



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYA VE TOPRAK ORTAMDA KURULAN İNKLİNOMETRE ÖLÇÜM KUYULARINDAN ELDE EDİLEN DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİNİN MATEMATİKSEL ANALİZİ

Mehmet MESUTOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz - 2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KAYA VE TOPRAK ORTAMDA KURULAN İNKLİNOMETRE ÖLÇÜM KUYULARINDAN ELDE EDİLEN DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİNİN MATEMATİKSEL ANALİZİ

Mehmet MESUTOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İhsan ÖZKAN

2013, 215 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. İhsan ÖZKAN
Doç. Dr. Alparslan TURANBOY
Yrd. Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN

Açık ocak madenciliği, karayolu-demiryolu yarmaları, baraj gibi yerüstü mühendislik kazılarında ve doğal yamaçlarda, şev duyarsızlığı koşulunda önemli can ve mal kayıpları olabilmektedir. Ayrıca tarım havzalarında, yeraltı su kullanımına bağlı olarak topografyada meydana gelen oturmalar, sosyal yaşamı etkilemektedir. Şevde fark edilen deformasyonlar sıklıkla jeodezik yöntemlerle izlenebilmektedir. Bu ölçüm yöntemine alternatif en aktif yöntem, inklinometre ölçüm yöntemidir. İnklinometre ölçüm yönteminde sondaj kuyusu açılmakta ve ölçüm algılayıcısı, kuyu içerisinde hareket ettirilerek kuyu ekseni boyunca oluşan yatay deformasyonlar, 0.01 mm hassasiyetinde kayıt edilebilmektedir. İnklinometre ölçümlerinin değerlendirilmesinde kullanılan orijinal grafiksel sunumlar, üretici firmaların yazılımları ile alınabilmekte ancak değerlendirmelerde bu grafikler bazen yetersiz kalmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, iki farklı çalışma sahası göz önüne alınmıştır. Bunlar TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi ve Konya-Çumra tarım havzasıdır. İlk çalışma sahası kaya, ikincisi ise toprak ortama aittir. Orhaneli sahası için 9 adet inklinometre ölçüm kuyusu kurulmuş ve 105 gün boyunca 13 kez ölçüm yapılmıştır. Çumra tarım havzasında 11 adet inklinometre ölçüm kuyusu kurulmuş olup 542 gün boyunca 6 kez ölçüm yapılmıştır. Her iki çalışma sahası için ilk değerlendirmeler, orijinal grafikler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Matematiksel analizlerde kullanılmak amacıyla, istatistiksel analizlerle geliştirilen matematiksel modelin doğruluğu denetlenmiştir. Matematiksel modele ait istatistiksel sabitler bulunmuş ve yeni bir inklinometre analiz yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen matematiksel model ve analiz metodu yardımıyla, inklinometre ölçüm sonuçlarına ulaşılabilmekte, yapılmayan bir ölçüme ait sonuçlar tahmin edilebilmekte, kuyu içerisinde problem yaratabilecek kritik derinlikler belirlenebilmekte, ayrıca hız ve ivme analizleri yapılabilmektedir.

Anahtar kelimeler: İnklinometre, kaya mekaniği, matematiksel model, şev duraylılığı.

ABSTRACT

MASTER THESIS

MATHEMATICAL ANALYSIS FOR IN-SITU DEFORMATIONS OBTAINED FROM INCLINOMETER MEASUREMENT BOREHOLES ESTABLISHED INSIDE ROCK AND SOIL STRUCTURES

Mehmet MESUTOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MINING ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İhsan ÖZKAN

2013, 215 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. İhsan ÖZKAN
Assoc. Prof. Dr. Alparslan TURANBOY
Asst. Prof. Dr. Hakan ÖZŞEN

The slope safety in surface excavation carried out for engineering studies such as open pit mining, road-rail cut slopes and dams and natural slopes is very important. The under unstable conditions it can be loss of life and property. In addition, the social life is affected by the subsidence formed in topography based on using underground water. The noticed deformations in slope can often monitor by geodetic methods. The developed inclinometer measurements are the most active of alternative methods. In the measurement method of inclinometer, firstly borehole is drilled after than borehole deformations formed along the axis are monitored by inclinometer probe which can sensitivity of 0.01 mm. To evaluate monitored borehole deformations, the original graphical presentations can be with software manufacturers. However, in evaluation studies, these graphs are sometimes inadequate.

In this master thesis, two different sites were taken into account in. These are TKI-GLI-BLI Orhaneli lignite open pit mine and Konya-Çumra agricultural basin. The first study area belongs to rock and the second soil structure. In Orhaneli mine site, inclinometer measurements carried out by 9 monitor boreholes were made 13 times for 105 days. Similarly, in Çumra agricultural region, by the established 11 boreholes, these measurements were made 6 times for 542 days. The first evaluations based on both regions were performed by the original graphical output. The accuracy of the mathematical model developed by statistical analysis supervised in order to use mathematical analysis. The statistical constants are found and also a new analysis method was developed. By the developed mathematical model and analysis method, in-situ measurements can be predicted, failure plane can be found, and also velocity and acceleration analysis can be carried out.

Keywords: Inclinometer, rock mechanics, mathematical modeling, slope stability.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, beni yönlendiren ve bana yardımcı olan danışmanım Doç. Dr. İhsan Özkan'a, Maden Mühendisliği Bölümü imkânlarından yararlanmamı sağlayan Prof. Dr. Alper Özkan'a ve Prof. Dr. M. Kemal Gökay'a, tezimi tamamlamamda desteğini ve yardımlarını eksik etmeyen Arş. Grv. Hasan Ali Taner'e ve diğer bölüm hocalarıma, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan İbrahim Küçük'e, TKİ-GLİ-BLİ müdürü Ercan Gebeş'e, işletme istihsal şube müdürlüğünden Metin Subaşı ve Habil Tanrıverdi'ye, ayrıca işletme etüt-proje mühendisliğinden jeoloji mühendisi Erman Divilioğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Saha çalışmalarımda bana yardım eden Maden Mühendisliği öğrencileri, Meriç Kaya, Cihan İzgi, Ali İhsan Baldanbal, Ahmet Ateş, Yaşar Bilgehan Dursun ve diğer öğrenci arkadaşlara minnettarım. Ayrıca tezin değerlendirmesinde değerli katkılarını esirgemeyen tez jüri üyeleri Doç. Dr. Alparslan Turanboy ve Yrd. Doç. Dr. Hakan Özşen'e teşekkürlerimi sunarım. Son olarak maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Fazilet Mesutoğlu, babam Ahmet Mesutoğlu'na ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet MESUTOĞLU

KONYA–2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Problemin Tanımı 1
1.2. Çalışmanın Amacı 1
1.3. Çalışmanın İçeriği 2

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

2.1. Genel 3
2.2. Doğal ve Mühendislik Yapılarında Şev Kayması Türleri 3
2.3. Kaya ve Toprak Ortamlarda Deformasyon İzleme Yöntemleri 6
2.3.1. Jeodezik yöntemler 6
2.3.2. Jeodezik olmayan yöntemler 7
2.4. Sondaj Kuyuları İçerisinden İnklinometre Yöntemi ile Deformasyonların İzlenmesi 8
2.4.1 İnklinometre cihazı 8
2.4.2. İnklinometrik ölçüm için sondaj kuyusunda yapılan hazırlıklar 9
2.4.3. İnklinometrik ölçümler 10
2.4.3.1. İnklinometrik ölçüm verilerinin değerlendirilmesi 15
2.5. Tez Konusuyla İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar 19

3. MATERYAL VE YÖNTEM **35**

3.1.Genel 35
3.2. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi Sahası Hakkında Genel Bilgiler 35
3.2.1. Kuruluş ve tarihçe 35
3.2.2. Coğrafi konum ve ulaşım 36
3.2.3. Orhaneli kömür havzası 37
3.2.3.1. Gümüşpınar bölümü 37
3.2.3.2. Sağırlar (Altıntaş) bölümü 37
3.2.3.3. Çivili bölümü 38
3.2.4. Sahanın genel jeolojisi 38
3.2.5. Yapısal jeoloji 39
3.2.5.1. Genel yapı 39
3.2.5.2. Tabaka doğrultu ve eğimleri 39
3.2.5.3. Kıvrımlar ve faylar 39
3.2.6. Orhaneli kömür havzasının rezerv durumu 40

3.2.6.1. Sahada yapılan sondajlar 40
3.2.6.2. Rezerv Durumu 41
3.2.6.3. Havza kömürünün nitelikleri 41
3.2.7. Madencilik çalışmaları 42
3.2.8. Sahada karşılaşılan şev kayması problemlerine ait tarihsel gelişim 44
3.3. Konya Çumra Kapalı Tarım Havzası Hakkında Genel Bilgiler 46
3.4. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Gümüşpınar Kömür Sahasında Kaya Ortam için Yapılan Çalışmalar 47
3.4.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti 49
3.4.2. Sondaj kuyularının açılması ve inklinometre ölçüm sisteminin kurulması 52
3.4.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları 54
3.4.4. İnklinometre ölçüm sonuçları 60
3.5. Konya Çumra Tarım Havzasında Toprak Ortam için Yapılan Çalışmalar 65
3.5.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti ve sondaj çalışmaları 65
3.5.2. İnklinometre ölçüm kuyularının kurulma çalışmaları 69
3.5.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları 69
3.5.4. İnklinometre ölçüm sonuçları 73

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 76

4.1. Genel 76
4.2. Matematiksel Modele Ait Önceki Çalışmalar 76
4.3. Matematiksel Analizler İçin Veri Tabanının Hazırlanması 78
4.4. Daha Önce Geliştirilen Matematiksel Model Üzerinde Ön Analiz Çalışmaları 92
4.5. Kaya Ortamlar için Orhaneli Linyit Açık Ocağında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi 99
4.5. Çumra Tarım Havzasında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi 119

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 136

5.1. Genel 136
5.2. Sonuçlar 136
5.3. Öneriler 140

KAYNAKLAR 141

ÖZGEÇMİŞ....215

SİMGELER VE KISALTMALAR

A : 50 mm
A+ : Referans yönü
A- : Okuma yönü
B+ : Okuma yönü
B- : Okuma yönü
Δ : Sapma miktarı (mm)
L : İnklinometre algılayıcısında bulunan tekerler arası mesafe (500 mm)
θ : Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısı (derece)
U_g : Saha inklinometre ölçümünden elde edilen deformasyon
U_m : Modelden elde edilen deformasyon
U_{mt} : Modelden elde edilen zamana bağlı deformasyon
U_{my} : Modelden elde edilen yağışa bağlı deformasyon
$\sum U_g$: Saha inklinometre ölçümünden elde edilen toplam deformasyon
$\sum U_m$: Modelden elde edilen toplam deformasyon
$\Delta\sum U_g$: Saha inklinometre ölçümünden elde edilen toplam deformasyon artışı
$\Delta\sum U_m$: Modelden elde edilen toplam deformasyon artış
AD : Mutlak deformasyon (Absolute Displacement)
AED : Mutlak Doğu Deformasyon (Absolute East Displacement)
AND : Mutlak Kuzey Deformasyon (Absolute North Displacement)
BLİ : Bursa Linyitleri İşletmesi
CD : Birikimli Deformasyon (Cumulative Displacement)
CED : Birikimli Doğu Deformasyon (Cumulative East Displacement)
CND : Birikimli Kuzey Deformasyon (Cumulative North Displacement)
EÜAŞ : Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GELİ : Güney Ege Linyit İşletmesi
GLİ : Garp Linyitleri İşletmesi
GSI : Jeolojik Dayanım İndeksi
ID : Artış Deformasyon (Incremental Displacement)
IED : Artış Doğu Deformasyon (Incremental East Displacement)
IND : Artış Kuzey Deformasyon (Incremental North Displacement)
ISRM : Uluslar arası kaya mekaniği derneği(International Society for Rock Mechanics)
KOSKİ : Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
RMR : Kaya Kütle İndeksi
SPT : Standart Penetrasyon Deneyi
TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB: Türkiye Mühendis ve Mimar Odalar Birliği

1. GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı

Yerüstü kaya mühendislik yapılarında oluşturulan şevler ve doğal yamaç şevleri; zaman içerisinde mevsimsel etkilere ve mühendislik çalışmalarına maruz kalarak duraysız duruma gelebilmektedirler. Sahadaki uygulayıcı mühendisler, duraysız şevi izlemek ve gerekli önlemleri almak istemektedirler. Duraysız şevlerin zamana bağlı izlenmesinde, temelde iki farklı yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki topografik yüzeyden izleme yöntemi, ikincisi ise sondaj kuyuları içerisinden, kaya veya toprak ortamda oluşan yatay deformasyonların izlenmesidir.

Topografik yüzeyden yapılan ölçümlerde, kütledeki hareketler belirlenebilmekte ancak kütle içerisindeki deformasyonların derinlik yönünden hangi noktalara kadar etkin oldukları bilinememektedir. Sondaj kuyusu içerisinden yapılan inklinometrik ölçümler ise olası kayma düzlemlerinin geçeceği derinlikleri en somut sonuçları ile verebilmektedir. Mühendislik yapılarında ve doğal yamaç şevlerinde oluşan deformasyonlar haricinde, eğimli olmayan topografik yapılarda da yeraltı su kullanımına bağlı deformasyonlar gözlenebilmektedir. Bu tür sorunların olduğu bölgelerde de benzer şekilde jeodezik ve jeodezik olmayan ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır.

İnklinometre ölçüm yönteminde ölçüm kuyusu içerisindeki her 0.5 m'lik derinliklerde yatay deformasyonlar alınabilmekte ve kuyunun hangi noktasından olası kayma düzleminin geçebileceği belirlenebilmektedir. Bu ölçüm yönteminde kuyuların kurulması ve ölçümlerin yapılması pahalı ve zahmetli olabilmektedir. Ölçüm kuyularından sık ölçümlerin yapılamadığı zaman dilimlerinde veya ölçüm kuyularının kurulmadığı bölgelerde, ölçüm değerlerinin ne olacağı, saha mühendisleri tarafından, alınabilecek önlemlerin belirlenebilmesi açısından önemlidir. Ayrıca alınan ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde izlenecek yöntem biçimi, saha mühendislerince yeterince bilinmemektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, kaya ortamlara ait örnek çalışma sahası olarak TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli linyit açık ocağı ve toprak ortamlar için Konya kapalı havzasında önemli bir

tarım sahası olan Çumra tarım havzası seçilmiştir. Her iki farklı malzeme davranışına sahip ortamlarda açılan sondaj kuyuları içerisinden;

i) Yatay yöndeki deformasyonları inklinometre ölçüm cihazı ile ölçülmesi,
ii) Çalışma sahasına düşen yüzey sularının takip edilmesi,
iii) Yatay yönde oluşan deformasyonların zamana bağlı davranışlarının belirlenmesi,
iv) Kaya ve toprak ortamlar için inklinometre ölçüm sistemi ile ölçülen deformasyonları, zamana, malzeme özelliklerine ve yağış gelirine bağlı olarak tahmin edebilen bir matematiksel modelin hazırlanması,
v) Matematiksel model yardımıyla, inklinometre ölçümlerine ulaşılabilinmesi ve ölçüm yapılmayan bir tarihteki inklinometre ölçüm değerlerinin tahmin edilmesi,

bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

1.3. Çalışmanın İçeriği

Tez çalışması; giriş, kaynak araştırması, materyal ve yöntem, araştırma sonuçları ve tartışma, sonuçlar ve öneriler olmak üzere 5 bölümden oluşmaktadır.

Giriş bölümü; problemin tanımı, çalışmanın amacı ve içeriği ile ilgili bilgilerin sunulduğu alt başlıklardan oluşmaktadır.

Kaynak araştırması bölümü; doğal ve mühendislik yapılarında şev kayma türleri, kaya ve toprak ortamlarda deformasyon izleme yöntemleri, inklinometre yöntemi ile deformasyonların izlenmesi ve tez konusuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar hakkındaki özet bilgilerden oluşmaktadır.

Materyal ve yöntem bölümü; TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli Linyit İşletmesi ve Konya-Çumra tarım havzası hakkında genel bilgiler ve sahalarda gerçekleştirilen ölçüm sistemlerinin kurulması ile ilgili bilgilerin sunulduğu alt başlıklardan oluşmaktadır.

Araştırma sonuçları ve tartışma bölümü; her iki çalışma alanı için inklinometre ölçüm sonuçlarına dayalı geliştirilen matematiksel yaklaşım ve bu yaklaşıma bağlı yapılan analiz sonuçlarını içermektedir.

Sonuçlar ve öneriler bölümü ise; bu tez çalışması sonucunda ulaşılan sonuçlar ve önerilerden oluşmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Genel

Şev genel anlamda yatay ya da mevcut arazi yüzeyi ile belirli bir açı yapan kütle olarak tarif edilebilir (Das, 1994; Cernica, 1995). Şev duraylılığı, uzun yıllar boyunca kaya ve toprak ortamlar ile uğraşan mühendisler tarafından çalışılmıştır. Laman ve ark.(2006)'a göre; şev duraysızlıkları; depremler, sel baskınları, kasırgalar gibi doğal afetlere benzer olarak ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir.

Günümüzde mekanik ve hidrolik konusundaki teknolojilerin hızla gelişmesine bağlı olarak kapasiteleri artan kazı ve yükleme makineleri geliştirilmektedir. Bu sayede açık ocak madenciliğinde ulaşılan ocak derinlikleri, bugün 400 metrelere kadar inmiştir (Özkan ve Özşen, 2010). Açık ocak madenciliğinde, maden ocağını çevreleyen kaya şevlerinin duraysızlığı ve doğal yamaçlardaki şevlerin duraysızlığı, madencilik çalışmalarını önemli ölçüde engellemekte ve doğal yamaçlardaki yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Dikkate alınmayan duraysızlıklar, işletmelerdeki işlerin aksamasına hatta can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Bununla birlikte, tarımsal alanlarda gerçekleştirilen faaliyetlerde kullanılan yeraltı sularının kullanımına bağlı oluşan deformasyonlar, uzun zaman dilimlerinde ciddi sorunlara yol açabilmektedir.

Bu bölümde; doğal ve mühendislik kaya yapılarında şev kayması türleri, şev kayması için geliştirilen izleme yöntemleri, şev duraylılık analiz yöntemleri, tarımsal alanlarda gözlenen deformasyonlar ve tez konusuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar sunulmuştur.

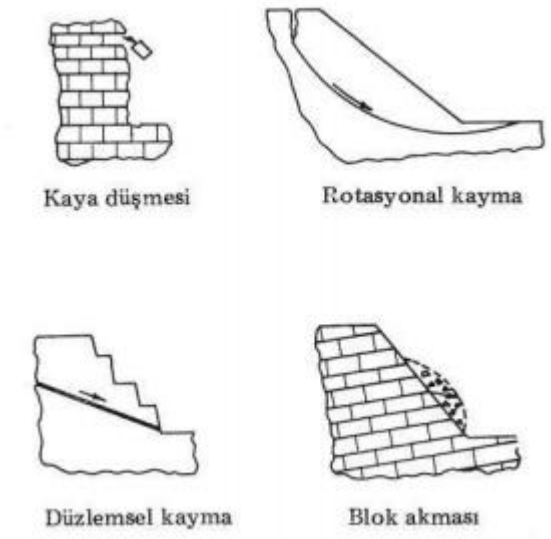
2.2. Doğal ve Mühendislik Yapılarında Şev Kayması Türleri

Duraysız şevlerde, yenilme mekaniği çok çeşitli olabilmektedir. Şev duraylık analizlerinde, özellikle denge sınırı yöntemi için yenilme mekanizmasının doğru olarak belirlenmesi gereklidir. Duraysız şevlerde alınacak önlemler, duraysızlığın nedeni ile yakından ilgilidir.

Şev duraysızlıklarını yenilme mekanizmasına göre sınıflandıran araştırmacılardan Hutchinson (1968) , Şevlerde Kütle Hareketlerine Göre Jeomorfolojik Sınıflandırma başlığını taşıyan makalesinde duraysızlıkları, akma (creep), donmuş zemin olayı ve heyelanlar olmak üzere üç ana davranış gurubunda toplamıştır.

Knill'in sınıflandırması (1967) ise üç ana kategori ile aynı doğrultudadır. Bunlar, kaya düşmeleri, kaya kaymaları ve akmadır.

Coates (1970) kaya düşmesi, rotasyonal kayma, düzlemsel kayma ve blok kayması olmak üzere şev duraysızlıklarını dört sınıfa ayırmıştır. Bu duraysızlık türlerine ait tipik şekiller Şekil 2.1' de verilmiştir. Richards (1975), son 15 yıldır yapmış olduğu araştırmalar sonucunda devrilme türü duraysızlığı da içine alan sınıflama öngörüsünde altı tür yenilme mekanizmasından bahsetmiştir (Şekil 2.2). Jennings (1970), Piteau (1970), Goodman ve Bray (1976) gibi araştırmacılar bu duraysızlık türlerinden bazılarını kendi içlerinde alt sınıflara ayırmayı önermişlerdir. Ulusay (1982), Sherman (1973) ve Smith (1974)'i kaynak göstererek, altı ayrı dairesel kayma türü olduğunu ifade etmiştir.

