847	1.72727	4.63385	4.36902	6.27862	3.22322
05.02.2008	3.36205	3.25320	5.63952	1.72865	4.63611	4.37041	6.28026	3.22495
06.02.2008	3.36080	3.25285	5.63878	1.72773	4.63522	4.36890	6.28010	3.22334
07.02.2008	3.36069	3.25271	5.63874	1.72752	4.63510	4.36956	6.27952	3.22401
08.02.2008	3.36061	3.25249	5.63873	1.72724	4.63512	4.36901	6.27941	3.22368
09.02.2008	3.36057	3.25249	5.63897	1.72701	4.63544	4.36923	6.28001	3.22377
11.02.2008	3.36120	3.25049	5.63756	1.72683	4.63428	4.36893	6.28001	3.22277
18.02.2008	3.36023	3.25207	5.63710	1.72780	4.63341	4.36809	6.27973	3.22171
19.02.2008	3.36032	3.25215	5.63876	1.72661	4.63530	4.36976	6.27950	3.22430
20.02.2008	3.36282	3.25031	5.63700	1.72865	4.62344	4.36826	6.23419	3.23710
21.02.2008	3.36316	3.25296	5.63946	1.72952	4.62350	4.37025	6.23410	3.23860
22.02.2008	3.32005	3.20236	5.56608	1.69966	4.58473	4.31876	6.19487	3.19454
23.02.2008	3.31974	3.20189	5.56591	1.69905	4.58428	4.31850	6.19436	3.19430
24.02.2008	3.31971	3.20149	5.56578	1.69874	4.58418	4.31825	6.19462	3.19392
25.02.2008	3.31980	3.20219	5.56596	1.69936	4.58421	4.31864	6.19374	3.19465
26.02.2008	3.32015	3.20189	5.56625	1.69917	4.58440	4.31855	6.19434	3.19442
27.02.2008	3.31941	3.20093	5.56507	1.69850	4.58365	4.31859	6.19410	3.19406

28.02.2008	3.31950	3.20149	5.56556	1.69872	4.58402	4.31791	6.19331	3.19421
29.02.2008	3.31989	3.20212	5.56596	1.69938	4.58460	4.31850	6.19490	3.19425
01.03.2008	3.31909	3.20098	5.56594	1.69753	4.58329	4.31810	6.19365	3.19369
03.03.2008	3.31864	3.20030	5.56532	1.69695	4.58247	4.31600	6.19306	3.19191

21+860.40 Kilometresindeki h₁ yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



21+860.40 Kilometresindeki h₂ yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği