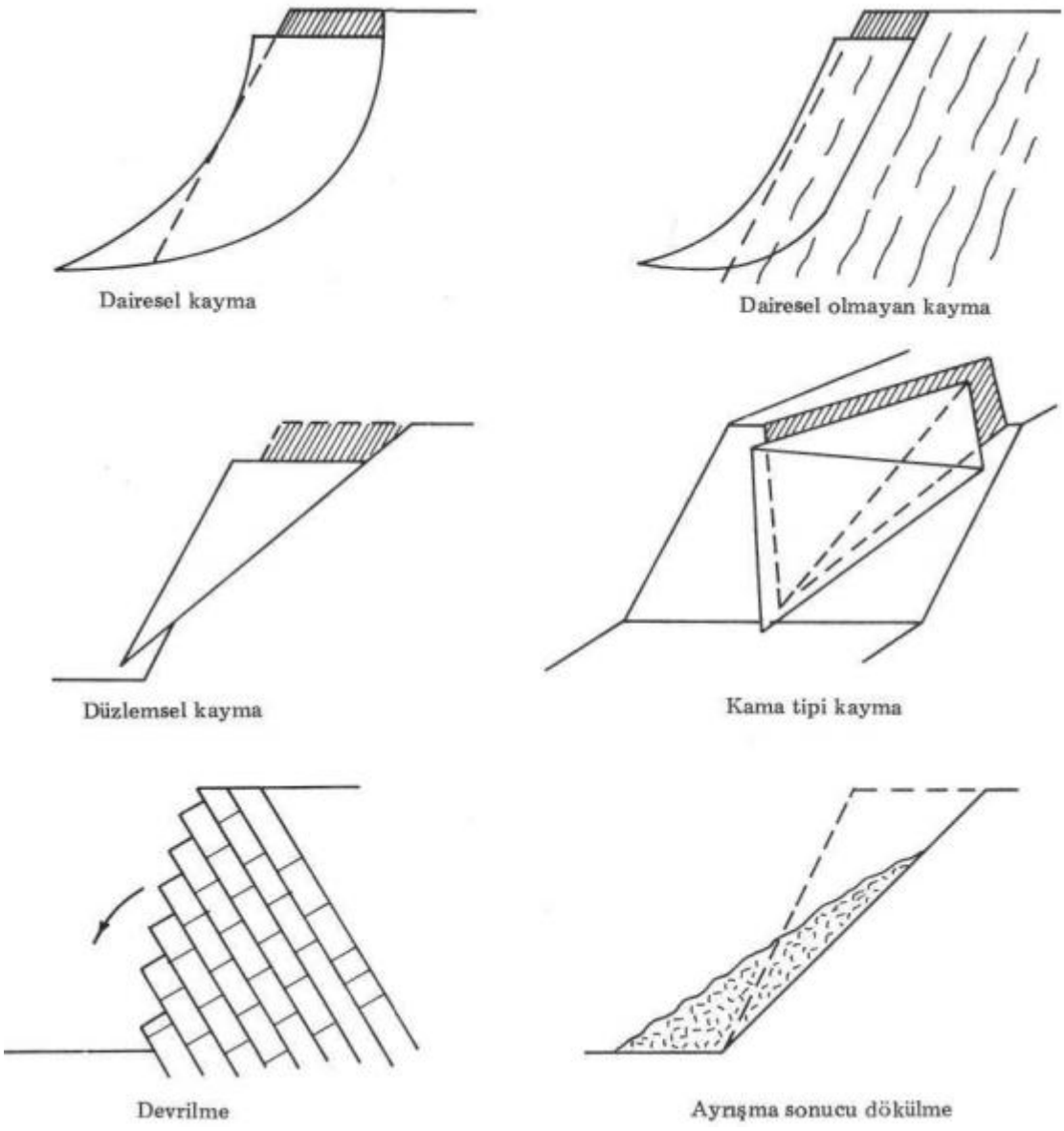


Şekil 2.1. Coates'e göre şev duraysızlık türleri (Coates, 1970)

Gözlenen kayma türü yenilmeler, belirli yüzey ya da yüzeyler boyunca, makaslama direncinin aşılmasından dolayı ortaya çıkarlar. Kayma, süreksizlik düzlemi ya da düzlemleri gibi belirgin bir yüzey boyunca olacağı gibi, dairesel kaymada ya da kayma malzemesinin yenilmesinde olduğu gibi daha önceden belirlenmemiş bir yüzey boyunca da olabilir. Belirgin düzlem ya da düzlemler tarafından sınırları çizilen kaymalar, düzlemsel kayma ve kama tipi kayma olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca farklı bir yönden kendi içinde basit, basamaklı ve poligonal olmak üzere üçe ayırmak mümkündür. Önceden belirlenmemiş kayma yüzeylerinin oluşması, dairesel kayma

türünde mümkün olmaktadır. Bunların haricinde ise bazen hem dairesel hem de düzlemsel ya da kama kayma birlikte olabilmektedir.

Kayma dışı yenilmelerde, kayma olayı oluşuyorsa da yenilme mekaniği edilgen niteliktedir. Bunları da üç gruba ayırmak mümkündür. Bunlar sırasıyla; devrilme türü yenilmeler, kaya düşmeleri ve blok akması ve kayanın alterasyonu sonucu dökülmelerdir.



Şekil 2.2 Açık işletmelerde gözlenen şev yenilme türleri (Richards, 1975)

2.3. Kaya ve Toprak Ortamlarda Deformasyon İzleme Yöntemleri

Duraysızlık sorunlarının yaşandığı doğal şevlerde ve mühendislik şevlerinde zamana, mevsimsel etkilere ve diğer etkilere bağlı olara kaya kütlesi içerisinde oluşan yer değişimlerinin uzun zaman aralığında izlenmesi gerekmektedir. Son derece zahmetli ve yoğun çalışmalar gerektiren yerinde deformasyon izleme çalışmalarının yapılabilmesi için çok değişik ölçme donanımlarının kullanıldığı farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanı, klasik jeodezik yöntemlerle deformasyonların izlenmesidir.

Yersel ve uzay tekniklerinin yer aldığı jeodezik yöntemler kullanılarak, yapılardaki ya da yeryüzü parçasındaki yatay ve düşey deformasyonlar izlenebilmektedir. Bunun yanında jeoteknik donanımların ve meteorolojik sensörlerin kullanıldığı, genel olarak jeodezik olmayan yöntemler olarak adlandırılan deformasyon izleme yöntemleri de son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kuang 1996, Hill & Sippel 2002).

Günümüzde şevlerde ve düz topografik alanlarda gerçekleştirilen deformasyon izleme çalışmalarında, her iki sistemden de yararlanılarak hem yüzeyde hem de değişik derinliklerdeki yatay ve düşey deformasyonlar belirlenebilmektedir (Çizelge 2.1).

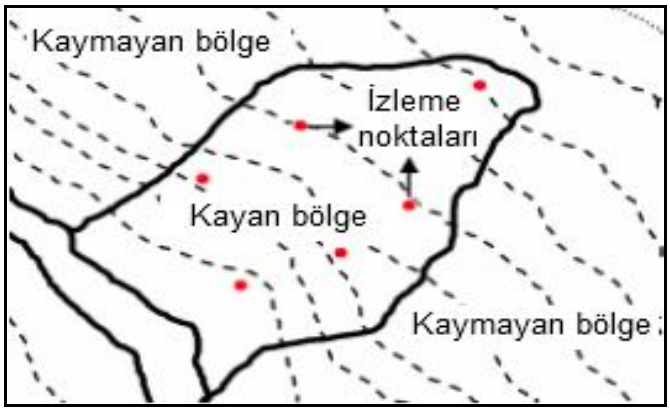
Çizelge 2.1. Jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemler (Kalkan, 2009)

Jeodezik Yöntemler	Kullanılan Cihaz ve Donanımlar
Aliynman ölçmeleri	Teodolit, laser optik, invar tel vs.
Klasik konum ölçmeleri	Total station, teodolit ve uzaklıkölçer
Uydu tabanlı konum ölçmeleri	GPS, Glonas ve Galilo alıcıları
Hassas trigonometrik nivelman	Hassas total station, teodolit ve uzaklık ölçer
Hassas geometrik nivelman	Presizyonlu nivelman donanımı
Laser scaner tekniği	Laser scanner
İnterferometrik SAR görüntü tekniği	SAR uydu görüntülerinin değerlendirilmesi
Jeodezik Olmayan Yöntemler	**Ölçme Donanımları**
Eğim ölçmeleri	İnklinometre
Deplasman ölçmeleri	Settlement tube (Manyetik oturma)
Uzunluk değişim ölçmeleri	Ekstensometreler
Boşluk suyu basıncı ölçmeleri	Piezometreler
Düşeyden ayrılma ölçmeleri	Reserved pendulum
Derz ölçmeleri	Jointmetreler
Çatlak Ölçmeleri	Crackmetreler

2.3.1. Jeodezik yöntemler

Jeodezik yöntemlerde yer değişim izleme işlemi, Çizelge 2.1'de belirtilen cihazlar yardımıyla yapılmaktadır. Sahada hareketin oluşacağı bölgenin topografik

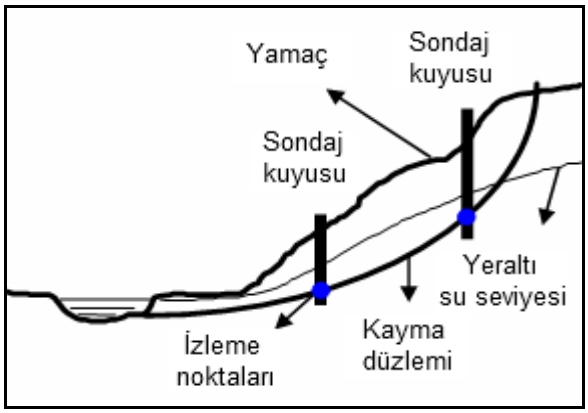
yüzeyinde belirlenen noktalara yerleştirilen izleme istasyonlarından, bu noktaların x,y ve z koordinat değişimleri takip edilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Jeodezik yöntemler (Sisgeo, 2006)

2.3.2. Jeodezik olmayan yöntemler

Jeodezik olmayan yöntemler, Çizelge 2.1.'de belirtilen ilk dört cihaz yardımıyla kütle içerisine açılan düşey bir kuyu içerisinden yapılabilmektedir (Şekil 2.4). Açılan sondaj kuyusu içerisinden yapılan ölçümlerden deformasyonların veya yeraltı su basınçlarının en büyük olduğu derinlikler somut bir şekilde belirlenebilmektedir. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi birbirini gören iki ölçüm kuyusundan belirlenen kritik noktalardan mutlaka bir kayma düzlemi geçecektir. Uygulama mühendislerinin almaları gereken önlemlerin boyutlarını daha iyi görmelerini ve algılamalarını sağlayacaktır. Çizelge 2.1'de bulunan, jeodezik olmayan yöntemlerden son üç tanesinde ise, eğimli topografyada deformasyonlar nedeniyle oluşan çatlaklar izlenebilmektedir.



Şekil 2.4. Jeodezik olmayan yöntemler (Sisgeo, 2006)

Yüksek lisans tez konusunun temelini oluşturan inklinometre ölçüm cihazının çalışma prensibi, ayrıntılarıyla aşağıda sunulmuştur.

2.4. Sondaj Kuyuları İçerisinden İnklinometre Yöntemi ile Deformasyonların İzlenmesi

Sondaj kuyuları içerisinden deformasyonların izlenmesi amacıyla, jeoteknik donanımları ve bazı özel cihazları içeren jeodezik olmayan yöntemler, kaya ve toprak ortamlarda hareketlerin değerlendirilmesinde çok sık olmasa da kullanılmaktadır.

Bu amaçla kullanılan temel jeoteknik sensörler ve diğer cihazlar, inklinometre, piezometre, manyetik oturma kolonu (settlement gauges), extensometre, çatlak ölçer (crackmeters and joinmeters), basınç ölçer (pressure cell), strengeç (strain gauges), termometrelerdir. (Hill & Sippel 2002). Bu cihazlar amacına uygun şekilde bölgeye tesis edilir ve zamana bağlı veriler toplanır. Tez çalışmasında kullanılan inklinometre hakkında genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.4.1 İnklinometre cihazı

İnklinometre ölçüm cihazı, bir algılayıcı (prob) yardımıyla sahada açılmış olan sondaj ölçüm kuyusunun eksenindeki açısal sapmaları ölçerek, kuyu eksenindeki deformasyonları ölçmeye yarayan bir ölçerdir. İnklinometre cihazları ile genelde düşey kuyulardaki, yatay deformasyonlar takip edilmektedir. Uygulamaları az da olsa tünel ya da galerilerde açılan, değişik açılara sahip ölçüm kuyularındaki deformasyonlar da izlenmektedir. İnklinometre ölçüm borusu genellikle düşey veya düşeye yakın bir açıyla açılan sondaj kuyuları içerisine yerleştirilir ve böylece kuyu içerisindeki deformasyonların ölçümüne olanak sağlar. Boru ekseninde gerçekleşen açısal sapmalar trigonometrik fonksiyonların yardımıyla deformasyon değerlerine dönüştürülür. İnklinometre cihazının başlıca kullanım alanları (Özkan, 2010);

i. Şevlerde ve dolgularda kayma bölgesinin belirlenmesi,
ii. Dolgu barajlarında baraj setindeki kayma ve oturmaların izlenmesi,
iii. Kazıklarda veya istinat yapılarında oluşan yatay hareketlerin gözlenmesi,
iv. Dolguların veya yumuşak zemin üzerinde yapılan diğer yapıların oturmalarının gözlenmesi,

v. Yeraltı açıklıklarında (galeri ve tünel gibi) açıklık tabanında ve yan duvarlardaki yatay deplasmanın izlenmesi,

vi. Yerleşim merkezlerinde açılan metro tünel yüzeylerinde oluşan tasman (yüzeyde oluşan oturmalar) büyüklüklerinin izlenmesi,

vii. Yatay deformasyonlardan yola çıkılarak eğilme momentlerinin hesaplanmasıdır.

İnklinometre ölçüm düzeneği genel olarak üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; hassas bir şekilde ölçüm yapabilen taşınabilir bir algılayıcı, algılayıcının ölçtüğü değerleri hafızasına kaydeden ve aynı zamanda bir elektrik güç kaynağı olarak da kullanılan okuma ünitesi ve ölçüm yapan algılayıcının okuma ünitesiyle bağlantısını sağlayan ölçekli kablodur (Özkan, 2010). İnklinometre ölçüm cihazının bahsedilen kısımları Şekil 2.5'de sunulmuştur.

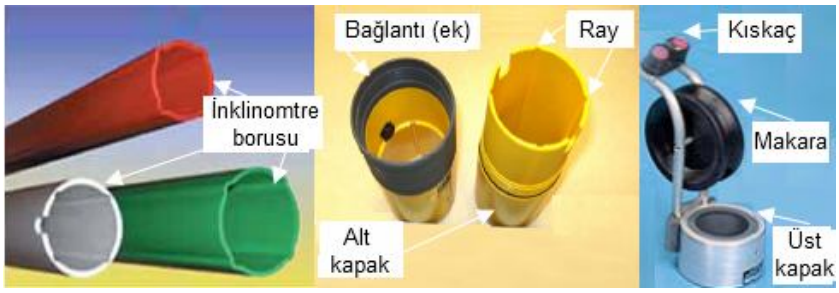


Şekil 2.5. İnklinometre cihazı bileşenleri (Mıh, 2010, Özkan, 2010)

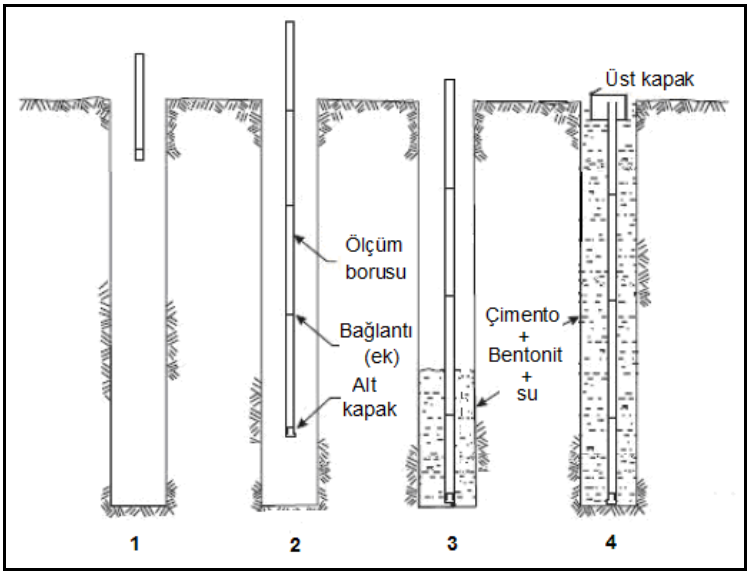
2.4.2. İnklinometrik ölçüm için sondaj kuyusunda yapılan hazırlıklar

İnklinometrik ölçümlerde kullanılan ölçüm borusundan daha büyük çaplı bir sondaj kuyusunun açılması gereklidir. Açılacak sondaj kuyusunun derinliği önemlidir. Ölçüm kuyusu, inklinometre borusunun düşey eksenine dik yönde oluşan, yatay yöndeki deformasyonların olmadığı ya da çok az olacağına inanılan seviyede bulunan

kaya biriminde en az 3-4 m daha ilerlemelidir. Daha sonra ölçüm borusunun sondaj kuyusuna yerleştirilmesi işlemlerine geçilir. Ölçüm borusu, üretici firmalara bağlı olarak 1,5-3,0 m uzunluğunda ve değişik çaplarda, nitelikli plastik malzemeden yapılmıştır. Bu borunun içinde ölçüm sırasında algılayıcının tekerleklerinin yerleştirildiği birbirine dik açılar yapan 4 adet kılavuz ray bulunmaktadır (Şekil 2.6). Ölçüm borusu açılan sondaj kuyusuna art arda eklenerek yerleştirilir. Ölçüm borusu sondaj kuyusuna yerleştirildikten sonra çimento-bentonit-su karışımı malzeme kuyu ile ölçüm borusu arasındaki boşluğa doldurulur. Böylece ölçüm borusu bu karışım içerisinde sabitlenir. Bu işlem Şekil 2.7'de görülmektedir (Machan ve Bennett, 2008).



Şekil 2.6. Ölçüm borusu ve bileşenleri (Mıh, 2010, Özkan,2010)



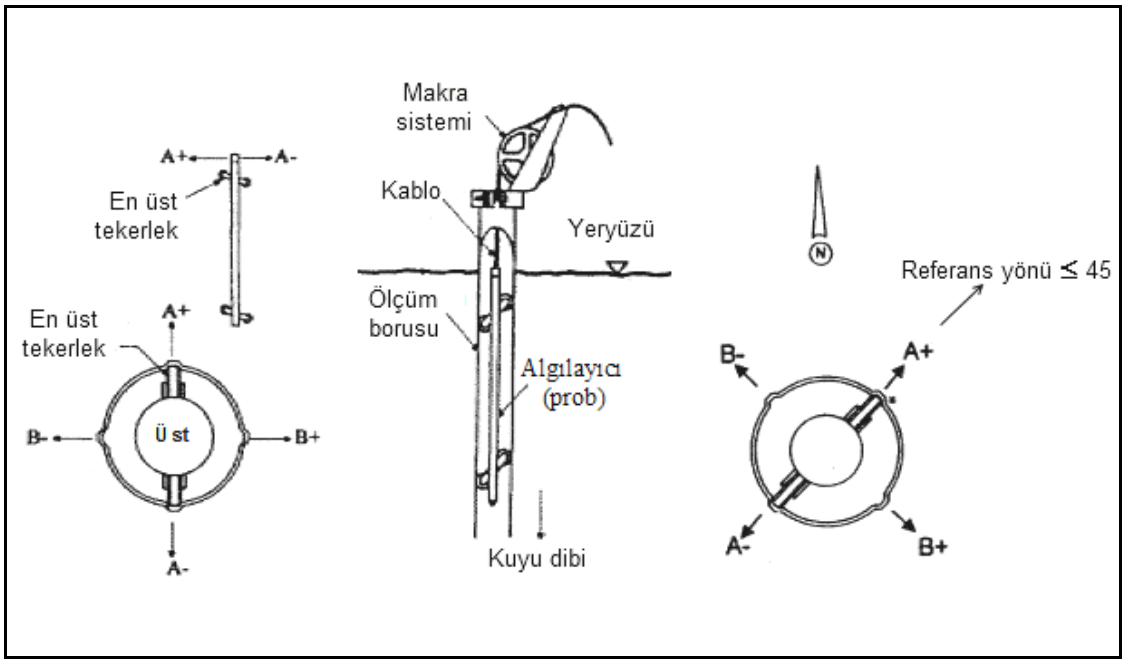
Şekil 2.7. Ölçüm borusunun kuyuya yerleştirilmesi (Machan ve Bennett, 2008)

2.4.3. İnklinometrik ölçümler

Sondaj kuyusu içerisine ölçüm borularının yerleştirilmesi tamamlandıktan ve boru çevresine yapılan çimento-bentonit karışımının konmasından sonra sondaj ölçüm

kuyusu 2 gün içerisinde inklinometre ölçümlerine hazır hale gelmektedir. Ancak ölçüm boruları kuyu içerisinde sabitlenmeden önce ölçüm borusu içerisindeki raylardan bir tanesi, kuzeyden ≤ 45° açı yapacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu koşul sağlandığında ölçümlerde A+ olarak tanımlanan referans ray belirlenmiş olmaktadır (Özkan, 2010).

Şekil 2.8'de görüldüğü gibi ölçümün alınabilmesi için okuma ünitesi ile bağlantısı sağlanan algılayıcının en üst tekerleği referans olarak seçilen A+ yönündeki referans raya yerleştirilir. Bu esnada diğer üst teker A- rayındadır.

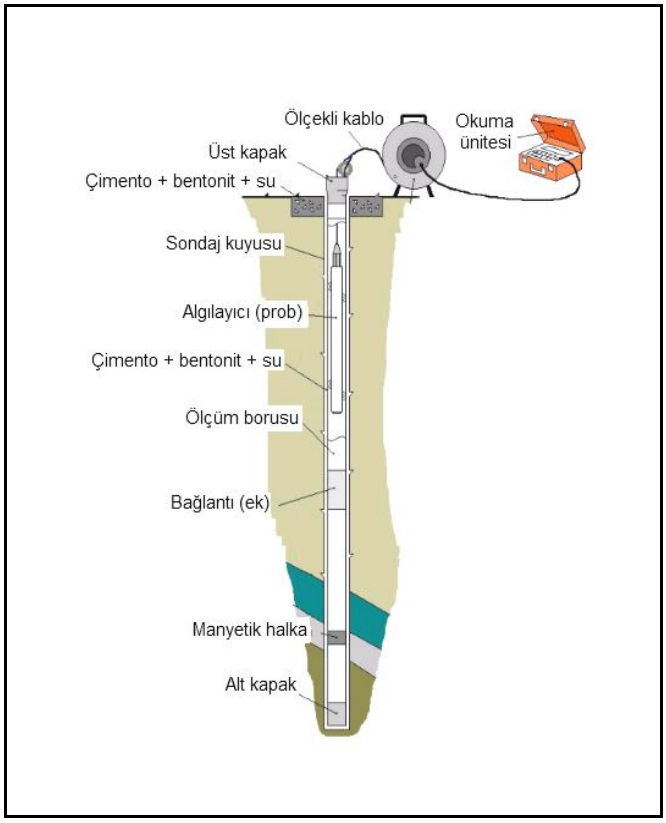


Şekil 2.8. İnklinometre cihazının kuyuya yerleştirilmesi (Graham, 1989)

Ölçümler sistematik olarak iki türlü yapılabilmektedir. Bunlardan birincisi kuyu dibinden kuyu başına doğru, ikincisi ise kuyu başından kuyu dibine doğrudur. Genel olarak ölçümlerde daha çok birinci yöntem kullanılmaktadır. Eğer kuyu içerisinde herhangi bir problem varsa algılayıcı (prob) aşağı indirilirken (ölçüm yapılmadan) problem tespit edilerek ölçümün yapılıp yapılmamasına karar verilebilir. Aksi takdirde kuyunun ilk metrelerinde yapılan ölçümler boşa gidecektir. Özkan (2010), bu ölçümlerde gerçek ölçüme geçilmeden önce klavuz prob (sahte prob) kullanımını önermektedir.

Birinci ölçüm yöntemine göre ölçümlerin alınabilmesi için algılayıcının kuyu tabanına değmesi gerekmektedir. Algılayıcı kuyu tabanına indirildikten sonra inklinometre algılayıcısının (prob) daha doğru ölçüm yapabilmesi amacıyla yaklaşık 10 dakika inklinometrenin kuyu dibi ortam sıcaklığına uyum göstermesi için

beklenmelidir. İnklinometre ile okuma ünitesi arasındaki bağlantıyı sağlayan 0,5 m aralıklara bölünmüş olan ölçekli kablo ile algılayıcı, her 0.5 m'de bir yukarı doğru çekilir ve ölçüm kuyusu ağzındaki sabitleyici kıskaç yardımıyla sabitlenir. Kayıt cihazının ekranında görülen ölçüm değerleri hafızasına kaydedilir (Şekil 2.9). Bu işleme algılayıcının kuyu başına gelmesine kadar 0,5m okuma aralıkları ile devam ettirilir (Özkan, 2010).



Şekil 2.9. İnklinometre algılayıcısının sondaj kuyusu içerisinde hareketi ve veri kaydı (Sisgeo 2006, Özkan ve Özşen, 2010)

İnklinometre ölçümleri iki yönlü ve dört yönlü olmak üzere iki ayrı şekilde yapılabilmektedir. Dört yönlü ölçüm sisteminde izlenecek yol aşağıda sunulmuştur (Özkan,2010);

i) Algılayıcının en üst tekeri (Şekil 2.8) referans ray A+'ya yerleştirilir. Bu esnada algılayıcının üst kısmındaki diğer teker A- rayında konumlanır.

ii) Bu pozisyonda inklinometre algılayıcısı kaya tabanına indirilir. Algılayıcının ortam sıcaklığına uyum sağlaması için 10 dk beklenir ve daha sonra ölçüme başlanır.

iii) Algılayıcı kuyu başına geldiğinde ilk aşama tamamlanmış olur bu esnada veri toplama ünitesi II. aşamaya geçiş için ikaz verir.

iv) İkinci aşama için bu kez algılayıcının en üst tekeri B+ rayına gelecek şekilde prob kuyuya sokulur. Bu esnada diğer üst teker B- rayında konumlanır. Bu şekilde prob kuyu dibine indirilir ve ölçüme başlanır.

v) Algılayıcı kuyu başına geldiğinde veri toplama ünitesi III. aşamaya geçiş için ikaz verir.

vi) Algılayıcının en üst tekeri bu kez A- rayına gelecek şekilde prob kuyuya indirilir. Bu işlem ile diğer üst tekerin A+ rayına yerleşmiş olması gerekir. Bu koşul sağlandıktan sonra prob kuyu dibine indirilir ve her 0,5 m 'de bir prob çekilerek ölçümler yapılır. Prob kuyu başına gelince veri toplama ünitesi IV. aşamaya geçiş için ikaz verir.

Son IV. aşama için probun en üst tekeri bu kez B- rayına gelecek şekilde prob kuyuya indirilir. Bu işlem ile diğer üst teker B+ rayına yerleşmiş olur. Algılayıcı kuyu dibine indirilir ve daha sonra ölçüme geçilir. Algılayıcı kuyu başına gelince ölçüm tamamlanmış olur.

İki yönlü diğer ölçüm sisteminde izlenecek yol (Özkan, 2010) ;

i) Algılayıcının en üst tekeri (Şekil 2.8) referans ray olan A+'ya yerleştirilecek şekilde prob kuyu içerisine indirilir. Bu esnada algılayıcının üst kısmındaki diğer teker A- rayında konumlanır.

ii) Algılayıcı, okuma ünitesi (veri toplama ünitesi)' ne bağlı ölçüm kablosu ile kuyu dibine indirilir. Daha sonra yaklaşık 10 dk kuyu dibinde, probun ortam ısısına uyum sağlaması için beklenir. Takibinde ölçüme geçilir.

iii) Algılayıcı kuyu başına geldiğinde veri toplama ünitesi II. aşamaya geçiş için ikaz verir.

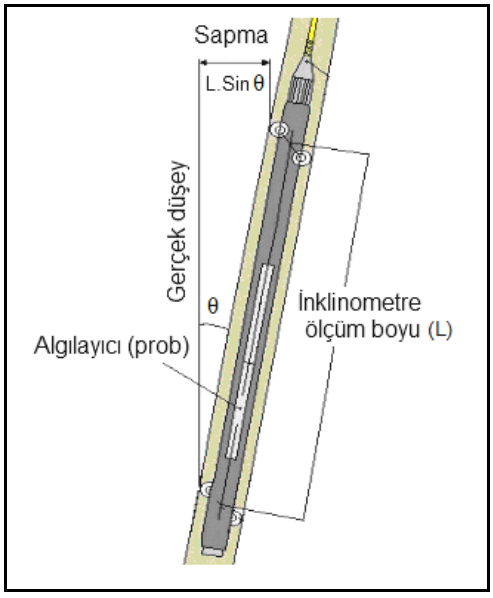
iv) Algılayıcının en üst tekeri A- rayına diğer üst teker ise A+ rayına gelecek şekilde prob kuyu içerisine alınır. Bir başka deyişle algılayıcı I. aşama ölçümüne göre 180° çevrilmiş olur. Algılayıcı bu koşul altında kuyuya indirilerek ölçümlere geçilir. Algılayıcı kuyu başına gelince ölçüm tamamlanmış olur.

Yukarıda belirtilen dört yönlü ve iki yönlü ölçüm sistemlerinden bir tanesi seçilir. Genel olarak ilk referans ölçümü dört yönlü yapılıp, diğer sistematik ölçümler

iki yönlü olarak yapılmaktadır. Bunun nedeni; iki yönlü ölçümde kullanılan A+,A- raylarında herhangi bir deformasyon olması durumunda, başlangıçta yapılan dört yönlü okumada hafızaya atılan B+,B- raylarındaki veriler kullanılır. Ancak bu durumda, sistematik ölçümlerde B+,B- rayları kullanılacaktır (Özkan, 2010). İlk referans okuma, sıfır okuması olarak adlandırılır. Diğer bir deyişle, inklinometre borusunun tesis edilmesini izleyen sürede deformasyona maruz kalmadan ilk konumu belirlenmelidir. Çünkü sıfır okuması daha sonra yapılacak ölçümlerde referans olarak kullanılacaktır.

Ölçüm aralığının sıklığı ölçüm kuyusunda gözlenen deformasyonun büyüklüğüne bağlı olarak seçilmelidir. Sorunlu bölgelerde açılan kuyularda okuma aralıkları daha kısa seçilirken, hızlı bir kayma hareketinin olmadığı kuyularda daha uzun seçilmektedir. İnklinometre okumalarının 15 günde bir yapılması Ertürk, 1996 tarafından önerilmektedir. Okuma dönemleri, okuma sonuçlarının değerlendirilmesine göre değiştirilebilir.

Hareketin olacağı yön olarak kabul edilen ve referans noktası olarak tayin edilen A+ yönünde meydana gelecek yanal hareketlerin yeri ve büyüklüğü, 0.5 m'de bir algılayıcı ile alınan okumalarda farklı sapma açılarının hesaplanması sonucu saptanabilmektedir. Algılayıcı kuyu tabanına indirilip her 0.5 m'de bir yukarı çekilerek alınan ölçüm değerleri algılayıcının bulunduğu derinliklerde, ölçüm borusunun düşeyle yaptığı açısal sapma miktarını göstermektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. İnklinometre ile düşeyden sapmanın ölçümü (Sisgeo, 2006, Özkan ve Özşen, 2010)

Ölçüm sonunda kaydedilen A+, A- ve B+, B- değerleri kullanılarak kuyu eksenindeki yatay sapma değerleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Ertürk, 1996);

$$\Delta = \pm L .\mathrm{Sin}\theta \qquad (2.1)$$

Eşitlik 2.1'de;

Δ : Sapma miktarı (mm)

L : İnklinometre algılayıcısında bulunan tekerler arası mesafe (500 mm) (Şekil 2.10)

θ : Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısı (Derece)(º)

dır. Eşitlik 2.1 deki ± hareketin yönünü ifade etmektedir.

Sapma miktarı, sapma açısının sinüsü ile doğru orantılıdır. Yani hareket beklenen A+ yönünde giderek artıyorsa sapma açısı θ'da artar ve böylece ölçüm değerinin artmasına neden olacaktır. Eşitlik 2.1'de hesaplanan sapma değerleri, sapma açıları çok küçük olduğunda ise çok küçük değerler olarak hesaplanacaktır. İşlemleri basitleştirmek için Eşitlik 2.1'de bulunan sapma miktarları 100 ile çarpılır (Ertürk, 1996). Buna göre;

$$\Delta\ (10^2\ \mathrm{mm}) = \pm L.\mathrm{Sin}\theta.100 \qquad (2.2)$$

eşitliği elde edilir. İnklinometre borusunun en üst tekerliği A+ rayında iken kuyunun her 0,5 metresindeki sapma miktarları Eşitlik 2.2 kullanılarak hesaplanır. Bu sapma miktarları algılayıcının orta noktasının bulunduğu derinliğe aittir (Ertürk, 1996).

2.4.3.1. İnklinometrik ölçüm verilerinin değerlendirilmesi

Bu ölçüm yöntemi için ISRM (2007) tarafından sunulan öneriler kılavuzunda çalışma yöntem ve değerlendirme prosedürü sunulmuştur. ISRM (2007) öneri föyünde örnek olarak verilen iki yönlü ölçme yöntemine göre bir çalışmanın verileri kullanarak ilgili hesaplamalar, Mıh,(2010) tarafından yeniden düzenlenmiş ve sunulmuştur. İlk olarak derinliğe karşılık Kuzey (A+) ve Güney (A-) yönlerindeki başlangıç referans okuma sonuçları Çizelge 2.2a'da, ilk okuma sonuçları ise Çizelge 2.2b'de ve ikinci okuma sonuçları ise Çizelge 2.2c'de sunulmuştur. Çizelge 2.2a'da Kuzey (A+) Güney (A-) yönlerindeki, 02.01.1965 tarihinde yapılan referans okumanın sonuçları sırasıyla; açı değerleri, Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri, açı fark değerleri,

deformasyon fark değerleri ve kabul (0) değerleri verilmiştir. Referans okumasındaki deformasyon fark değerleri sıfır kabul edilmektedir. Hesaplamalarda L, inklinometre tekerleri arasındaki mesafe 500 mm olarak alınmıştır (Şekil 2.10).

Çizelge 2.2a. Referans ölçüm (02.01.1965) sonuçları (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

Derinlik D (m)	1 Kuzey Açı (A+) (º)	2 Kuzey (A+) Deformasyon u (mm)	3 Güney Açı (A-) (º)	4 Güney (A-) Deformasyon u (mm)	1-3 Açı Farkı (º)	2-4 Deformasyon Farkı u (mm)	Kabul
1,0	0,5982	522	0,6257	546	-0,0275	-24	0
2,5	0,5993	523	0,6257	546	-0,0264	-23	0
4,0	0,5993	523	0,6268	547	-0,0275	-24	0
6,0	0,6016	525	0,6245	545	-0,0229	-20	0
7,5	0,5936	518	0,6291	549	-0,0355	-31	0
9,0	0,6005	524	0,6257	546	-0,0252	-22	0
11,0	0,6005	524	0,6257	546	-0,0252	-22	0
12,5	0,6028	526	0,6245	545	-0,0218	-19	0
14,0	0,6051	528	0,6211	542	-0,0160	-14	0
16,0	0,6051	528	0,6211	542	-0,0160	-14	0
17,5	0,6039	527	0,6211	542	-0,0172	-15	0
19,0	0,6039	527	0,6222	543	-0,0183	-16	0
21,0	0,6211	542	0,6028	526	0,0183	16	0
22,5	0,6222	543	0,6039	527	0,0183	16	0
24,0	0,6234	544	0,6005	524	0,0229	20	0
26,0	0,6211	542	0,6051	528	0,0160	14	0
27,5	0,6200	541	0,6039	527	0,0160	14	0
29,0	0,6222	543	0,6039	527	0,0183	16	0
31,0	0,6142	536	0,6085	531	0,0057	5	0
32,5	0,6119	534	0,6131	535	-0,0011	-1	0
34,0	0,6096	532	0,6142	536	-0,0046	-4	0
36,0	0,6062	529	0,6200	541	-0,0138	-12	0
37,5	0,6051	528	0,6211	542	-0,0160	-14	0
39,0	0,6062	529	0,6188	540	-0,0126	-11	0
41,0	0,6039	527	0,6188	540	-0,0149	-13	0
42,5	0,6039	527	0,6200	541	-0,0160	-14	0
44,0	0,6028	526	0,6222	543	-0,0195	-17	0
46,0	0,5993	523	0,6245	545	-0,0252	-22	0
47,5	0,5970	521	0,6257	546	-0,0286	-25	0
49,0	0,5970	521	0,6268	547	-0,0298	-26	0

Çizelge 2.2b'de Kuzey (A+) Güney (A-) yönlerindeki, 03.01.1965 tarihinde yapılan ilk ölçümün sonuçları sırasıyla; açı değerleri, Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri, açı fark değerleri, deformasyon fark değerleri sunulmuştur. Ayrıca aynı çizelgede, ilk okumadaki deformasyon fark değerlerinden (Çizelge 2.2b),

referans ölçümündeki deformasyon fark değerlerinin (Çizelge 2.2a) çıkarılmasıyla elde edilen değişim değerleri ve değişim değerlerinin toplanması (aşağıdan yukarı toplama) sonucu belirlenen toplam değişim değerleri sunulmuştur.

Çizelge 2.2b. İlk ölçüm (03.01.1965) sonuçları (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

	1	2	3	4	1-3	2-4		
Derinlik D (m)	Kuzey Açı (A+) (º)	Kuzey (A+) Def. u (mm)	Güney Açı (A-) (º)	Güney (A-) Def. u (mm)	Açı Farkı (º)	Def. Farkı u (mm)	Değişim (mm)	Toplam Değişim (mm) Σ ↑
1,0	0,6051	528	0,6314	551	-0,0264	-23	1	200
2,5	0,6028	526	0,6245	545	-0,0218	-19	4	199
4,0	0,6108	533	0,6349	554	-0,0241	-21	3	195
6,0	0,6096	532	0,6303	550	-0,0206	-18	2	192
7,5	0,5993	523	0,6280	548	-0,0286	-25	6	190
9,0	0,6028	526	0,6200	541	-0,0172	-15	7	184
11,0	0,6039	527	0,6131	535	-0,0092	-8	14	177
12,5	0,6211	542	0,6234	544	-0,0023	-2	17	163
14,0	0,5947	519	0,5993	523	-0,0046	-4	10	146
16,0	0,6142	536	0,6257	546	-0,0115	-10	4	136
17,5	0,6108	533	0,6257	546	-0,0149	-13	2	132
19,0	0,6131	535	0,6291	549	-0,0160	-14	2	130
21,0	0,6028	526	0,5856	511	0,0172	15	-1	128
22,5	0,6245	545	0,6028	526	0,0218	19	3	129
24,0	0,6154	537	0,5947	519	0,0206	18	-2	126
26,0	0,6131	535	0,5947	519	0,0183	16	2	128
27,5	0,6234	544	0,6062	529	0,0172	15	1	126
29,0	0,6257	546	0,6108	533	0,0149	13	-3	125
31,0	0,6096	532	0,6016	525	0,0080	7	2	128
32,5	0,6165	538	0,6096	532	0,0069	6	7	126
34,0	0,6039	527	0,5902	515	0,0138	12	16	119
36,0	0,6016	525	0,5856	511	0,0160	14	26	103
37,5	0,6108	533	0,5856	511	0,0252	22	36	77
39,0	0,6142	536	0,6028	526	0,0115	10	21	41
41,0	0,6177	539	0,6165	538	0,0011	1	14	20
42,5	0,6211	542	0,6349	554	-0,0138	-12	2	6
44,0	0,6165	538	0,6349	554	-0,0183	-16	1	4
46,0	0,6108	533	0,6326	552	-0,0218	-19	3	3
47,5	0,6131	535	0,6429	561	-0,0298	-26	-1	0
49,0	0,6039	527	0,6326	552	-0,0286	-25	1	1

Çizelge 2.2c'de Kuzey (A+) Güney (A-) yönlerindeki, 04.01.1965 tarihinde yapılan ikinci okumanın sonuçları sırasıyla; açı değerleri, Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri, açı fark değerleri, deformasyon fark değerleri verilmiştir.

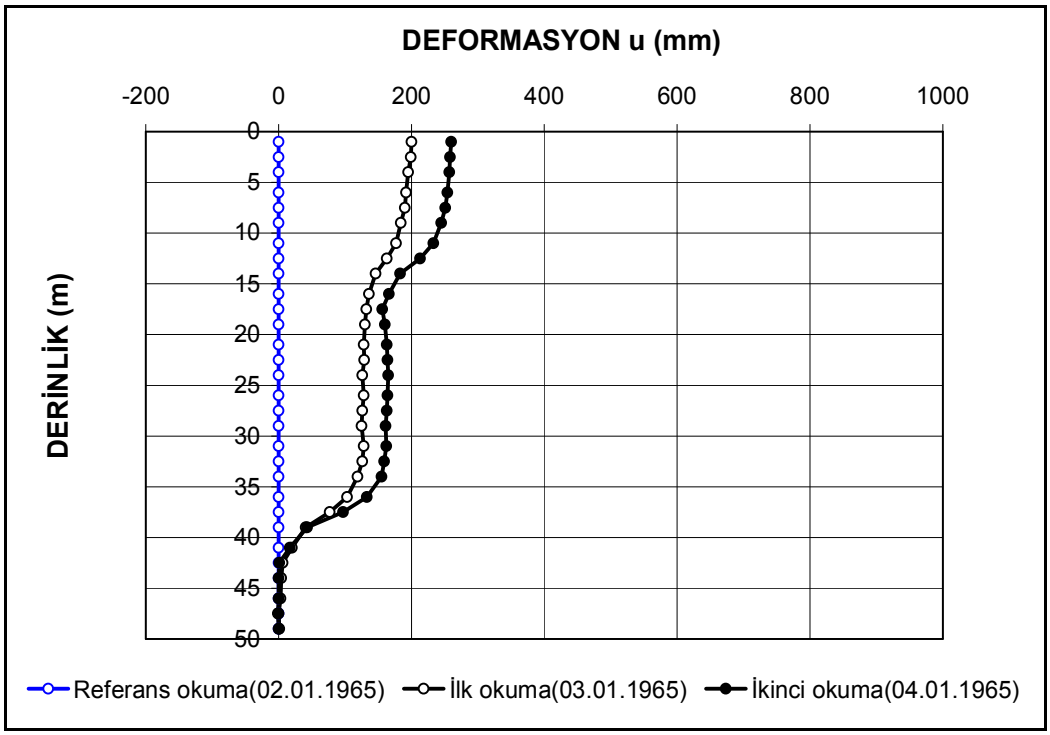
Bununla birlikte aynı çizelgede ikinci okumadaki deformasyon fark değerlerinden (Çizelge 2.2c), referans okumasındaki deformasyon fark değerlerinin (Çizelge 2.2a) çıkarılmasıyla elde edilen değişim değerleri ve değişim değerlerinin aşağıdan yukarı toplaması sonucu kuyu ekseninde oluşan toplam değişim değerleri sunulmuştur.

Çizelge 2.2c. İkinci ölçüm (04.01.1965) sonuçları (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

Derinlik D (m)	1 Kuzey Açı (A+) (º)	2 Kuzey (A+) Def. u (mm)	3 Güney Açı (A-) (º)	4 Güney (A-) Def. u (mm)	1-3 Açı Farkı (º)	2-4 Def. Farkı u (mm)	Değişim (mm)	Toplam Değişim (mm) Σ ↑
1,0	0,6119	534	0,6371	556	-0,0252	-22	2	260
2,5	0,6085	531	0,6337	553	-0,0252	-22	1	258
4,0	0,5982	522	0,6222	543	-0,0241	-21	3	257
6,0	0,6028	526	0,6222	543	-0,0195	-17	3	254
7,5	0,6108	533	0,6394	558	-0,0286	-25	6	251
9,0	0,6188	540	0,6303	550	-0,0115	-10	12	245
11,0	0,6200	541	0,6222	543	-0,0023	-2	20	233
12,5	0,6131	535	0,6005	524	0,0126	11	30	213
14,0	0,6028	526	0,5993	523	0,0034	3	17	183
16,0	0,6051	528	0,6096	532	-0,0046	-4	10	166
17,5	0,6108	533	0,6326	552	-0,0218	-19	-4	156
19,0	0,6188	540	0,6406	559	-0,0218	-19	-3	160
21,0	0,6096	532	0,5924	517	0,0172	15	-1	163
22,5	0,6200	541	0,6028	526	0,0172	15	-1	164
24,0	0,6142	536	0,5902	515	0,0241	21	1	165
26,0	0,6085	531	0,5913	516	0,0172	15	1	164
27,5	0,6188	540	0,6005	524	0,0183	16	2	163
29,0	0,6234	544	0,6062	529	0,0172	15	-1	161
31,0	0,6073	530	0,5982	522	0,0092	8	3	162
32,5	0,6142	536	0,6108	533	0,0034	3	4	159
34,0	0,6005	524	0,5798	506	0,0206	18	22	155
36,0	0,6051	528	0,5776	504	0,0275	24	36	133
37,5	0,6096	532	0,5638	492	0,0458	40	54	97
39,0	0,6131	535	0,5959	520	0,0172	15	26	43
41,0	0,6085	531	0,6051	528	0,0034	3	16	17
42,5	0,6188	540	0,6337	553	-0,0149	-13	1	1
44,0	0,6234	544	0,6429	561	-0,0195	-17	0	0
46,0	0,6154	537	0,6394	558	-0,0241	-21	1	0
47,5	0,6062	529	0,6360	555	-0,0298	-26	-1	-1
49,0	0,6165	538	0,6463	564	-0,0298	-26	0	0

Çizelge 2.2a'da sunulan referans okumadaki kabul değerleri ile Çizelge 2.2b ve 2.2c'deki ilk ve ikinci ölçüm okumalarındaki toplam değişim değerleri kullanılarak Şekil 2.11 hazırlanmıştır. Şekil 2.11'de görüldüğü gibi kuyunun yaklaşık 13. metresinde ve 40. metresinde kuyu ekseninde önemli yer değişmelerin olduğu anlaşılmaktadır.