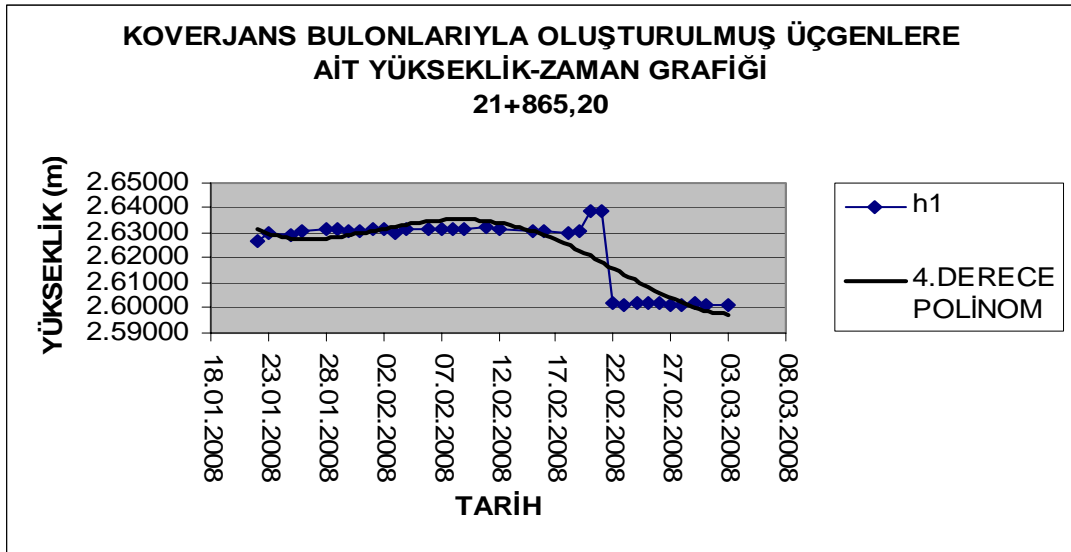


21+865.20 Kilometresindeki h₁-h₂ yüksekliklerinin zamana göre değişim tablosu

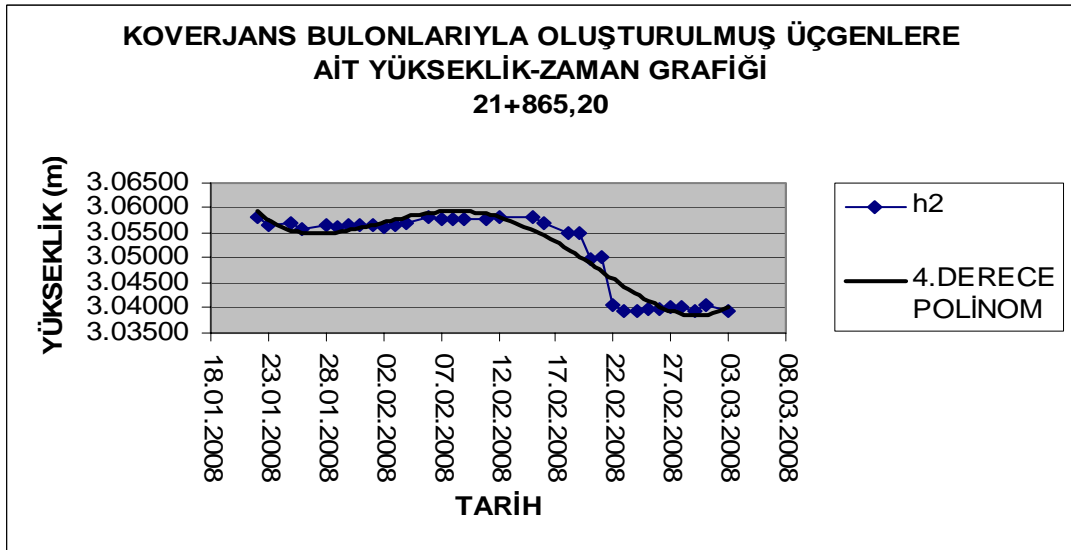
KM:21+865.20								
123 ÜÇGENİ					145 ÜÇGENİ			
ÖLÇÜM TARİHİ	12 KENARI (m)	13 KENARI (m)	23 KENARI (m)	h ₁ (m)	14 KENARI (m)	15 KENARI (m)	45 KENARI (m)	h ₂ (m)
İLK OKUMA	3.87352	4.28988	6.23852	2.62671	4.23002	4.60586	6.36622	3.05832
23.01.2008	3.87141	4.28756	6.22763	2.62970	4.22864	4.60394	6.36487	3.05665
25.01.2008	3.87173	4.28549	6.22590	2.62944	4.22861	4.60412	6.36428	3.05706
26.01.2008	3.87148	4.28826	6.22648	2.63095	4.22667	4.60497	6.36534	3.05565
28.01.2008	3.87263	4.28846	6.22737	2.63150	4.22867	4.60381	6.36491	3.05656
29.01.2008	3.87296	4.28761	6.22648	2.63166	4.22830	4.60419	6.36567	3.05616
30.01.2008	3.87158	4.28771	6.22684	2.63041	4.22906	4.60346	6.36521	3.05646
31.01.2008	3.87194	4.28810	6.22781	2.63042	4.22901	4.60414	6.36553	3.05673
01.02.2008	3.87237	4.28901	6.22694	2.63195	4.22852	4.60357	6.36419	3.05666
02.02.2008	3.87299	4.28743	6.22648	2.63155	4.22793	4.60371	6.36473	3.05604
03.02.2008	3.87194	4.28742	6.22740	2.63016	4.22901	4.60384	6.36506	3.05676
04.02.2008	3.87251	4.28814	6.22724	2.63124	4.22910	4.60391	6.36518	3.05682
06.02.2008	3.87240	4.28838	6.22613	2.63199	4.22982	4.60515	6.36487	3.05837
07.02.2008	3.87224	4.28816	6.22591	2.63182	4.22933	4.60482	6.36454	3.05795
08.02.2008	3.87208	4.28811	6.22593	2.63165	4.22899	4.60467	6.36451	3.05761
09.02.2008	3.87207	4.28780	6.22578	2.63150	4.22934	4.60463	6.36452	3.05783
11.02.2008	3.87350	4.28740	6.22510	2.63274	4.23107	4.60288	6.36455	3.05790
12.02.2008	3.87214	4.28809	6.22587	2.63171	4.22976	4.60478	6.36451	3.05826
15.02.2008	3.87169	4.28709	6.22563	2.63075	4.22974	4.60431	6.36417	3.05809
16.02.2008	3.87225	4.28746	6.22630	2.63108	4.22887	4.60380	6.36465	3.05684
18.02.2008	3.87067	4.28710	6.22529	2.63014	4.22913	4.60341	6.36782	3.05513
19.02.2008	3.87120	4.28715	6.22468	2.63096	4.22935	4.60284	6.36744	3.05509
20.02.2008	3.86207	4.27958	6.18960	2.63856	4.22817	4.59623	6.36685	3.04994
21.02.2008	3.86220	4.27972	6.18995	2.63857	4.22830	4.59628	6.36670	3.05015
22.02.2008	3.82300	4.24005	6.14831	2.60220	4.18907	4.55795	6.27698	3.04063
23.02.2008	3.82277	4.23920	6.14815	2.60148	4.18892	4.55765	6.27844	3.03956
24.02.2008	3.82312	4.24009	6.14846	2.60224	4.18885	4.55769	6.27905	3.03923
25.02.2008	3.82257	4.23976	6.14813	2.60175	4.18810	4.55764	6.27671	3.03983
26.02.2008	3.82310	4.23991	6.14822	2.60223	4.18885	4.55806	6.27874	3.03964
27.02.2008	3.82219	4.23951	6.14767	2.60153	4.18863	4.55728	6.27632	3.04018
28.02.2008	3.82198	4.23910	6.14723	2.60132	4.18854	4.55713	6.27580	3.04028
29.02.2008	3.82292	4.23988	6.14820	2.60208	4.18878	4.55780	6.27875	3.03940