Kaya kütlesinin, ölçüm kuyusunun belirtilen derinliklerinde (13.m ve 40.m) yenildiği ve harekete geçtiği yorumu yapılabilir.



Şekil 2.11. Ölçüm değerlerinin grafiksel yorumlanması (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

2.5. Tez Konusuyla İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar

Kaynak araştırması sonucunda belirlenen yayınların genel bir değerlendirilmesi Çizelge 2.3.'de sunulmuştur. Yayınlarda araştırmacıların dikkate aldıkları parametrelerin kullanılma sıklıkları bu çizelgeden görülebilmektedir. Takip eden bölümde ise yayınlara ait özet bilgiler sunulmuştur.

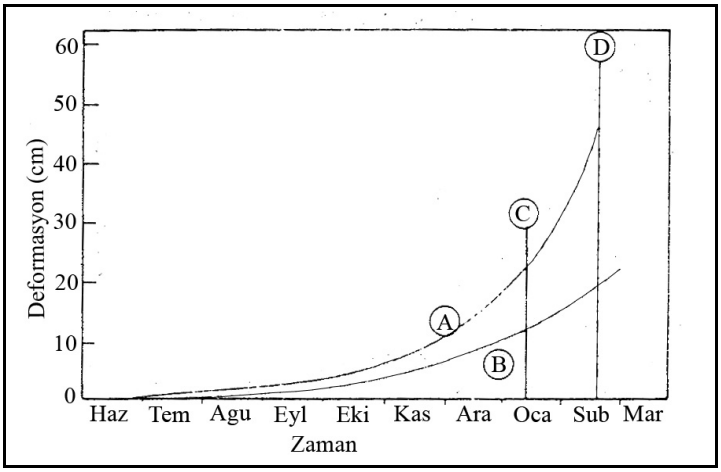
Çizelge 2.3 hazırlanırken konu üzerinde yayınlanan makale, bildiri ve tez çalışmalarında araştırmacıların önemle üzerinde durdukları anahtar kelimeler dikkate alınmıştır. Belirtilen çizelgede görüldüğü üzere araştırmacıların büyük bir çoğunluğu yamaç ve şev duraylılığı, şev izleme, deformasyon ve nümerik (sayısal) modelleme konularında yoğunlaşmışlardır. Çizelge 2.3'de verilen yayınlar listesinde konu ile ilgili yapılan önceki çalışmaların genel bir değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 2.3. Tez konusu ile ilgili yapılan önceki çalışmaların genel bir değerlendirmesi

	Araştırmacıların Çalışmalarında Önem Verdikleri Anahtar Kelimeler															
Araştırmacılar / Yıl	Yamaç duraylılığı	Şev duraylılığı	Şev izleme	Şev emniyeti	Kaya düşmesi	Deformasyon	Nümerik modelleme	Dijital görüntü işleme	Jeoteknik inceleme	Depremsellik	Kaya kütle sınıflaması	Yağış miktarı	Yeraltı su durumu	Süreksizlik	Eklem takımı
Kennedy ve Niyermeyer, 1970	✓	✓	✓	✓		✓				✓				✓	✓
Varnes, 1978		✓			✓						✓				
Hoş, 1995	✓						✓							✓	
Tunç, 1995			✓						✓	✓		✓		✓	
Yoleri, 1995		✓		✓											
Mierlo ve ark., 1996	✓					✓		✓							
Connor ve Murphy, 1997	✓					✓									
Cai ve ark., 1998		✓					✓					✓	✓		
Tuncay, 1999		✓				✓									
Dobreva ve Kostak, 2000				✓		✓									
Sendir, 2001	✓	✓									✓				
Zvelebil ve ark., 2001	✓	✓	✓	✓	✓										
Kalkan ve ark., 2002	✓	✓	✓			✓			✓						
Mora ve ark., 2002	✓		✓				✓	✓							
Rizzo, 2002	✓		✓			✓		✓							
Tarchi ve ark., 2002	✓		✓												
Corsini ve ark., 2004	✓	✓	✓												
Çevik ve Ulusay, 2004	✓	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓	✓	✓
Hatzor ve ark., 2004		✓								✓					
Liu ve ark., 2004	✓	✓	✓						✓						
Kumsar ve ark., 2004	✓	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓	✓	✓
Petley ve ark., 2004	✓	✓	✓			✓	✓								
Pektaş, 2005	✓	✓	✓			✓						✓	✓	✓	✓
Uslu, 2005	✓	✓	✓			✓						✓	✓	✓	✓
Lee ve ark., 2008	✓												✓		
Peyret ve ark., 2008	✓					✓		✓							
Ağan, 2009		✓	✓				✓		✓						
Herrera ve ark., 2009	✓		✓					✓							
Lebourg ve ark., 2009	✓					✓									
Ujvari ve ark., 2009	✓							✓							
Mıh,2010		✓	✓			✓						✓		✓	
Özkan ve Özşen, 2010		✓				✓	✓					✓		✓	
TMMOB. 2011		✓				✓							✓		
Üstün ve ark., 2013						✓		✓				✓	✓		

Kennedy ve Niyermeyer (1970), tarafından yapılan çalışmada, Şili Chuquicamata bakır madenlerindeki gerilme çatlakları şevde ilk kez 1966 Ağustos'unda görülerek basit bir kontrol sistemi kurulmuştur. Chuquicamata bakır madeni, bir çöl bölgesinde bulunduğundan yeraltı sularının kaymada bir etken olamayacağı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Ancak 20 Kasım 1967'deki Richter 5 ölçeğindeki deprem hareketinden sonra arazide kurulmuş olan yer değişim kontrol sisteminden önemli deformasyon verileri alınmaya başlanmıştır. Arazi izleme

çalışmalarında kullanılan ağ, gerilme çatlağı ölçerler, mesafe ölçerler ve bazı ekstensometre ölçerlerden oluşmuştur. Bunun yanı sıra 3 kanal kısa devre sismograf bölgeye kurulmuştur. Bu sismograflardan elde edilen sonuçlar, diğer ölçümlerden elde edilen yer değiştirme kayıtları ile karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre duraysız hale gelen şevi dengede tutabilmek için 1968 Ağustos'unda yük boşaltma işlemi başlatılmıştır. İlk olarak 4,5 milyon ton malzeme şevin üst yüzeyinden aşağı doğru sıyrılmıştır. 1968 sonlarına doğru yük boşaltma işleminin yapılmasına rağmen bir türlü duraysızlığın önlenemediği şevde büyük bir şev kaymasının artık kaçınılmaz olduğu ve bu nedenle nakliye yollarının değiştirilerek önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Kennedy ve Niyermeyer (1970) tarafından izlenen sahaya ait arazi ölçüm sonuçları Şekil 2.12'de sunulmuştur. Şekilde gösterilen A arazide kurulan ve en çok deformasyonun okunduğu istasyona ait iken B grafiğin en küçük deformasyon okumalarının yapıldığı diğer bir istasyonu göstermektedir. C noktasında (13 Ocak 1969) şev yer değişim hızının arttığı tespit edilerek ocak çalışmaları durdurulmuş ancak ölçümlere devam edilmiştir. Olası kaymanın D noktasında yani 18 Şubatta olabileceği tahmin edilmiştir. Takip eden günlerde gerçekten kütlesel kaymanın 18 Şubat saat 18.58'de olduğu tespit edilmiştir. 12 milyon ton malzemenin kaydığı bu olayda mühendislik ölçümleri neticesinde hiçbir can ve mal kaybı yaşanmamış ve maden ocağı sadece 65 saat kapalı kalarak daha sonra faaliyetlerine geri dönmüştür. Bu sonuç önemli bir mühendislik kazanımı olmuştur.



Şekil 2.12. Şili Chuquicamata madeninde zaman-şev yer değişim grafiği (Kennedy ve Niermeyer, 1970)

Günümüzde şev duraysızlıklarının sınıflandırılmasında yaygın olarak Varnes tarafından 1978 yılında oluşturulan sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır (Çizelge 2.4).

Kayanın fiziksel ve kimyasal bozunması sonucunda kaya malzemesinde kırık ve çatlakların arttığı süreksizlik yüzeyleri arasındaki mesafenin açıldığı gözlenir. Süreksizlik açıklıklarının artması ile bu düzlemlerin makaslama dayanımı, yeraltı suyunun süreksizlik düzlemleri arasına girmesi ile düşer Aynı zamanda bu su, şeve uygulanan gerilme miktarında doğal olarak bir artışa neden olacaktır. Bozunma sonucu kaya malzemesi zemin özelliğine yakın özelliklere sahip bir malzemeye dönüşebilmektedir.

Çizelge 2.4. Şev duraysızlığı türleri için geliştirilen mühendislik sınıflaması (Varnes, 1978)

Duraysızlık Türü			Malzemenin Türü		
			Toprak Zeminler		Kaya
			İnce Taneli	İri Taneli	
Düşme			Zemin düşmesi	Moloz düşmesi	Kaya düşmesi
Devrilme			Zemin devrilmesi	Moloz devrilmesi	Kaya devrilmesi
Kayma	Dönel (Dairesel)	Sınırlı sayıda birim	Zeminde dairesel kayma	Molozda dairesel kayma	Kayada dairesel kayma
	Ötelemeli	Çok sayıda birim	Zeminde blok türü ötelenme Zemin kayması	Molozda blok türü ötelenme Moloz kayması	Kayada blok türü ötelenme Kaya ötelenmesi
Yanal Yayılma			Zemin yayılması	Moloz yayılması	Kaya yayılması
Akma			Zemin akması	Moloz akması	Kaya akması
Karmaşık Kaymalar			Yukarıda belirtilen diğer duraysızlık türlerinden ikisinin veya bir kaçının birleşmesiyle gelişen duraysızlıklar		

Hoş (1995), yapmış olduğu bir çalışmada, Tarsus ayrımı - Mersin otoyolundaki yarma ve dolguların jeoteknik incelemesini yapmıştır. Güzergâhtaki yarma şevleri için yapılan sayısal ve kinematik analiz sonuçlarına göre, kuzey yarma şevlerindeki tabakalanma düzlemlerinin eğim yönüne bağlı olarak gelişen en kritik kayma mekanizmasına sahip olduğu belirlenmiştir. Tabakalanma düzlemleri boyunca belirlenen düşük kesme dayanım parametreleri nedeniyle, kuzey yarma şevlerinin bir bölümünde oldukça düşük eğimli şev düzenlemesi için dekapaj çalışmalarının veya çeşitli istinat yapılarıyla duraylılık koşullarının sağlanabileceği belirlenmiştir. Bununla birlikte tabakalanma düzlemlerinin kritik yönde olmadığı tüm kuzey ve güney yarma şevlerinin ise oldukça duraylı olduğu araştırmacı tarafından belirtilmiştir.

Toprakkale-İskenderun Otoyolu güzergâhındaki heyelan problemi Tunç (1995), tarafından araştırılmıştır. İki aşamalı çalışmanın birinci aşamasında, arazi çalışmalarında sahanın jeolojik konumu belirlenerek basit arazi deneyleri, süreksizliklerin ölçülmesi, incelenmesi, tanımlanması ve değerlendirilmesi

gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada su seviyesi değişkenliği ve deprem etkisi göz önünde tutularak şev kayma analiz yöntemleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Yoleri (1995), TKİ-GELİ Eskihisar (Yatağan-Muğla) linyit açık işletmesi pasa yığınları şev duraylılığını araştırmıştır. Bu çalışmada amaç pasa malzemesinin ve taban kilinin jeoteknik özelliklerini tayin etmek, duraylı pasa yığınları oluşturmak için en uygun şev geometrisi parametrelerini araştırmak ve duraylılığı artırmak amacıyla mümkün olabilecek iyileştirme yöntemlerini önermektir. Pasa yığınlarının geometrik boyutları ocak genelinde jeodezik çalışma yapılarak ölçülmüş, yığınlardaki yeraltı suyu koşulları değerlendirilmiş ve üzerinde pasa yığılan zayıf taban kilinin eğimindeki değişimler kaydedilmiştir. Ayrıca hem pasa malzemesinin hem de taban kilinin jeomekanik özelliklerini tayin etmek amacıyla laboratuar deneyleri gerçekleştirilmiştir. İncelenen pasa malzemesi çok düşük kohezyona sahip, yer yer iri bloklar içeren kum-silt tane boyutundaki bir malzeme ile temsil edilmektedir. Taban zemini ise çok düşük su geçirgenliğine sahip plastik siltli killer ve killi siltlerden oluştuğu anlaşılmıştır. Ocak tabanında yapılan riperleme çalışmasının, taban kilinin makaslama dayanımında önemli derecede azalmalara neden olduğu belirlenmiştir. Taban kilinin dayanımı, tabanın eğimi ve şev geometrisi duraylılığı denetleyen başlıca faktörler olduğu belirlenmiştir. Ana nakliye yolu boyunca ve dış döküm sahasındaki pasalarda gözlenen diğer duraysızlıklar, dairesel kayma yüzeyleri boyunca meydana gelmiş ve pasa malzemesinin makaslama dayanımı tarafından etkilenmiştir. Ana nakliye yolunu çevreleyen pasa yığınları için dairesel kayma, kepçeli ekskavatör dökümü yığınlar için de aktif-pasif kazma modeli kabul edilerek farklı geometrik durumlar için duraylılık analizleri yapılmıştır. Aynı araştırmada, dragline döküm yığınlarının duraylılığı artırmak için zayıf taban kili üzerine kireçtaşı dolgusunun serilmesi ve yığının önünde topuk oluşturulması gibi iki farklı yöntem analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. İki boyutlu duraylılık analizlerinin sonuçları en etkin yöntemin kömür üretiminden sonra ocak tabanına kireçtaşı bloklarının serilmesi işlemi olacağını göstermiştir. Dairesel kayma modeli kabulüyle ana nakliye yolu kenarlarında yer alan yığınlar için yapılan analizler de TKİ tarafından uygulanan 35°'lik genel şev açısı esas alınmış ancak projenin revize edilerek özellikle yığınların tamamen drene edilmesi koşulunda genel şev açısının 25° olması durumunda duraylılığı sağlayacağı belirlenmiştir.

Mierlo ve arkadaşları (1996) çalışmalarında, Alpler üzerindeki kabuksal hareketlerin izlenmesi için bir GPS ağı kurmuşlardır. Mayıs 1991, Ağustos 1992–1994

tarihlerinde Münih, Almanya ve İtalya da 43 değerlendirme noktası incelenmiştir. Bu makalede GPS gözlemlerinin ve deformasyon analizlerinin sonuçları sunulmuştur.

Connor ve Murphy (1997) çalışmalarında, yeraltı boşluklarının çökme ihtimalinin sayısal analizini yapmışlardır. Zaman alanı tepki ölçme ilkesine dayalı bir sensör geliştirilmiştir. Bu sensör Nova Scotia ve Ontario da terk edilmiş altın madenlerinde topukların sağlamlığının yanı sıra İllinois ve Ohio da terk edilmiş kömür madenlerinde tabaka hareketlerinin izlenmesi için kullanılmıştır. Kaya kütlesi hareketlerinin yerini belirlemek ve miktarının hesaplanması için bu sensörü kullanmışlardır.

Cai ve arkadaşları (1998), yağışın şev duraylılığına etkisini nümerik ve sonlu elemanlar metodunu kullanarak doymuş ve doymamış zeminler üzerinde kısa süreli su etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, hidrolik karakteristikler, doygunluk, rölatif başlangıç derecesi, yağış yoğunluğu ve yağış süresinin etkilerini incelemişlerdir. Yağış altındaki şevlere ait duraylılık analizinde, makaslama dayanımı sonuçlarını, sonlu elemanlar metodununda girdi verisi olarak kullanmışlardır. Analiz sonuçları hidrolik karakteristikler, doygunluk, rölatif başlangıç derecesi, yağış yoğunluğu ve süresinin şevlerdeki su basıncı ile doğrudan etkisi olduğunu göstermiştir.

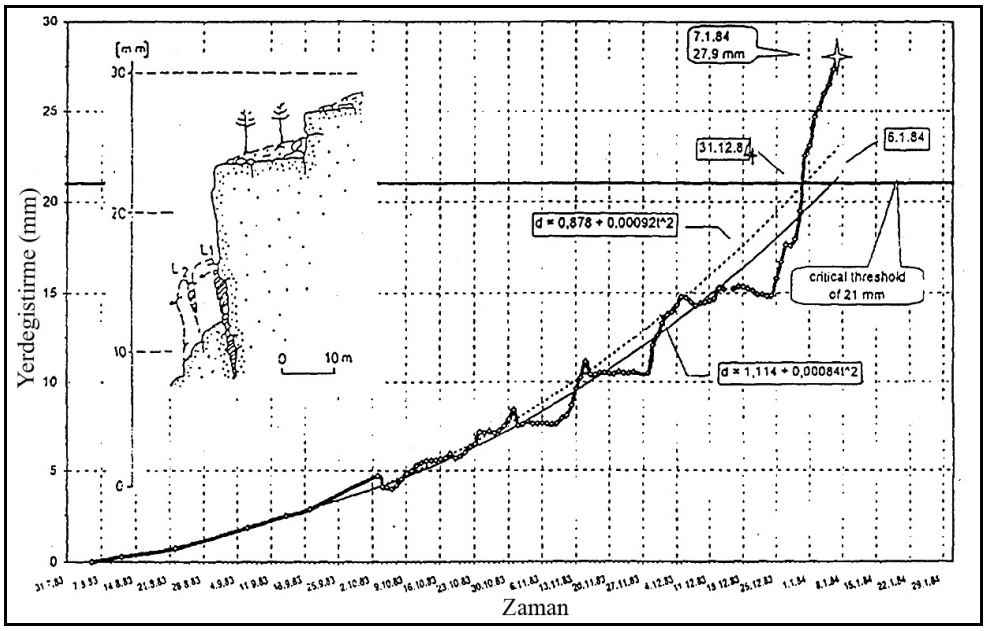
Tuncay (1999), TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) Linyit açık işletmesindeki şevlerin duraylılığının deterministik ve olasılığa dayalı yöntemlerle değerlendirilmesini yapmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında işletmenin mühendislik jeolojisi dokümantasyon haritası hazırlanmış, hareket izleme çalışması yapılmış, duraysızlıklar incelenmiş, süreksizliklere ilişkin veri toplanmış ve laboratuar deneyleri için örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Bu aşamadan sonra laboratuar deneyleri gerçekleştirilmiş ve deney sonuçları saha gözlemlerinden elde edilen verilerle birlikte değerlendirilerek şev duraysızlıklarının mekanizmaları belirlenmiştir. Analizler, şev topuğundan kazı yapılmasının sakıncalı, bunun yerine üstten kademeli bir kazı sistemiyle oluşturulacak şev geometrisinin ise emniyetli olacağını göstermiştir.

Dobreva ve Kostak (2000) çalışmalarında, Güney-Batı Bulgaristan'ın aktif deprem bölgesindeki (Kroupnik) tektonik hareketleri uzun süreli izlemişlerdir. Araştırmacılar, fay hareketlerini izlemek için üç ana çatlaklı bölgeye, 0,01 mm hata payı ile ölçüm yapabilen ekstensometreler yerleştirmişlerdir. Saha ölçümleri, 1,9 mm/yıl ortalama oranda itmenin yanı sıra, 2,7 mm/yıl oranında sol yanal doğrultu atımı olduğunu göstermiştir. Kroupnik aktif deprem fay bölgesindeki B6 izleme noktasında nispeten daha yüksek oranda deformasyon hareketleri kaydedilmiştir. Son depremden

etkilenen dik yamaçta oluşan bir çatlak üzerine yerleştirilen K7 izleme noktası, Strouma fayının batı bloğunun yükseldiğini göstermiştir. Aynı bölgede görülen bir başka çekme çatlağına yerleştirilmiş K5 izleme noktasında ise 8 yıl hareketsizlikten sonra son 2 yıl boyunca artan hareketler gözlemlenmiştir. Uzun süreli çatlak izleme yöntemi, geniş bir bölgenin hareketlerinin yorumlanmasına yönelik çok sayıda ayrıntıları ortaya çıkarmıştır.

Sendir (2001) yaptığı bir çalışmada, Koyulhisar (Sivas) heyelanlarını incelemiştir. Bu çalışmada detaylı jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik çalışmalar yapıldıktan sonra Sivas'ın kuzeydoğusunda yer alan Koyulhisar ilçesinde duraylılık koşulları değerlendirilmiştir. Çalışma alanındaki kayaçların, faylanma etkisi ile oldukça yoğun kırıklı çatlaklı bir yapı kazandığı tespit edilmiştir. RMR (Kaya Kütle İndeksi) kaya kütle sınıflamasına göre çalışma alanındaki kaya kütlesinin yapısal tanımı, zayıftan (Iğdır formasyonu) orta (Erdembaba ve Yeşilce formasyonu) ya kadar değişen sınıflarda olmuştur. Araştırmacıya göre kütlesel hareketin oluşumunda eski yenilmeler, süreksizlikler, yağışlar ve bitki örtüsü, topografya, tektonik aktivite, bozunma ve ayrışma faktörleri etkindir.

Zvelebil ve Moser (2001) çalışmalarında, Çek Cumhuriyeti-Almanya sınırındaki uluslararası bir yol kenarındaki 100 m uzunluğunda ve 40 m yüksekliğindeki kumtaşı kaya biriminden meydana gelen şevde bir çalışma başlatılmıştır. 1983 Ocak ayından önce şevde hiçbir hareket gözlenmemiştir. Bu tarihten itibaren, şev yer değişimi 0,44 mm/ay hızında oluşmaya başlamıştır. Haziran 1983'te Zvelebil gözlemlerine, bazı zemin oturmalarına ve bitki örtüsü değişimlerine bağlı olarak kaya düşme tehlikesi olduğunu belirtmiş ve muhtemel kaya düşmesinin zamanını teşhis etmeye yönelik çalışmalarına başlamıştır. Eski istasyonlara ilaveten sekiz adet yeni istasyon tesis edilmiş ve ölçüm aralığı bir haftaya indirilmiştir. Eylül 1983'te kayma tehlikesinin artması sonucu en tehlikeli olduğu belirlenen bölgelerde patlatma yapılarak şevde bir yük boşaltımı sağlanmıştır. Yeni durum statik denge modeli ile değerlendirilmiş ve yatay açılmada kritik değerin 21 mm olduğu sonucuna varılmıştır. Ardından 5 Kasım ve 5 Aralık tarihlerinde bu değerlere erişilmesinin muhtemel olacağı hesaplanmıştır ve şevin altındaki yol 27 Aralık 1983'te ulaşıma kapatılmıştır. Kritik değere 31 Aralık 1983 günü ulaşılmış ve son ölçüm değeri 27,93 mm olmuştur. Kayma 7 Ocak 1984 günü saat 11.30'da gerçekleşmiş ve 1360 m^3 malzeme yer değiştirmiştir. Şekil 2.13'de arazi ölçümleri ve muhtemel kayma zamanı görülmektedir.

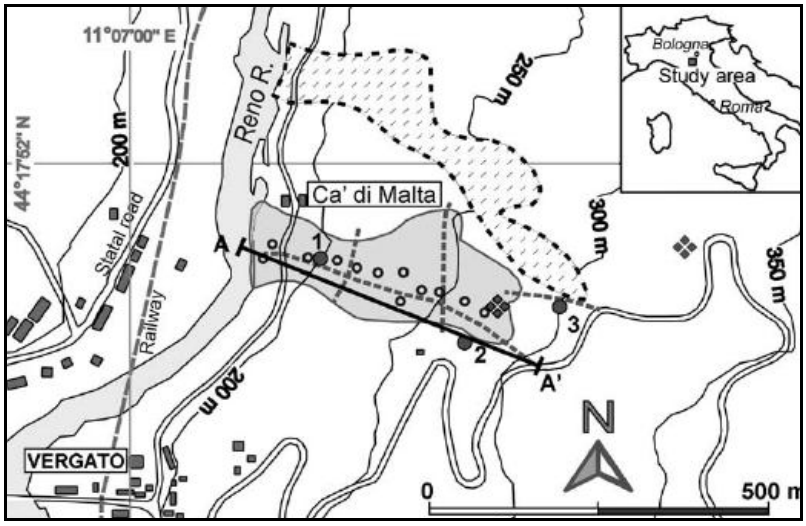


Şekil 2.13. Çek Cumhuriyeti -Almanya sınırındaki şev kaymasının tahmini (Zvelebil ve Moser, 2001)

İstanbul ambarlı liman sahasının da içinde bulunduğu heyelan ihtimali yüksek olan bölgede gerçekleştirilen heyelan izleme çalışmalarından Kalkan ve arkadaşları (2002), bazı önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırmacılar, saha çalışmalarında klasik ve uydu tabanlı ölçme yöntemleri, jeoteknik çalışmalar ve inklinotmetre, piezometre ve manyetik oturma kolon ölçerler kullanmışlardır. Gerek jeodezik, gerekse jeoteknik yöntemlerle yapılan ölçme sonuçlarından bazı noktalarda anlamlı hareketlerin olduğu belirlenmiş ve her iki yöntem sonuçlarının ise birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yaygın olarak kullanılan jeodezik yöntemlerle birlikte jeoteknik yöntemlerin de kullanılmasının çok büyük yararlar sağladığı görülmüştür.

Mora ve arkadaşları (2003) çalışmalarında, Ca'di Malta heyelanını, dijital fotogrametri ve GPS birleşimi olan bir ölçüm sistemini denemek için seçmişlerdir (Şekil 2.14). 0,1 m düşey hassasiyete sahip sayısal yükseklik modeli, sayısal fotogrametrik teknikler kullanılarak oluşturulmuştur. Heyelan boyunca uzunlamasına bir eksen üzerinde dağıtılmış birkaç işaretli noktada dakikalık sürelerde santimetre boyutunda değişimler gözlemlenmiştir. Gözlemlerdeki kinematik incelemeler devamlı olarak yapılmış, düzensiz dağıtılmış noktaların konum ölçümleri ile yüzey modeli çıkarılmıştır. Biri heyelanın olduğu alan içerisinde diğeri heyelan dışında sabit bir yere yerleştirilmiş iki GPS alıcısıyla yedi ayı aşkın süre boyunca sürekli gözlemler yapılmıştır. Sabit zaman aralıklarında deformasyon miktarlarını hesaplamak için bir yöntem geliştirilmiştir. Genel olarak hem yapısal hem de morfolojik düzenlemelerde

uygulanabilen bu birleşik inceleme tekniği, pahalı ancak etkili bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Gerçek zamanlı izleme, heyelan risk yönetimi ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen tekrarlanan kinematik analiz sonuçları GPS ölçüm sistemi ile birleştirilebilir. Birleşik sistem heyelanın geometrisi, kapladığı alan ve evrimi hakkında bilgi verebilmektedir.



Şekil 2.14. Ca'di Malta heyelanı; ○ GPS, ● İnklinometre ve Piezometre konumları (Mora ve ark., 2003)

İtalya, Basilicata yerleşim alanını kapsayan Maratea vadisinde geniş ölçekli toprak hareketleri, Rizzo (2002) tarafından incelemiştir. Bu çalışmalar killi mostra yapılarını ve özellikle vadinin sol kıyısında karbonatlı kısımlar ve geniş blok döküntülerinden oluşan üst üste binmiş kütleleri ortaya çıkarmıştır. 1983 ve 1996 yılları arasında toprak hareketleri, kızılötesi mesafe ölçüm aletiyle izlenmiştir. 1997 ve 2000 yılları arasında yaklaşık 50 değerlendirme noktası üzerinde yüksek hassasiyette izleme sonuçları makalede sunulmuştur. Vadinin alt kısmında mostra killer ile bağlantılı alanlarda sürekli hareketlerin varlığı doğrulanmıştır.

Tarchi ve arkadaşları (2003), Tessina heyelanını izlemek için radar interferometreye dayalı yenilikçi bir teknik uygulamışladır. Bu teknik kayma bölgesinin uzun dönemli yüzey deformasyon haritasının elde edilmesini sağlamaktadır. Doğrusal SAR olarak bilinen bu uygulamada, taşınabilir ve 17 GHz hızında aygıt kullanılmıştır. Sonuçlar iki değerlendirme noktasında teodolit ve elektronik mesafe ölçerle yapılan bağımsız ölçümlerde kaydedilen deplasman görüntü noktalarının karşılaştırılmasıyla doğrulanmıştır.

Corsini ve arkadaşları (2004), İtalya Corvara heyelanını izlemişler değerlendirmişlerdir. Corvara heyelanı, dolomitlerin içinde Alta Badia vadisinde turist merkezlerinden biri olan Corvara köyünün üst tepesinde yer alan aktif, yavaş hareket eden dairesel toprak kayması olarak tanımlanmıştır. Corvara heyelanı her yıl 244. düncü ulusal yol ve alt yapılara zarar vermekte ayrıca heyelanın ön kısmında yer alan yapılar için ciddi risk oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı Corvara heyelanı 1997'den beri izlenmektedir. İzleme çalışmaları 47 ayrı istasyondan yapılan GPS ölçümleri ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.15). 1997-2005 yılları arasında, heyelanın hareket yönündeki en yüksek hareket değeri kaydedilmiştir. Yüzeydeki yatay hareketlerin birkaç cm den 1 m ye kadar ilerlemiş olduğu gözlenmiştir. Düşey hareketler ile topografyada 10-48 m arasında düşey yer değişimlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre beklenen heyelanın 50 milyon m^3 olabileceği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak elde edilen veriler ile nümerik bir model oluşturulmaya çalışılmış ve oluşabilecek tehlikenin belirlenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 2.15. Corvara heyelanının görünümü ve izleme noktaları (Corsini ve ark., 2005)

Çevik ve Ulusay (2004) yaptıkları çalışmada, Babadağ (Denizli) ilçesini etkileyen uzun süreli kaya şevi duraysızlığını statik ve dinamik koşullar için incelenmiştir. Babadağ (Denizli) ilçesi, atmış yılı aşkın bir süredir çok düşük bir hızla gelişen bir şev hareketinin etkisi altındadır. Bu hareket; ilçedeki yapılarda önemli düzeyde deformasyona ve hasara neden olmaktadır. Bu çalışmada, şev hareketine neden olan zayıf kaya birimlerinin hareketi üzerinde, dinamik yüklerin (tekstil tezgâhlarının) etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler ve analizlerden; duraysızlığın 3,6 cm/yıl ile 14,6 cm/yıl arasında değişen bir miktarda ilçenin doğusundaki bir vadiye doğru tabakalanma düzlemi boyunca geliştiği tespit edilmiştir. Ayrıca yeraltı suyu

seviyesindeki değişimlerin hareketin hızını etkileyen başlıca faktör olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Sayısal çözümlemeler ilçedeki dokuma tezgâhlarından kaynaklanan titreşimlerin yamaç hareketine katkı sağlayabilecek boyutta olmadığını, psödostatik analizler ise yakın civarda meydana gelmiş depremlerin yamaç hareketinin gelişimine muhtemelen katkısı olduğu sonucuna varılmıştır.

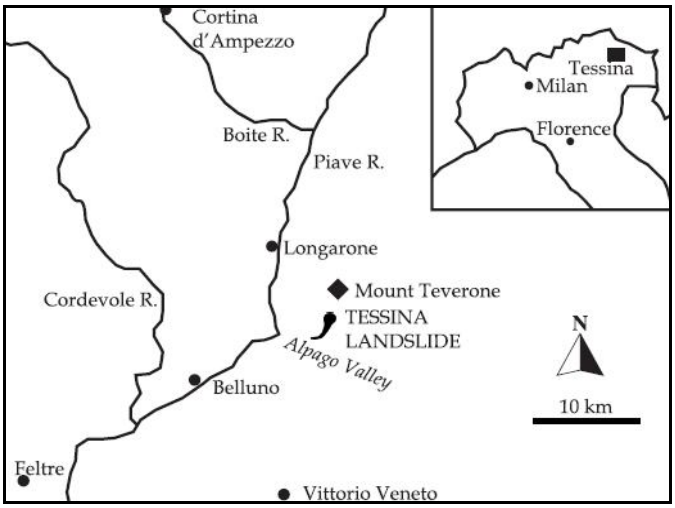
Hatzor ve arkadaşları (2004) çalışmalarında, yoğun süreksizliklerin bulunduğu bir kaya şevini iki boyutlu olarak incelemişlerdir. Bu çalışmadaki kaya şevleri Masoda'da bulunan Kral Herod'un bölgesindedir. Şevler düşey ve yatay eklemli sert dolomit yataklanmalar içermektedir. Şevdeki dinamik deformasyon verileri süreksizlik deformasyon analizi (Discontinuous deformation analysis, DDA) kullanılarak hesaplanmıştır. Gerçekte tahmin edilen yer değiştirmeler sonucunda bir miktar enerjinin dağıldığı başka bir deyişle tamamen elastik yapıya ulaşıldığı bulunmuştur.

Çin Wuqiangxi Hidroelektrik Santrali üzerinde bulunan bir şevde Liu ve arkadaşları (2004) tarafından izleme sistemi oluşturmuş ve şevdeki, eklemleri, iklim ve oluşan hareketi incelemeye ve izlemeye başlamışlardır. İzlemede çalışmalarında ekstensometre, inklinometre, toprak basınç hücresi, boşluk basınç ölçer, yeraltı suyu debi ölçer, termometre ve straingauge kullanılmıştır. Sahadan elde edilen verilerin izlenmesi ve incelenmesi için otomatik izleme bilgi sistemi isimli bilgisayar programından faydalanmışlardır.

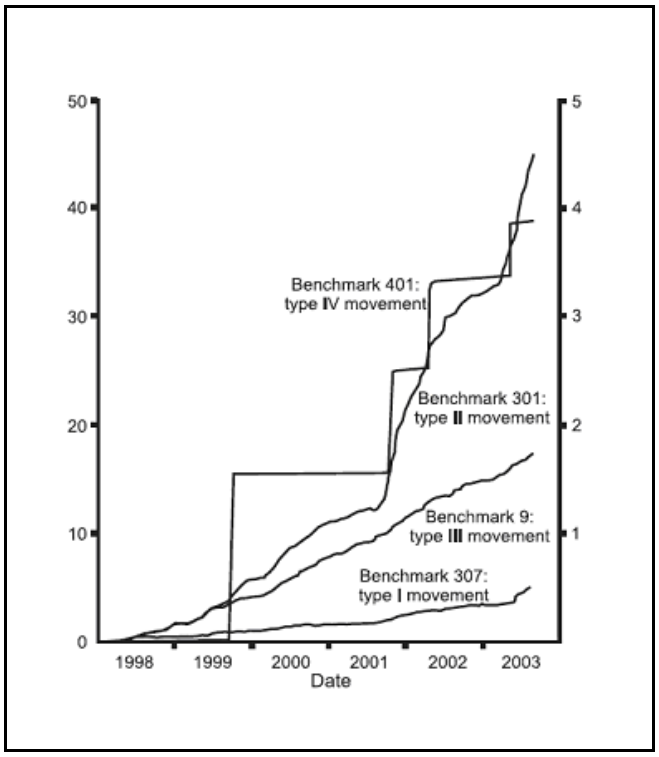
Kumsar ve arkadaşları (2004), Babadağ (Denizli) heyelanını kaya mekaniği açısından incelemiştir. Bu çalışmada hareketin hızının yanı sıra, yağışların ve yeraltı suyu seviyesindeki değişimlerin hareket üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla değişik ölçümler yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra ilçe içindeki dokuma tezgâhlarının oluşturduğu sarsıntılar, bölgesel depremsellik, su geçirgenliği gibi durumlar incelenmiş ve gözlenen uzun süreli kayma olgusuna olan etkileri incelenmiştir.

Tessina heyelanı İtalya'nın kuzeybatısı Alpago vadisinde Teverone dağının güney yamaçlarında bulunan geniş mevsimsel aktif yamaç kırılmasıdır (Şekil 2.16). 1960 yılında ilk hareketlerin gözlendiği heyelan iki köyü tehdit ettiği için piezometre, inklinometre, ekstensometre ve elektronik mesafe ölçerler ile 6 saatte bir detaylı izlemeye tabi tutulmuştur. Bu ölçüm sistemleri köyleri koruyan bir uyarı sistemi olup, aynı zamanda heyelan hareket örneklerinin içyapısını anlamada çok değerli bilgiler sağlamaktadır. Yüzey hareketleri elektronik mesafe ölçer ile ölçülmüştür. Analizde, FLAC programı kullanarak heyelanın modeli oluşturulmuştur. Bu model yeraltı suyu

şartlarına bağlı farklı heyelan alanlarının olacağını belirtmektedir. Sonuç olarak kurulmuş olan elektronik mesafe ölçüm sistemi yüzey hareketleri ile heyelan arasındaki ilişkinin bulunmasına yardımcı olmuştur. Sonuçlar sahada 4 tip hareketin var olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 2.17). Fakat detaylı analizler de bu hareketler arasındaki geçişlerin malzeme özelliklerindeki değişimlerle birebir alakalı olmadığı daha çok gözenek suyu basıncı ve meydana gelen malzemedeki deformasyonlardan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır (Petley ve ark., 2004).



Şekil 2.16. Kuzey İtalya'daki Tessina heyelanın konumu (Petley ve ark., 2004)



Şekil 2.17. Dört izleme noktası için zamana karşı deplasman grafiği (Petley ve ark., 2004)

Pektaş (2005) yapmış olduğu çalışmada, bir açık linyit maden ocağında karşılaşılan kayma hareketlerini incelemiştir. Çalışma sahası olan TKİ-Ilgın Linyit İşletmesi'nde tespit edilen gerilim çatlağı üzerinde 41 adet ölçüm istasyonu kurmuş, iki farklı arazi ölçüm yöntemi kullanmıştır. Bu ölçüm yönteminden birincisi olan hassas çelik metre yöntemi ile istasyonlardan 16 ay boyunca ölçüm alırken ikinci ölçüm metodu olan topografik yöntem ile 3 ay boyunca ölçümler yapmıştır. Arazi çalışmalarının yanı sıra, ISRM (1981) önerilerine uygun olarak 7 adet kaya mekaniği deneyi için 465 adet örnek hazırlamış ve deneyler gerçekleştirmiştir. Daha sonra belirlenen kaya kütle indeksi-GSI değerleri yardımıyla kaya kütlesine ait kohezyon ve içsel sürtünme açılarını belirlemiş, grafiksel ve diyagram yöntemleri ile şev duraylılık analizlerini gerçekleştirmiştir. Araziden elde edilen şev ölçüm sonuçlarıyla analiz sonuçları karşılaştırarak yorumlar yapmıştır.

Uslu (2005) yapmış olduğu çalışmada, TKİ-GELİ-Yatağan-Eskihisar Linyit ocağında tespit edilen çekme çatlağı üzerinde 16 adet ölçüm istasyonu kurmuş ve kurulan bu ölçüm istasyonlarını 5 ay boyunca 24 saatte bir deformasyon ölçümü alacak şekilde izlemiştir. Ayrıca, arazide tespit edilen dört farklı kaya birimi (marn, gözenekli kireçtaşı, kristalize kireçtaşı, mermer) ve kömür birimi (linyit) kaya bloklarından 1006 adet örnek hazırlamış ve ISRM (1981) tarafından önerilen 9 adet kaya mekaniği deneyi yapmıştır. Daha sonra belirlenen kaya kütle indeksi (GSI) değerleri yardımıyla bloklu-çok bloklu kaya kütlesine ait kohezyon ve içsel sürtünme açılarını belirlemiştir. Şev duraylılık analizlerinde grafiksel (Hoek,1970) ve limit denge (sayısal) analiz çözümleme yaklaşımlarını kullanmış ve analiz sonuçları ile araziden elde edilen şev ölçüm sonuçları karşılaştırarak yorumlar yapmıştır.

Lee ve arkadaşları (2008) çalışmalarında, Tayvan'da Lishan heyelan bölgesinin Güney-Doğu kesimindeki yeraltını, litolojik ve hidrojeolojik bir modelini oluşturmak için direnç görüntüleme (RIP) yöntemini kullanmıştır. Direnç görüntü kesitine ve sondajlardan toplanan kaya örnekleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarla üç farklı elektriksel tabaka tanımlanmıştır. Belirlenen dik kesme bölgesinin, 100-260 Ω-m arasında değişen elektriksel dirençleriyle, yamaçtan aşağı akan yeraltı suyunu tutan doğal bir bariyer oluşturduğu belirlenmiştir.

Haraz vadisi içinde Albroz bölgesinin merkezinde bulunan Kahrod heyelanının yüzey hareketlerinin zamansal ve mekânsal gelişimi Peyret ve arkadaşları (2008) tarafından sayısal olarak analiz edilmiştir. 8 noktadan oluşan ağ, bir yıl süre boyunca dört kez incelenmiştir. Heyelan içindeki hareket oranları doğru olarak tespit edilmiş ve

heyelan yüzünden gerilme etkisi altındaki küçük bir tepeciğin mekanik direnç durumu tanımlanmıştır. Daha sonra bu ağ yoğunlaştırılmış ve altı ayda iki kez ölçümler yapılmıştır. Jeodezi ve alan gözlemlerinin birleşimi, Kahrod heyelanının geçmiş ve bugünkü kinematik davranışının tam tanımlanmasını sağlamıştır.

Ağan (2009) çalışmasında, farklı amaçlar için geliştirilmiş ve heyelan analizlerinde daha önce denenmemiş jeoteknik yöntemleri (yer altı su seviyesi (YASS), topografik, jeofizik tomografi, inklinometre ölçümleri, presiyometre ve SPT deneyleri) aynı anda heyelan analizinde kullanmıştır. İnceleme sahası olarak, Zonguldak İli, Kozlu İlçesinde yer alan, Karadon formasyonu üyesi heyelanlı bölge seçilmiştir. Çalışmalar arazi, laboratuar ve büro olmak üzere üç ana başlık altında yürütülmüştür. Arazi çalışmaları kapsamında; temel sondajları açılmış, arazi sınıflama ve gözlemleme çalışmaları, yeraltı su seviyesi (YASS), topografik, jeofizik tomografi, inklinometre ölçümleri, presiyometre ve SPT deneyleri yapılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında; bilgisayarda kinematik, şev duraylılığı ve gerilme-deformasyon analizleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında ise, araziden ve sondajlardan alınan numuneler üzerinde jeomekanik deneyler yapılmıştır. Sonuç olarak, başka jeoteknik amaçlar için üretilmiş olan presiyometre ve tomografik yöntem sonuçlarının inklinometre sonuçlarına çok yakın olduğu ve bu yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Herrera ve arkadaşları (2009) çalışmalarında, Portalet heyelanının kinematik çalışmasını yapmışlardır. Jeomorfolojik bir bakış açısından heyelanın tanımı ilk olarak ortaya konulmuştur. Geliştirilmiş (GB-SAR) zemin izleme teknikleriyle yapılan hareket ölçümleri sunulmuş ve GB-SAR veri kümeleri karşılaştırılmıştır. Ölçülen hareket ve yağış arasındaki ilişki, heyelanın yağış miktarına karşı çok hassas olduğunu göstermiştir. 5 Ocak 2006-21 Kasım 2006 tarihleri arasında saatte bir sürekli yapılan GB-SAR ölçümlerini ayarlamak için basit bir boyutlu model kullanılmıştır.

Lebourg ve arkadaşları (2009) çalışmalarında, Peloponnesus'un Güney sahilinde bulunan Panagopoula yamacında ki tektonik ve yamaç hareketlerinin birbiriyle olan bağlantılarını incelemişlerdir. Çalışmalar, jeolojik ve jeomorfolojik araştırmalarla, elektriksel yerdirenci ölçümleriyle ve jeofizik yöntemlerle veri edinme odaklıdır. Çalışmada Panagopoula'da yüzeysel bir toprak kaymasının olduğu vurgulanmıştır.

Macaristan da Tuna nehrinin kıyıları Ujvari ve arkadaşları (2009) tarafından incelenmiştir. 2007 yılında Tuna Nehri boyunca büyük bir çökme oluşmaya başlamış, nehirdeki denizcilik faaliyetlerini tehlikeye sokmuştur. Jeolojik, hidrojeolojik ve

morfolojik koşullar gibi birkaç faktörden dolayı Tuna nehrinin kıyısında tekrarlanan sel ve aşınmalar geniş bir dairesel kaymanın gelişmesine yol açmıştır. Yamaç kırılmaları Ocak 2007 den sonra GPS, belirli seviye ölçme teknikleri ve eğimölçer cihazlarla izlenmiştir. 2007 Ekim ayı ortalarında GPS ile yapılan ölçümler ile beklenen maksimum yanal hareketlerin konumu çıkarılmıştır. Başlangıç çalışmaları için Tuna nehrinin jeodezik ve hidrojeolojik özelliklerini gösteren yağış ve su seviyesi saha gözlemleri yapılmıştır. İzleme ve saha gözlemlerine dayalı bir yamaç kırılma oluşum modeli önerilmiştir.