01.03.2008	3.82210	4.23941	6.14773	2.60135	4.18864	4.55726	6.27549	3.04060
03.03.2008	3.82195	4.23861	6.14714	2.60098	4.18718	4.55649	6.27481	3.03933

21+865.20 Kilometresindeki h_1 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



21+865.20 Kilometresindeki h_2 yüksekliğine ait yükseklik zaman grafiği



Ek 3 4. Levent – Ayazağa metro projesine ait parametreler

İnşaat işi	:17.680-22.405 m arası
Güzergâh uzunluğu	: 4725 m
Depo bağlantı tünelleri	: 3 adet (1.320+425+835=2.580 m)
Toplam tek hat tünel boyu	: 14.344 m
Depo alanı	: 65613 m ²
İstasyon sayısı:	6 İstasyonlar: Sanayi, İTÜ-Ayazağa, Atatürk Oto Sanayi Sitesi, Darüşşafaka İstasyonlarına ilaveten Seyrantepe depo sahasından Sanayi İstasyonuna mekik hat biçiminde bağlanacak olan bir istasyon eklenmiştir.
İhale tarihi	: 05.08.2003
Sözleşme tarihi	: 01.10.2004
İşe başlama tarihi	:18.10.2004
2009 Ocak sonu itibarıyla sözleşmeye göre işin süresi:	30 Ay
En Yüksek Kazı İlerleme Hızı	: 1018 m / Ay (Temmuz 2006)
	: 1011 m / Ay (Haziran 2006)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 19.05.1981

Doğum yeri Şanlıurfa

Hazırlık 2001-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Yabancı Diller Bölümü

Lisans 2002-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2006- Devam ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fot. Müh. ABD. Geomatik Programı

Çalıştığı kurum

2006- Devam ediyor İBB Harita Müdürlüğü Kontrol Mühendisi