Mıh (2010) çalışmasında, TKİ-GLI-Ilgın Linyit İşletmesi maden ocağı doğu şevinde görülen şev duraysızlığını yerinde ölçümlerle izlemiştir. Şevde yatay ve düşey deformasyonlar 7 ay boyunca iki ayrı sondaj kuyuları kullanılarak izlenmiştir. Saha ölçümleri inklinometre ve manyetik kolon ölçerler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Sahada ayrıca aynı zaman süresince jeodezik ölçümler yapılmıştır. Mıh (2010), sahada yaptığı çalışmalarda ölçüm kuyularının güneybatı yönünde hareket ettiği belirlemiş ve şevde ölçülen deformasyonların maden ocağının dip noktasına doğru olduğunu belirtmiştir.

Özkan ve Özşen (2010) çalışmalarını, TUBİTAK (106M126) projesi kapsamında, iki farklı sahada gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında inklinometre ve manyetik oturma ölçerler ile yatay ve düşey yer değiştirme ölçümleri yapmışlardır. Bu ölçümler için sondaj kuyuları açılmış ve ölçüm kuyuları yaklaşık 2 yıl boyunca izlenmiştir. Ölçümler sonucunda ilk çalışma sahası olan Konya çimento fabrikası kalker hammadde ocağında ocak içine doğru kuzeydoğu istikametinde yaklaşık 61 mm yatay ve yaklaşık 4 mm boyutunda düşey yer değişimin gerçekleştiğini belirlemişlerdir. İkinci çalışma yeri olan KOSKİ su arıtma tesis sahasında ise güneydoğu istikametinde 1,41 mm yatay yer değişim ve 2 mm boyutunda düşey yer değişimin oluştuğunu tespit etmişlerdir. Her iki sahada yatay yer değişim hızları sırasıyla; 0,0111 mm/gün ve 0,00415 mm/gün olduğunu bu hız değerleri ile çok yakın bir gelecekte sahalarda bir duraysızlığın olmayacağını belirlemişlerdir. Ancak her iki sahada da yer değişim hızları düşük olsa da kayma düzlemlerinin oluştuğunu belirlemişlerdir. İnklinometre ölçüm verileri yardımıyla zamana ve yağış miktarına bağlı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ölçüm sahalarına ait istatiksel katsayılar içermektedir. Model yardımıyla ölçüm yapılmamış bir tarihte olası yatay yer değişim değerleri kestirilebilmektedir.

EÜAŞ bünyesinde Afşin-Elbistan kömür havzasında, Park Termik tarafından işletilen açık linyit ocağında 2010 yılında önemli bir şev kayması sorunu gündeme gelmiştir. TMMOB – Jeoloji ve Maden mühendisleri odaları tarafından hazırlanan raporda (2011), ocak sınırlarında bulunan yeraltı su drenaj kuyularından yer altı suyunun çekilmesiyle yaşanan teknik problemler nedeniyle, bölgede ilk olarak ocağın batısında bir şev kayması olduğu daha sonra ise ocağın doğu şevinde yaklaşık 50 milyon m^3'lük malzemenin, ocak içerisine doğru hızla kaydığı belirtilmiştir (Şekil 2.18). Bu şev kaymaları toplam 11 kişinin can kaybına neden olmuştur. Ocakta madencilik çalışmalarına tekrar başlanılmıştır.



Şekil 2.18. EÜAŞ –Park Termik Linyit kömür ocağında oluşan şev kaymaları

Üstün ve arkadaşları (2013) tarafından yürütülen bir TUBİTAK (101Y121) projesinde, Konya kapalı havzasında önemli bir tarım bölgesi olan, Çumra ilçe sınırları çevresindeki yer altı su kullanımına bağlı, toprak oturmalarını izlemektedirler. Projede 22 adet GPS istasyon noktası, 11 adet inklinometre ölçüm kuyusu kurulmuştur. Yılda üç kez ölçümlerin yapıldığı proje çalışmasında, tarım bölgesinde yılda ortalama 2–4 cm oturmaların olduğu belirlenmiştir. 62000 m2 alana sahip bölgede, yaklaşık 1.300.000 m3/yıl büyüklüğünde yeraltı suyu, her yaz döneminde, bölgede var olan kuyulardan sulama amaçlı olarak, çiftçiler tarafından kullanılmaktadır. Hala çalışmaların devam ettiği projede araştırmacılar, uzun bir süreçte bölgede gözlenen zemin hareketlerinin önemli gelişmelere neden olabileceğini vurgulamaktadırlar.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Genel

Bu bölümde tez çalışmasının gerçekleştirildiği, Konya Çumra tarım havzası ve TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli Linyit İşletmesi'nin genel bilgileri, ölçüm yeri, sondaj çalışmaları, ölçüm hazırlıklar, arazi ölçümleri ve laboratuar çalışmaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

3.2. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi Sahası Hakkında Genel Bilgiler

3.2.1. Kuruluş ve tarihçe

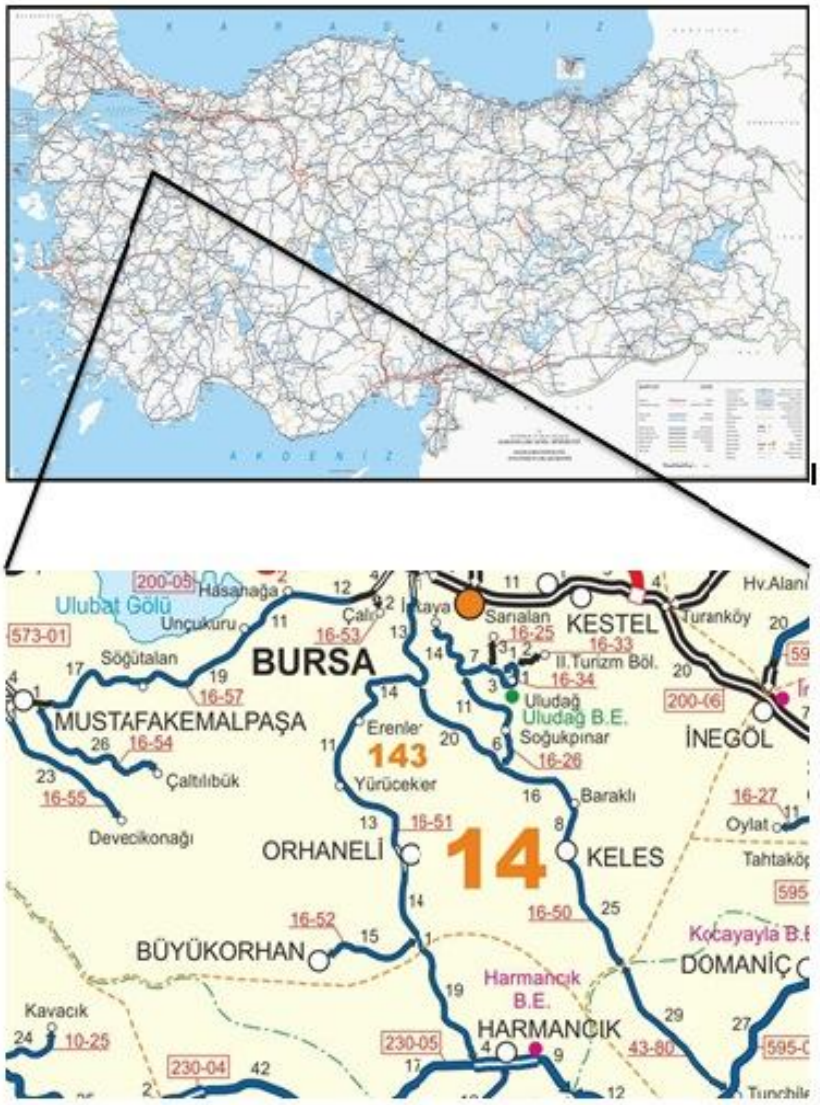
Madenlerin kamulaştırılması ile ilgili 2172 sayılı yasanın yürürlüğe girmesi sonucu 01.01.1979 tarihinden itibaren faaliyete geçmek üzere TKİ, Sınırlı Sorumlu Orhaneli Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü'nü kurmuştur. Müessesenin unvanı 13.09.1979 tarihinde de Marmara Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (MLİ) olarak değiştirilmiştir. Önceleri Orhaneli, Keles ve Saray sahalarında faaliyet gösteren müesseseye 01.09.1982 tarihinden itibaren Çan Linyitleri İşletmesi'de bağlanmıştır. Söz konusu işletme 01.07.1990 tarihinden itibaren Çan Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü adını alarak bu müesseseden ayrılmış ve genel müdürlüğe bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. Daha sonra MLİ Müessese Müdürlüğünün tüzel kişiliği 30.06.1994 tarihi itibariyle kaldırılmış ve 01.07.1994 tarihinden geçerli olmak üzere Bursa Linyitleri İşletmesi (BLİ) Müdürlüğü adıyla faaliyetlerine devam etmiştir.

Saray Linyitleri İşletmesi, 30.06.2004 tarihinde MLİ Müdürlüğü'nün kapatılması nedeniyle Orhaneli'de oluşan Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü'ne başmühendislik olarak bağlanmıştır. TKİ Yönetim Kurulunun 28.08.1995 tarih ve 3501/315 sayılı kararıyla ismi Bursa Linyitleri İşletmesi Bölge Müdürlüğü olarak değiştirilmiştir.

Seyitömer Linyitleri İşletmesi (SLİ) Müessese Müdürlüğü'nün oluşturulmasıyla birlikte BLİ Müdürlüğü 01.04.2004 tarihinde SLİ Müessese Müdürlüğü'ne, 01.09.2012 tarihinde ise Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü'ne (GLİ) bağlanmış olup halen faaliyetlerini sürdürmektedir.

3.2.2. Coğrafi konum ve ulaşım

Orhaneli ilçesi, Bursa il merkezine 64 km mesafededir. Bursa ilinin güneydoğusunda bulunan ilçe, Kütahya-Bursa karayolu üzerindedir (Şekil 3.1). Orhaneli, Bursa'nın güneyindeki engebeli düzlüklerde yer almaktadır. İlçenin dağlık kesimleri kayın, kızılçam, karaçam, meşe, ardıç ormanları ile kaplıdır. Adırnaz çayı ilçeden geçer. İlçe, ılıman Akdeniz iklimi ile Ege ve Marmara'nın kara iklimini taşımaktadır.



Şekil 3.1. Bursa Orhaneli Yerbulduru Haritası

3.2.3. Orhaneli kömür havzası

Orhaneli ilçesi Karıncalı Beldesi'nde kurulu bulunan 1 x 210 MW gücündeki EÜAŞ Orhaneli Termik Santralının ihtiyacı olan linyit kömürlerinin üretiminin gerçekleştirilmesi ve konuyla ilgili diğer faaliyetlerin sürdürülmesi amacı ile kurulan BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi, İR-2404 nolu ruhsat sahasında toplam yaklaşık 9.000 Hektarlık sahada faaliyetlerini sürdürmektedir. İşletme Müdürlüğü sorumluluğundaki ruhsat sahası Gümüşpınar, Sağırlar (Altıntaş) ve Çivili olmak üzere üç ayrı sektörden oluşmaktadır. Bu kömür bölgelerine ait genel bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.2.3.1. Gümüşpınar bölümü

Bursa - Orhaneli asfaltındaki Yürücekler köyü yol ayrımından yaklaşık olarak 6 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu yol sıcak asfalt olup, her mevsimde ulaşıma açıktır. İşletmenin rakımı + 500 m dolayındadır. Bu sektörde halen görünür 23.000.000 ton civarında kömür rezervi bulunmakta olup bu kömürler, ortalama 2300-2600 kcal/kg alt ısıl değerine sahiptir. Sahada halen açık ocak madenciliği sürdürülmektedir.

3.2.3.2. Sağırlar (Altıntaş) bölümü

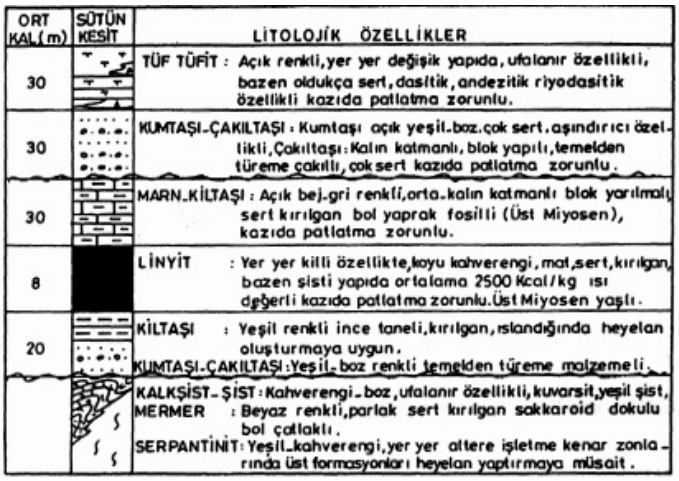
Yürücekler yol ayrımından Gümüşpınar - Dündar istikametinde yaklaşık olarak 12 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu yol Gümüşpınar köyünden itibaren asfalt olup, her mevsim ulaşıma açıktır. Havzanın rakımı +550 m dolayındadır. Bu sektörde halen 1.700.000 tonu açık işletme, 4.300.000 tonu yeraltı işletmesine uygun, toplam görünür 6.000.000 ton civarında kömür rezervi bulunmaktadır. Bu kömürler proje değerine göre ortalama 3000 kcal/kg alt ısıl değerine sahiptir. Sektördeki kömürün bir kısmı, 1990 yılına kadar açık ocak madenciliği ile ve müteahhit vasıtası ile çalışılmış olup açık ocak madenciliğine uygun kömür rezervi tüketilmiştir. Sahada üretilmemiş kömür rezervi, yeraltı madenciliği ile alınacak kısımdır. Bunun için planlama çalışmaları yapılmaktadır.

3.2.3.3. Çivili bölümü

Yürücekler yol ayrımından Gümüşpınar - Yenidanişment istikametinde 10 km, Yenidanişment'den itibaren 2 km olmak üzere toplam 12 km uzaklıktadır. Bu yol da asfalt olup, her mevsim ulaşıma açıktır. Havzanın rakımı +600 m dolayındadır. Sahada yaklaşık 9.800.000 ton kömür rezervi bulunmaktadır. Halen hiçbir madencilik çalışması yapılmamaktadır. Sahadaki kömür rezervinin bir kısmı (7.900.000 ton) yeraltı, bir kısmı (1.900.000 ton) açık ocak madenciliği ile işletilmesi yönündeki çalışmalar, TKİ tarafından yapılmaktadır.

3.2.4. Sahanın genel jeolojisi

Havzadaki detay jeolojik etütler 1960-1975 yılları arasında MTA Enstitüsü elemanları tarafından yapılmıştır (MTA, 1976). 1979-1984 yıllarında BLİ Müessese Müdürlüğünce havzada 96 adet araştırma ve geliştirme sondajı yapılmıştır. Gümüşpınar ve Sağırlar sektörlerinde tek damar oluşumu gözlenirken Çivili sektöründe bazı sondajlarda tek damar, bazı sondajlarda ise birkaç damara rastlanmaktadır. Ortalama damar kalınlığı Gümüşpınar sektöründe 7.05 m Sağırlar sektöründe 3.36 m, Çivili sektöründe ise 3.36 m olarak bulunmuştur. Katman eğimleri Gümüşpınar ve Sağırlar sektörlerinde 6°-10° arasında değişir. Çivili sektöründe ise 7°-15° arasındadır. Faylar basamak faylar şeklinde gelişmiş olup atımları 10-50 m Arasında değişir. Fay eğimleri 55°-65° arasındadır. Orhaneli havzasının litolojik dizilimi Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Orhaneli havzası litolojik dizimi (Ölçeksiz) (Uçaku,2000)

3.2.5. Yapısal jeoloji

3.2.5.1. Genel yapı

Orhaneli linyit havzası eksen doğrultuları kuzeydoğu-güneybatı olan başlıca iki tali kuvvetten oluşmaktadır. Birinci kuvvet Gümüşpınar-Sağırlar doğrultusunda, ikinci kuvvet ise Çivili köyünden güneybatıya doğru uzanan hat boyunca yerleşmiştir. İkinci tali kuvvet büyük olasılıkla Dündar-Yeni Danişment-Gazioluk köyünü birleştiren hat üzerinde yer alan yüksek bir temel ile birbirinden ayrılmış durumdadır. Söz konusu temel, Yeni Danişment köyü ile bu köyün batı, kuzeybatısındaki Kasak tepede izlenir. Diğer kesimlerde ise tüflerle örtülü durumdadır. Bu görüşten hareketle kömür damarının teşekkülüne kaynak olan turbiyerin oluşma evresinde bu temelin çok büyük bölümünde kara halinde kaldığı su atımına inmesinin ise kısmen marn-tüfit formasyonlarının çökelim devresinde olduğu ileri sürülebilir (Akat ve ark., 1979).

3.2.5.2. Tabaka doğrultu ve eğimleri

Gümüşpınar bölümünde, linyit damarının doğrultusu çoğunlukla kuzeydoğu-güneybatıdır. Bu doğrultu Dündar köyünün güneyinde mevcut fayların etkisi ile kuzey-güney ve kuzey batıya dönmüştür. Damar eğimleri ise 6°-10° arasında değişir. Sadece Dündar köyünün batısında ve güneybatısında eğim değeri 22° ye çıkar. Eğim istikameti havza batı kıyısında Gümüşpınar ve Dündar köyleri civarından geçen havza eksenine kadar olan kesimde doğu ve güneydoğuya doğrudur. Havza eksenine kalan çok dar bir bölgede ise, eğim yine terslenmiş olup batı ve kuzeybatıya doğrudur (Kulaksız ve ark., 1991, Karpuz ve ark., 2005).

3.2.5.3. Kıvrımlar ve faylar

Havza Alp orojenezinin rodanijen fazı ve yalak fazının etkisi altında kalmıştır. Gümüşpınar yöresinde kuzey-güney istikameti kuzey ve güney dalımlı bir senklinal ve Dündar köyünün güneyinde bir antiklinal oluşmuştur (Akat, 1979).

Açık ocak şevlerinden gözlenen 1-2 m atımlı fayların dışında diğer faylar yüzeyde görülmez. Tüfitlerle örtülü durumdadır. Faylar basamak şeklinde gelişmiş olup atımları çoğunlukla 15-20 m arasında değişir. Ancak Gümüşpınarda Dündar köyünün

batısında ve güneyindeki faylarda atım 50 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 3.3). Fay eğimleri 55°-65° arasında değişir. Sağırlar bölümünde fay doğrultuları da Gümüşpınar bölümündeki hakim doğrultuya uygundur. Bu bölümdeki fayların atımları 20-50 m arasındadır (Kulaksız ve ark., 1991, Karpuz ve ark., 2005).



Şekil 3.3. Gümüşpınar kömür ocağında basamaklarda fayın görünümü.

3.2.6. Orhaneli kömür havzasının rezerv durumu

3.2.6.1. Sahada yapılan sondajlar

Orhaneli bölgesinde 191 adedi MTA Genel Müdürlüğü tarafından olmak üzere 128 adedi müessese adına diğer kuruluşlarca yapılmış toplam 319 adet sondaj yapılmıştır. Bu sondajlar ile elde edilen bilgiler ışığında yağılan etütlerde sahanın tektoniği, kömür damarının durumu, jeolojisi tespit edilmiştir. İşletme şekli belirlenmiş, rezerv, dekapaj ve kömür kapasitesi tam olarak ortaya çıkmıştır. Bunun dışında 1979-1984 yıllarında BLİ Müessese Müdürlüğünce havzada 96 adet araştırma ve geliştirme sondajı yapılmıştır. 2012-2013 döneminde ise ek sondajların yapılması planlanmış ve yaptırılmıştır.

3.2.6.2. Rezerv Durumu

Üretilebilir rezervin hesaplanmasında görünür rezervden hareket edilmiş olup açık ocak çalışmalarında işletme zayiatı % 10 olarak alınmıştır. Bu görünür rezervden düşüldükten sonra işletilebilir rezerv değerleri bulunmuştur. Kömür damarı ortalama kalınlığı, Gümüşpınar bölümünde 7.05 m, Sağırlar bölümünde 3.81 m ve Çivili bölümünde 3.36 m ‘ dir. Rezerv değerleri ise Gümüşpınar Sektöründe 25.500.000 ton, Sağırlar Bölgesinde 6.000.000 ton, Çivili Bölgesinde ise 9.800.000 ton olmak üzere havzada 41.300.000 ton üretilebilir rezerv vardır. Havzada Gümüşpınar bölgesinde açık ocak madenciliği ile 2.500.000 ton’luk kömür rezervi üretilmiştir. Sağırlarda ise 1.700.000 tonluk kısım açık ocak ile üretilmiş, geriye kalan 4.300.000 tonluk rezerv, yeraltı madenciliği ile üretilmek amacıyla planlama çalışmaları devam etmektedir. Benzer şekilde Çivili yöresinde 1.900.000 ton’luk kısım açık ocak madenciliği ile geriye kalan 7.900.000 ton ise yeraltı madenciliği ile işletilmesi için planlama çalışmaları yapılmaktadır.

3.2.6.3. Havza kömürünün nitelikleri

Yapılmış olan sondajlarda kesilen linyit damarlarından, damarı karakterize edecek şekilde sistemli numuneler alınarak orijinal kömürde ve havada kuru kömürde ısı değeri, su, kül, uçucu madde, sabit karbon ve toplam kükürt değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Havza kömürünün genel niteliği (www.bli.gov.tr, 2013).

Gümüşpınar Bölümü	Orijinal Kömür	Havadaki Kuru Kömürde
Su (%)	32.28	8.35
Kül (%)	10.27	24.72
Uçucu Madde (%)	25.54	33.33
Sabit Karbon (%)	23.54	29.48
Toplam Kükürt (%)	1.57	2.12
Alt Isı Değeri (%)	2.666	3.691

3.2.7. Madencilik çalışmaları

Yapılan jeolojik etütler ve sondajların neticesine göre sektörler incelenmiş ve bu incelemeler sonucunda Gümüşpınar da 13.31 ton/m^3 oranında 25.500.000 ton işletilebilir kömürün, Sağırlar da 16.55 ton/m^3 oranında 1.700.000 ton işletilebilir kömürün, Çivili de 16.8 ton/m^3 1.900.000 ton oranında işletilebilir kömürün açık ocak olarak çalıştırılması öngörülmüştür. Bunun haricinde Sağırlar ve Çivili sektöründe yeraltı olarak tespit edilen sahalarda toplam 12.200.000 ton rezerv tespit edilmiştir. Planlama çalışmaları devam edilmektedir.

Bölgede yapılacak açık işletmede uygulanacak dekapaj yönteminin seçimi, örtü tabakasının kalınlığı, cinsi, fiziksel özelliği, kömür damarı kalınlığı, meyili, arazinin topografyası ve toprak döküm sahası olanaklarına bağımlı olarak saptanmıştır.

Ekskavatör-kamyon kazı yöntemi, sistemler içinde en büyük esnekliğe sahip bir metottur. Dekapaj malzemesi, ekskavatör ile kazılıp döküm sahasına taşınmaktadır. Ancak bu sistemde, çalışma şartlarının ağırlığı nedeniyle, ekipmanlarda oluşacak arıza sebeplerinin fazla olması, yedek parçalarının tamamına yakınının dışarıdan temin edilmesi ve dekapaj döküm naklinde kullanılan kamyonların lastik ve yakıt sarfiyatlarının çok fazla olmasından dolayı, sistemin maliyeti yüksek olmaktadır.

İşletmede, kömür üzerindeki 26 m yüksekliğindeki dekapaj dilimi dragline kepçesi ile alınarak kömürü alınmış komşu sahaya dökülmekte ve bir dilim kömür üstü açılmaktadır. Açılan kömür genellikle kömür tabanında çalıştırılan ekskavatör veya yükleyicilerle kazılarak kamyonlara yüklenmektedir. Yapılan etütler bu sistemin en ucuz yöntem olduğunu göstermektedir. Ekskavatör-kamyon metodunun maliyeti bu yönteme nazaran bir kat daha fazladır. Dragline metodunda akaryakıt sarfiyatının olmayışı, tamir, bakım ve yedek parça azlığı bu metoda ayrı bir avantaj sağlamaktadır. Sahada dragline-ekskavatör-kamyon yöntemi dekapaj çalışmalarında uygulanmaktadır. Orhaneli bölgesinde imkânların ve arazi şartlarının el verdiği oranda örtü tabakasının mümkün olan kısmını dragline ile bunun ötesindeki kısmı ekskavatör-kamyon metodu ile alınması çalışmaları hala yürütülmektedir. Kazı çalışmalarında delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Sahada gerçekleştirilen madencilik çalışmalarına ait bazı görüntüler Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ‘da sunulmuştur.



Şekil 3.4. Gümüşpınar açık ocağından genel bir görünüş.



Şekil 3.5. Ekskavatör – Kamyon yönteminin kullanımı



Şekil 3.6. Ocakta kullanılan dragline kazı makinesi

3.2.8. Sahada karşılaşılan şev kayması problemlerine ait tarihsel gelişim

Gümüşpınar sahasında madencilik faaliyetleri esnasında çeşitli şev kayma problemleri ortaya çıkmıştır. Ocağın güneybatı şevlerinde 1998 yılında önemli bir şev kayması olmuştur. 2004 yılında ise ocağın kuzeydoğu şevlerinde önemli bir duraysızlık görülmüştür (Karpuz ve ark., 2005)**.** Bu tarihte doğu şevinde yapılan hazırlık çalışmaları tamamlanmadan meydana gelen bu şev problemi nedeniyle bölgedeki çalışmalar durdurulmuştur. EÜAŞ Termik Santraline verilen kömür termin planına göre gerekli olan kömürün çıkarılması için ocağın güney bölgesinde dekapaj çalışmalarına başlanılmıştır. Ancak ocağın güney şevinde 2009 yılında yapılan dekapaj çalışmalarında yine bir şev kayması söz konusu olmuştur. Bu bölgede oluşan şev kayması kömürün üstündeki kil tabakasında oluşmuştur. Genel olarak kayan malzeme kil yüzeyinde blok olarak hareket etmiş olup kömür damarı örselenmemiştir. Ocakta kömür üretiminin yapılacağı doğu ve güney şevlerindeki problemler nedeniyle kömür üretimi sekteye uğramıştır. Bunun üzerine ocak yönetimi ocağın güney bölgesinde 2009' da oluşan şevlerde tekrar basamak oluşturma çalışmalarına başlamıştır. Bununla birlikte 2004 yılında şev kayma probleminin yaşandığı doğu şevinde, 2011 yılında hizmet alımı ile tekrar dekapaj çalışmalarına başlanmıştır. Ancak 2012 Nisan ayında bu şevde yeni bir

kayma söz konusu olmuştur. Bu son şev kayması 2004 yılında oluşan şev kayma alanının üzerindeki bölgede oluşmuştur. Ocakta yaşanan son şev kayması ile ilgili bazı fotoğraflar Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de sunulmuştur.



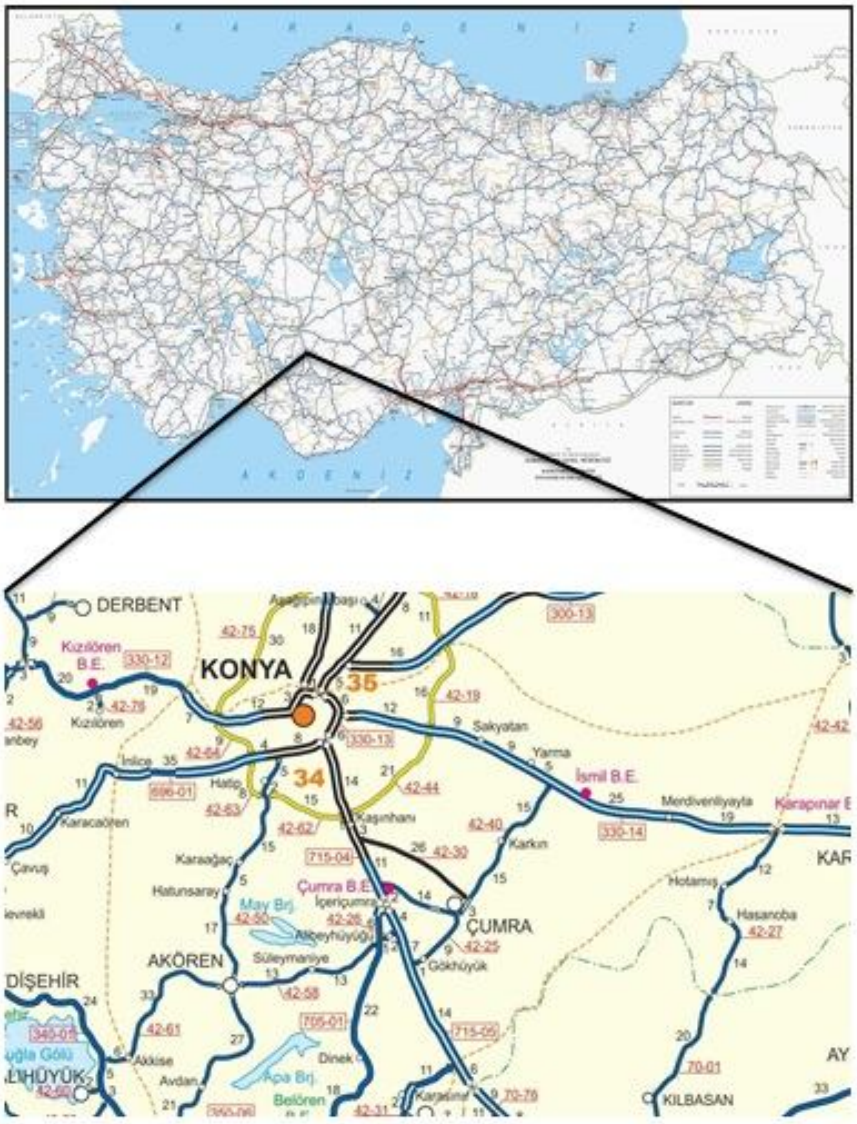
Şekil 3.7. 2012 Nisan ayında meydana gelen şev kayması (Gökay M.K. ve ark. , 2013)



Şekil 3.8. 2004 yılında ocakda meydana gelen şev kayması (www.bli.gov.tr, 2013)

3.3. Konya Çumra Kapalı Tarım Havzası Hakkında Genel Bilgiler

Çumra tarım alanı Konya kapalı havzasında önemli bir tarım işlevinin yapıldığı kışları sert, yazları kurak, ilkbahar aylarında yağış alan bir bölgedir. Çumra ilçesi, Konya iline yaklaşık 45 km mesafede olup, ilin güneyinde yer almaktadır. İlçe Konya-Adana karayolu üzerindedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çumra Tarım Havzası Yerbulduru Haritası

Konya kapalı havzasına diğer bölgelerden yeraltı ve yerüstü su akışı olmamaktadır. Havzaya düşen yüzey suları ve yeralt suları tekrar havzada kullanılmaktadır. Türkiye'nin önemli bir tarım üretim bölgesi olan havzada nüfus artışlarına bağlı olarak çok sayıda sulama amaçlı açılan kuyu bulunmaktadır.

Konya kapalı havzası yaklaşık 62000 km^2 ‘dir. Bu bölgenin Çumra ilçe sınırlarına düşen 27500 km^2’lik tarım alanı bu tez çalışmasında dikkate alınmıştır. Yüksek lisans tezinin bir bölümünü oluşturan bu çalışma sahası, TUBİTAK 101Y121 numaralı proje çalışmalarının bir kısmını içermektedir. 27500 km^2’lik çalışma bölgesinde tarım amaçlı kullanılan yeraltı su miktarının yaklaşık 1300000 m^3/yıl olduğu ifade edilmektedir. Bu yüksek miktardaki su kullanımı, yeraltı su seviyesinin düşmesine neden olurken aynı zamanda toprak zeminde oturmalara neden olmaktadır.

Tez çalışmasına konu olan çalışma sahası Şekil 3.9’da görülmektedir. Sahada genellikle pancar ekimi yapılmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Çumra tarım havzasından bir görüntü

3.4. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Gümüşpınar Kömür Sahasında Kaya Ortam için Yapılan Çalışmalar

Yüksek lisans tez çalışmasına konu olan saha çalışmaları, TKİ adına, dört üniversite tarafından yapılan proje çalışmalarının bir kısmını içermektedir.

Gümüşpınar kömür sektöründe mevcut ocağın doğu şevinde bulunan kömür damarının açılması 2011 ocak çalışma planına işlenmiştir. Doğu şevinde yapılan çalışmalar esnasında 2012-Nisan ayında bu şevin hemen üzerinden geçen Gümüşpınar-Sağırlar yolu heyelan içerisinde kalmıştır. Aynı zamanda şevin hemen üstünde

Gümüşpınar Köyü bulunmaktadır. Şekil 3.11'de bu problemli şeve ait bazı fotoğraflar sunulmuştur.



Şekil 3.11(a). Şevin ocak içine girilen ilk bölgesinden görünüm

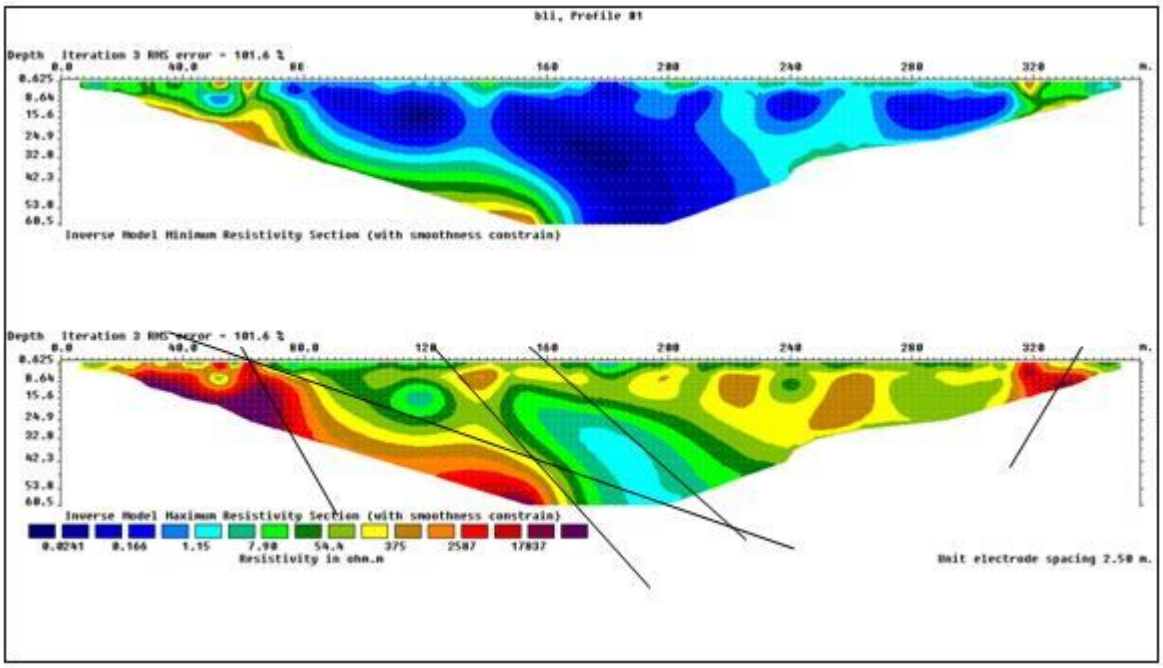


Şekil 3.11(b). Şevin ocak içine girilen son bölgesinden görünüm

Nisan 2012 tarihinde doğu şevinde karşılaşılan bu problemden sonra dekopaj çalışmalarına ara verilmiştir. Bölgede yolun kullanılamaz hale gelmesi ve Gümüşpınar Köyü'nün risk altına girmesi nedeniyle TKİ Genel Müdürlüğü, sahada duraylılık analizlerinin yapılması amacıyla bir proje çalışması başlatmıştır. Bu çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi'nden oluşan toplam 16 araştırmacıdan oluşan bir çalışma grubu görev almıştır. Selçuk Üniversitesi çalışma grubunun üstlendiği görev doğu şevinde deformasyon ölçüm sistemlerinin kurulması, izlenmesi ve değerlendirilmesi olmuştur. Bu tez çalışması bu arazi ölçüm sonuçlarının matematiksel açıdan değerlendirilmesi ile ilgilidir.

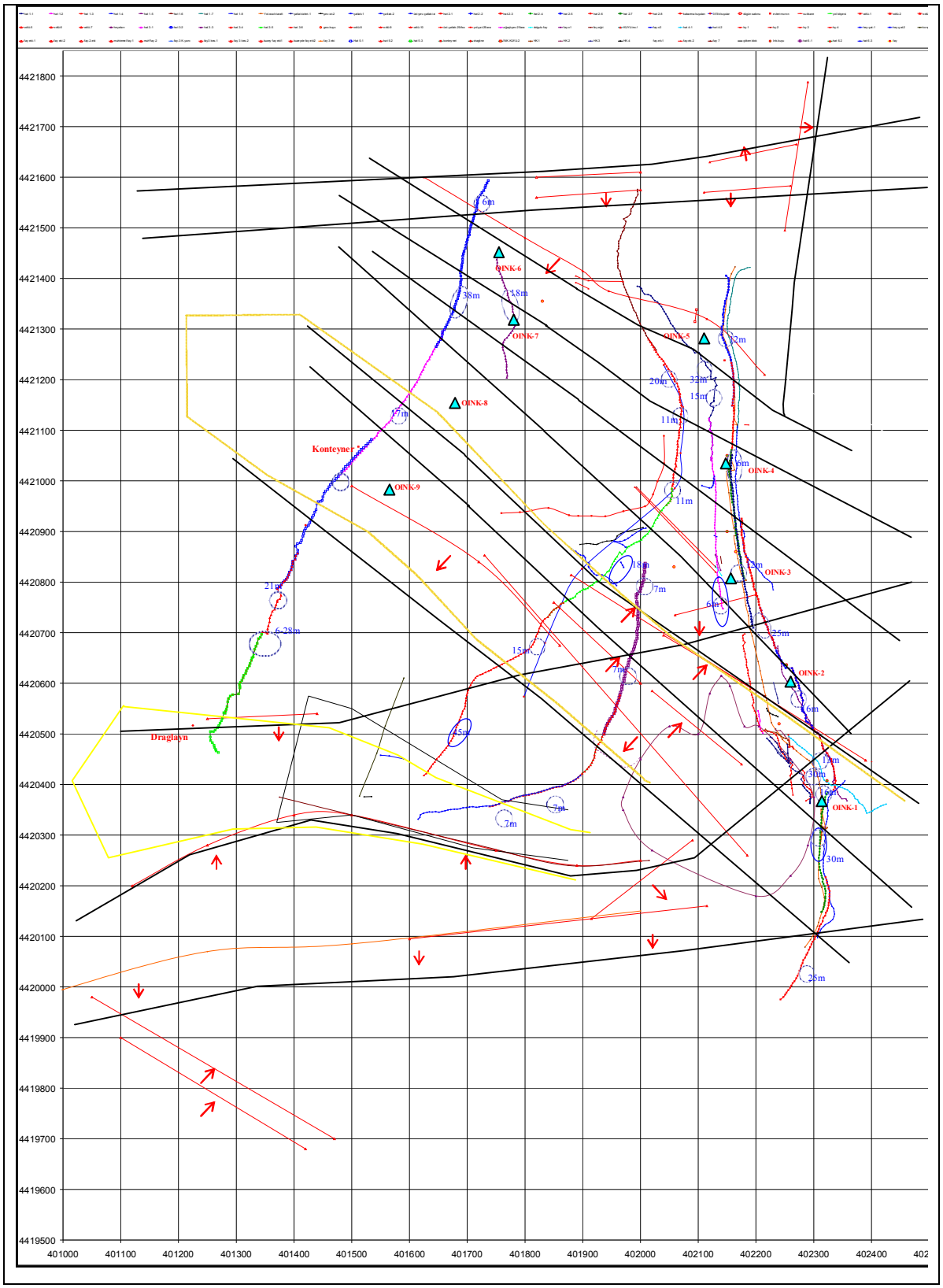
3.4.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti

Sahada deformasyon ölçümlerinin izlenmesi amacıyla inklinometre ölçüm kuyularının açılması planlanmıştır. Ancak sahada kuyuların açılacağı yerlerin en ideal şekilde belirlenebilmesi için yerdirenci ölçümlerinin öncelikle yapılması hedeflenmiştir. Bu ilk amacın gerçekleştirilebilmesi için şevin üst bölgesinde konumlanan Gümüşpınar-Sağırlar yoluna (+550) paralel 400 m uzunluğunda 8 adet yer direnci ölçüm hattı oluşturulmuştur. +468 kotunda 6 hat, +460 kotunda 2 hat, +436 kotunda 2 hat, +410 kotunda (dragline yolu) 4 hat olmak üzere toplam 22 yerdirenci hattında ölçümler alınmıştır. Yerdirenci ölçümlerinin RES2DINV yazılımı yardımıyla değerlendirmeleri yapılmıştır (Gökay ve ark., 2013). Yazılım yardımıyla iki boyutlu yerdirenci kesitleri alınabilmektedir. Yerdirenci kesitlerinde farklı kaya tabakaları farklı elektriksel direnç değerleri ile ifade edilmektedir. Bu kesitlerde tabakalanma yapıları, yeraltı su geçiş yolları, mevcut fayların konumları görülmektedir. Tipik olarak verilen Şekil 3.12'de kaya birimlerinin tabakalanma şekilleri, yeraltı su geçiş yolu ve fayın yatım yönü görülmektedir. Fayın belirlenen yatım yönüne dik olan eksende fayın doğrultusu tespit edilebilmektedir.



Şekil 3.12. Tipik bir yerdirenci ölçüm sonucu (Gökay ve ark.,2013)

Yukarıda tipik olarak verilen iki boyutlu yerdirenci kesitlerinde belirlenen fayların yatım ve doğrultuları sahaya ait plan görünüşte her bir yerdirenci ölçüm hattında konumlandırılmıştır. Şekil 3.13 de yerdirenci hatları ve bu hatlar üzerinde belirlenen fayların yatım ve doğrultuları görülmektedir. Ayrıca yeraltı su geçiş yolları işlenmiştir. Sahanın +550, +468, +460, +438 ve +410 kotlarında yapılan yerdirenci ölçüm değerlendirmelerinin işlendiği Şekil 3.13'deki plan üzerinde ikinci değerlendirme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada sahanın içinde oluşturulan 5 farklı kottaki fayların yatım ve doğrultuları dikkate alınarak aynı eksen üzerinde olanlar birleştirilmiştir. Böylece sahada etkin olan fay düzlemleri belirlenmiştir. Şekil 3.13'de görüldüğü gibi faylar ile bölünen 5 farklı bölgenin olduğu anlaşılmıştır. Yerdirenci ile belirlenen fay hatlarının daha önce meydana gelen şev kaymaları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Aslında her bir fay düzlemi arasının olası kayma bölgesi olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.13. Yerdirenci sonuçlarından belirlenen kritik fay hatları ve inklinometre kuyu yerleri (Gökay ve ark,2013)

3.4.2. Sondaj kuyularının açılması ve inklinometre ölçüm sisteminin kurulması

Şekil 3.13'de görülen riskli kritik bölgeler belirlendikten sonra bu kritik alanlar içerisine inklinometre kuyularının açılmasına karar verilmiştir. Kuyu yerleri üçgen sembol ile Şekil 3.13'de görülmektedir. Sahada 9 adet sondaj kuyusunun açılmasına karar verilmiştir. Kritik bölgelerin içerisinde kalan kuyuların bir tanesi üst şevde iken diğerinin ocak tabanında olmasına dikkat edilmiştir. Böylece her iki kuyu bir ölçüm çifti olmuştur. Bu karotlu sondajlara ait tipik bir örnek, OINK-1 kuyusu için Şekil 3.14'de verilirken, kuyulara ait genel bilgiler ise Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Sahada tesis edilen kuyulara ait genel bilgiler

Kuyu No	Sondaj Derinliği	Ölçüm Kuyu Derinliği	Kurulduğu Tarih ve Ölçüm Sayısı	x, y, z Koord.
	(m)	(m)		
OINK-1 (heyelan üstü)	25	28	27.12.2012 13	4420398 402330 +572
OINK-2 (ocak sınırı)	40	17.5	27.12.2012 15	4420637 402250 +537
OINK-3 (ocak sınırı)	50	46.5	29.01.2013 14	4420820 402172 +530
OINK-4 (ocak sınırı)	50	47	29.01.2013 13	4421047 402149 +504
OINK-5 (ocak sınırı)	50	43.5	15.01.2013 13	4421309 402089 +507
OINK-6 (ocak içi)	35	33.5	24.01.2013 6	4421480 401760 +445
OINK-7 (ocak içi)	82	58.5	03.04.2013 6	4421279 401711 +427
OINK-8 (ocak içi)	79.80	63	21.02.2013 11	4421177 401674 +423
OINK-9 (ocak içi)	70	29	21.02.2013 10	4421004 401579 +422



Şekil 3.14. OINK-1 Kuyusuna ait karot fotoğrafları

Çizelge 3.2'de belirtilen ölçüm kuyuları karotlu sondaj çalışmaları ile açılmıştır. Sondaj kuyu çapları NX veya HQ olarak açılmış ancak daha sonra inklinometre sistemi

için kuyu çapları 120 mm olacak şekilde tekrar taranmıştır. Ölçüm kuyusu olarak kullanılacak bu sondajlardan alınan karotlar üzerinde kaya kütle sınıflama (RMR, Q ve M-RMR) çalışmalarının yapılması planlanmıştır. Bu amaç için karotlar sandıklar içerisinde muhafaza edilerek Selçuk Üniversitesi'ne nakil edilmiştir. Kuyuların açılmasından hemen sonra kuyu içerisine inklinometre ölçüm aparatlarının yerleştirilmesi işlemine geçilmiştir. Bu işlem için yapılan çalışmalar adım adım aşağıda sıralanmıştır.

1. Her bir kuyunun belirlenen sondaj derinliğine sondaj matkap ve tijleri ile ulaşıldıktan sonra bu tijler, kuyu içerisindeki göçüklere neden olmamak için bir süre çekilmemiştir.
2. Kuyu dip kısmına gelecek alt kapak inklinometre boru tabanına yerleştirilmiştir.
3. Üç metre uzunluğundaki inklinometre boruları bağlantı manşonlarına perçin yardımıyla bağlanmıştır. Her bir bağlantı koli bandı ile iyice suya karşı izole edilmiştir.
4. Birbirlerine bağlanan inklinometre boruları üzerine manyetik halkalar yerleştirilmiştir.
5. Kuyu dışında hazırlanan bu sistem yaklaşık 60 dk içerisinde hazırlanmıştır.
6. Kuyu başında inklinometre boru sistemi hazırlandıktan sonra kuyu içerisindeki sondaj tijleri hızla çekilmiş ve inklinometre boruları seri bir şekilde kuyu içerisine indirilmiştir.
7. Kuyu tabanına kadar indirilen inklinometre boruları ile kuyu cidarı arasında kalan boşluk, bentonit, su, çimento ve çok küçük boyutlu ince agrega karışımı ile hazırlanan şlamla doldurulmuştur.
8. Dolgu malzemesi donduktan sonra (yaklaşık 24 saat) kuyu başındaki dışarıda kalan inklinometre borusu kesilerek üst kapak monte edilmiştir.
9. Ölçüm sisteminin dış etkilerden korunması amacıyla koruyucu metal bir kapak ile sistem koruma altına alınmıştır.

3.4.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları

Yukarıdaki bölümde anlatılan adımlar Şekil 3.15'de sunulmuştur. Bu kurulum çalışması 9 adet kuyuda (OINK-1, OINK-2, OINK-3, OINK-4, OINK-5, OINK-6, OINK-7, OINK-8 ve OINK-9) tek tek gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ölçüm çalışmalarına geçilmiştir. 13 Şubat 2013 ile 28 Mayıs 2013 tarihleri arasında yaklaşık

105 gün boyunca ortalama her 8-10 günde bir kuyularda inklinometre ölçümü gerçekleştirilmiştir. Tüm kuyular için toplamda 101 kez ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.15. İnklinometre ölçüm sisteminin Gümüşpınar kömür sektöründe kurulma çalışmaları

Sahada kurulan ölçüm kuyularına ait genel bilgi Çizelge 3.3'de sunulmuştur. Bu çizelgede belirtilen her bir ölçüm kuyusu içerisinde 0,5 m'de bir inklinometrik ölçüm alınmıştır. Bir başka ifade ile ölçüm kuyusunun her 0,5 m'sinde alt istasyon tesis edilmiştir. Çizelge 3.4'de görüldüğü gibi tipik olarak verilen OINK-1 kuyusu içerisinde aslında 56 alt istasyon noktası mevcuttur. Diğer kuyulardaki alt istasyonlar OINK-1 kuyusu gibi isimlendirilmiştir. Sonuç olarak tüm kuyulardaki alt istasyon adetleri Çizelge 3.3 'de verilmiştir. Sahada oluşturulan toplam 9 adet kuyuda toplam 733 adet alt istasyon tesis edilmiştir.

Çizelge 3.3. Ölçüm Kuyularına Ait Genel Bilgiler

Ölçüm Kuyusu	Kuyu Derinliği (m)	Kuyu İçerisindeki Ölçüm Aralığı (m)	Kuyu İçerisindeki Alt İstasyon Adetleri
OINK-1	28	0,5	56
OINK-2	17,5	0,5	35
OINK-3	46,5	0,5	93
OINK-4	47	0,5	94
OINK-5	43,5	0,5	87
OINK-6	33,5	0,5	67
OINK-7	58,5	0,5	117
OINK-8	63	0,5	126
OINK-9	29	0,5	58
		TOPLAM	733

Her bir ölçüm kuyusunda yapılan ölçümlerin tarihleri, Çizelge 3.6'da sunulmuştur. Ölçüm kuyularının kurulum tarihleri farklı olup, kuyular tesis edildikçe ölçüm programına alınmıştır. 15 Nisan 2012 tarihinde ocakta madencilik çalışmaları yeniden başlamıştır. Sahada yapılan delme-patlatma-kazı-dekapaj çalışmaları nedeniyle OINK-6, OINK-7 ve OINK-8 ölçüm kuyuları Mayıs 2012 içerisinde yok olmuştur. Diğer ölçüm kuyularından ise aktif olarak ölçüm alınmaya devam edilmektedir.

Çizelge 3.5'de, sahada kurulan ölçüm kuyuları, her bir ölçüm kuyusundaki alt istasyon adetleri, kuyularda gerçekleştirilen ölçüm sayıları ve her bir kuyudan alınan toplam veri sayıları görülmektedir. 105 günlük izleme periyodu içerisinde sahada kurulan 9 adet ölçüm kuyusundan toplam 7978 adet veri toplanmıştır.

Çizelge 3.4. Tipik Olarak OINK-1 Kuyusuna Ait Alt İstasyon Bilgileri

Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt İstasyon Adı	Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt istasyon Adı
1	0,5	OINK1-0,5	29	14,5	OINK1-14,5
2	1,0	OINK1-1,0	30	15,0	OINK1-15,0
3	1,5	OINK1-1,5	31	15,5	OINK1-15,5
4	2,0	OINK1-2,0	32	16,0	OINK1-16,0
5	2,5	OINK1-2,5	33	16,5	OINK1-16,5
6	3,0	OINK1-3,0	34	17,0	OINK1-17,0
7	3,5	OINK1-3,5	35	17,5	OINK1-17,5
8	4,0	OINK1-4,0	36	18,0	OINK1-18,0
9	4,5	OINK1-4,5	37	18,5	OINK1-18,5
10	5,0	OINK1-5,0	38	19,0	OINK1-19,0
11	5,5	OINK1-5,5	39	19,5	OINK1-19,5
12	6,0	OINK1-6,0	40	20,0	OINK1-20,0
13	6,5	OINK1-6,5	41	20,5	OINK1-20,5
14	7,0	OINK1-7,0	42	21,0	OINK1-21,0
15	7,5	OINK1-7,5	43	21,5	OINK1-21,5
16	8,0	OINK1-8,0	44	22,0	OINK1-22,0
17	8,5	OINK1-8,5	45	22,5	OINK1-22,5
18	9,0	OINK1-9,0	46	23,0	OINK1-23,0
19	9,5	OINK1-9,5	47	23,5	OINK1-23,5
20	10,0	OINK1-10,0	48	24,0	OINK1-24,0
21	10,5	OINK1-10,5	49	24,5	OINK1-24,5
22	11,0	OINK1-11,0	50	25,0	OINK1-25,0
23	11,5	OINK1-11,5	51	25,5	OINK1-25,5
24	12,0	OINK1-12,0	52	26,0	OINK1-26,0
25	12,5	OINK1-12,5	53	26,5	OINK1-26,5
26	13,0	OINK1-13,0	54	27,0	OINK1-27,0
27	13,5	OINK1-13,5	55	27,5	OINK1-27,5
28	14,0	OINK1-14,0	56	28,0	OINK1-28,0

Çizelge 3.5. İnklinometre veri tabanını oluşturan ölçü adetleri

Ölçüm Kuyusu	Alt İstasyon Adedi	Ölçüm sayısı	Alt İstasyonlar Bazında Toplam Ölçüm Adedi
OINK-1	56	13	728
OINK-2	35	15	525
OINK-3	93	14	1302
OINK-4	94	13	1222
OINK-5	87	13	1131
OINK-6	67	6	402
OINK-7	117	6	702
OINK-8	126	11	1386
OINK-9	58	10	580
TOPLAM	733	101	7978

Çizelge 3.6. İnklinometre Ölçüm Tarihleri

Ölçüm Kuyusu	Ölçüm Tarihi		
OINK-1	13.02.2013(ref.) 13.02.2013 15.02.2013 21.02.2013 09.03.2013	22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013 02.05.2013	10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013 28.05.2013
OINK-2	21.01.2013(ref.) 22.01.2013 13.02.2013 15.02.2013 21.02.2013	09.03.2013 14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013 28.05.2013
OINK-3	12.02.2013(ref.) 12.02.2013 12.02.2013 15.02.2013 21.02.2013	08.03.2013 14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013
OINK-4	12.02.2013(ref.) 12.02.2013 15.02.2013 21.02.2013 08.03.2013	14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013
OINK-5	13.02.2013(ref.) 13.02.2013 15.02.2013 21.02.2013 09.03.2013	14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013
OINK-6	13.02.2013(ref.) 13.03.2013 15.02.2013	21.02.2013 09.03.2013	14.03.2013 Kazı nedeniyle kuyu yıkıldı.
OINK-7	27.04.2013(ref.) 27.04.2013	03.05.2013 10.05.2013 17.05.2013	22.05.2013 Kazı nedeniyle kuyu yıkıldı.
OINK-8	10.03.2013(ref.) 10.03.2013 14.03.2013 21.03.2013	28.03.2013 27.04.2013 03.05.2013 10.05.2013	17.05.2013 22.05.2013 28.05.2013 Kazı nedeniyle kuyu yıkıldı.
OINK-9	09.03.2013(ref.) 09.03.2013 14.03.2013 21.03.2013	26.04.2013 03.05.2013 10.05.2013	17.05.2013 22.05.2013 28.05.2013

İnklinometre ölçümlerinde izlenen yol adım adım aşağıda sunulmuştur.

1. İnklinometre kuyusunun muhafaza kapağı açılmıştır.
2. İnklinometre kuyusunun üst kapağı açılmıştır.
3. İnklinometre ölçüm kuyusunda bir problemin olup olmadığını anlamak amacıyla klavuz inklinometre probu, bir halat yardımıyla kuyu içerisine indirilmiştir. Bu işlem için referans ray (A+ ve A-) kullanılmıştır.
4. Kuyuda problem olmadığı anlaşılınca gerçek inklinometre probu (algılayıcı) ölçüm kablosuna bağlanmıştır. Daha sonra prob dikkatli bir şekilde kuyu

içerisine indirilmiştir. Bu işlem için referans raylar (A+.A-) kullanılmıştır. Ayrıca probun en üst tekerinin A + rayında olmasına dikkat edilmiştir.

5. İnklinometre probu kuyu dibine ulaşınca yaklaşık 8-10 dk, probun ortam sıcaklığına ulaşması için beklenmiştir.
6. İnklinometre probunun bağlı olduğu ölçüm kablousunun bulunduğu makara sistemi veri toplama ünitesine bağlanmıştır.
7. Ölçüme hazır hale getirilen sistem, probun kuyu dibinden her 0.5 m çekilmesi ile ölçümler veri toplama ünitesine kayıt edilmiştir.
8. İnklinometre probu en üst nokta olan 0.5 m'ye ulaşınca, burada alınan ölçümden sonra veri toplama ünitesi probun yön değiştirilmesi için uyarıda bulunmuştur.
9. İnklinometre probu kuyu dışına çıkarıldıktan sonra, tekrar referans rayları A- ve A+ olacak şekilde (prob 180° çevirilerek) kuyu içerisine indirilmiştir. Bu durumda probun en üst tekeri A- rayına konumlanmıştır. Daha sonra yukarıda belirtilen işlemler tekrarlanmıştır.
10. İnklinometre probu kuyu başına gelince, veri toplama ünitesi, ölçüm verilerini kayıt ederek ölçümü tamamlanmıştır.
11. Ölçüm sistemi toparlanarak, diğer kuyular için ölçüm işlemlerine geçilmiştir.

Her bir ölçüm, her bir kuyu için yaklaşık 60 dk sürmektedir. Dokuz kuyuya ait ölçümler genel olarak iki günde tamamlanmıştır. Yukarıda verilen ölçüm sistematiğini gösteren fotoğraflar, Şekil 3.16 'da sunulmuştur.





Şekil 3.16. İnklinometre ölçümlerine ait bazı görüntüler

3.4.4. İnklinometre ölçüm sonuçları

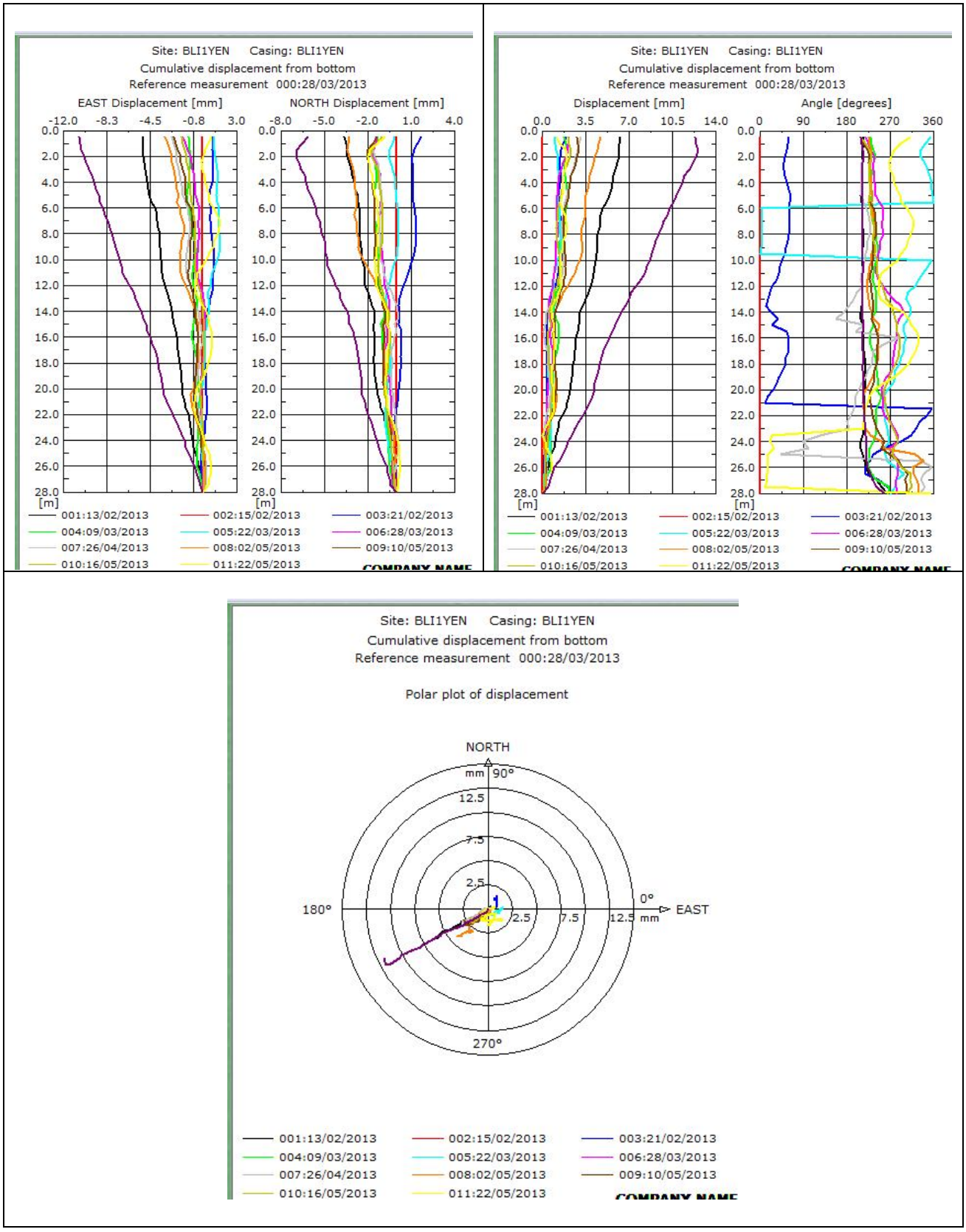
Orhaneli-Gümüşpınar kömür ocağında kurulan, dokuz inklinometre ölçüm kuyusundan alınan veriler, Smart programı aracılığı ile veri toplama ünitesinden bilgisayar ortamına aktarılmıştır**.** Daha sonra ikinci bir yazılım olan, INCLI-2 programı yardımı ile veriler grafiksel formda hazırlanmıştır. Değerlendirme çalışmalarında genel

olarak, Cumulative Displacement (CD-toplam deformasyon) ve Incremental Displacement (ID-fark deformasyon) olarak isimlendirilen grafikler kullanılmaktadır. Bu çalışma sonucunda üretilen bu iki tip grafik türü, INCLI-2 yazılımı ile elde edilmiştir. OINK-1 kuyusuna ait sonuçlar tipik bir örnek olarak Şekil 3.17 ve Şekil 3.18 'de verilmiştir. Diğer kuyulara ait grafikler topluca EK-1'de sunulmuştur.

Cumulative Displacement(CD), referans ölçümden (ilk ölçüm) son ölçüme kadarki kuyu ekseni arasındaki konumsal sapmaları vermektedir. Bir başka ifade ile kuyu ekseni boyunca, kuyu profilini vermektedir. Bu grafikler, hep referans ölçüme göre, ölçüm tarihindeki deformasyonu vermektedir. Bir sonraki ölçüm tarihinde yine referans ölçümü ile arasındaki mesafeyi vermektedir. Hareket eden noktanın her zaman son konumunu vermektedir.

Şekil 3.17 'de beş farklı sunum verilmiştir. Cumulative East Displacement (CED), kuyu düşey eksenindeki, doğu-batı yönündeki sapmaları vermektedir. Pozitif (+) değerler, doğu yönünü, negatif (-) değerler batı yönündeki deformasyonları tanımlamaktadır. Aynı şekilde Cumulative North Displacement (CND) grafiğinde pozitif (+) değerler, kuzey istikametindeki, negatif (-) değerler ise güney istikametindeki deformasyonları vermektedir. Bu iki grafikte kuyu ekseninin hangi yönde deformasyona uğradığı belirlenebilmektedir. Şekil 3.17 'de görülen Cumulative Displacement grafiğinde ise kuyu ekseninin bileşke yönde ne kadar deformasyona uğradığı görülmektedir. Bu tür grafiklerde kuyu ekseninin hangi yönde deformasyona uğradığı değil, kuyunun ölçüm tarihinde ne kadar deformasyona uğradığı belirlenebilmektedir. Hangi yönde deformasyon olduğu Cumulative East ve North Displacement (CED ve CND) grafiklerinden tespit edilebilmektedir.

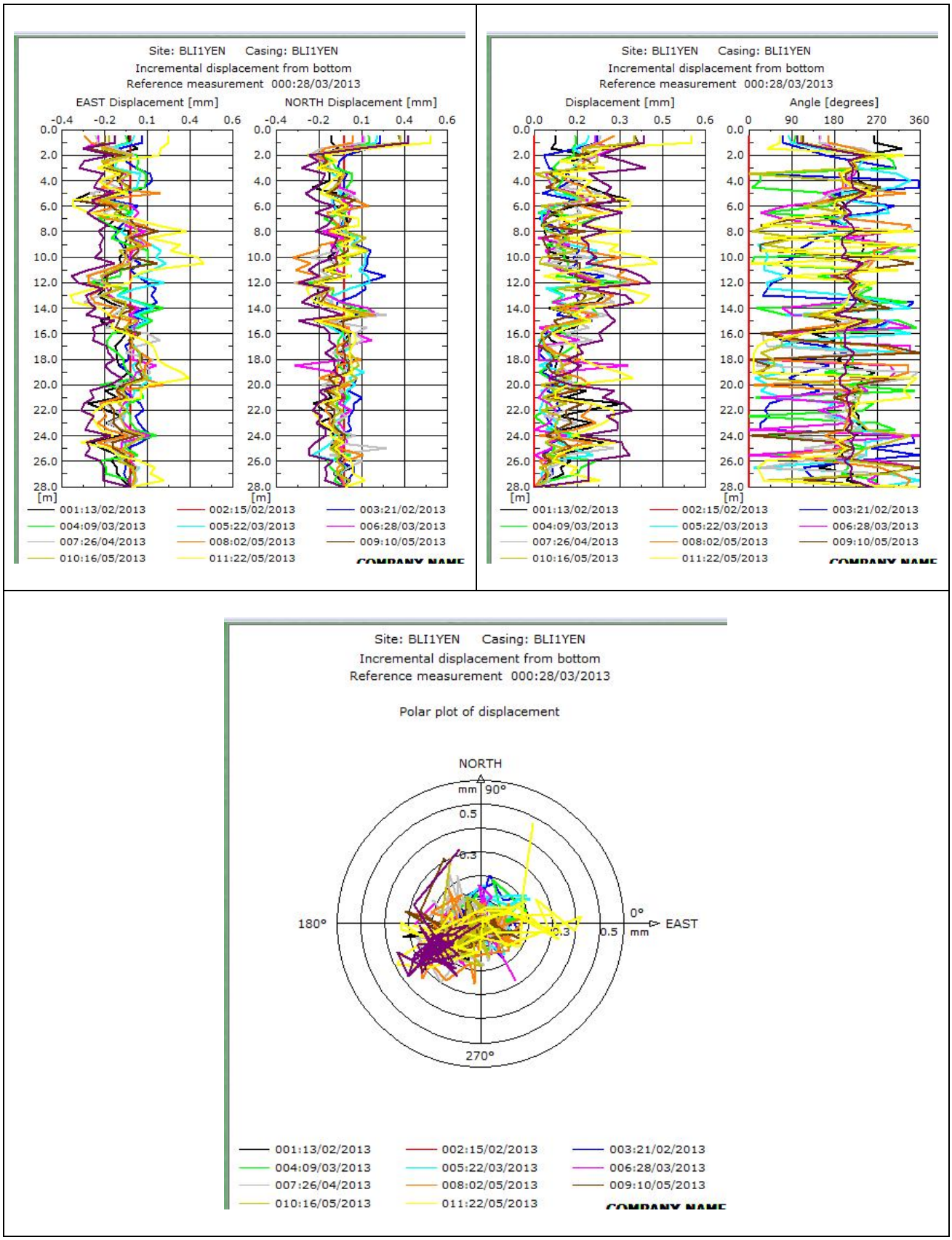
Üzerinde A+ ve A- olarak isimlendirilen referans raylardan A+ rayının, kuzeyden yaptığı açı, ölçümlerin değerlendirilmesinde önemlidir. İnklinometre borusunun kuyu içerisine indirilmesi işleminde borunun kendi ekseni etrafında dönmesi söz konusu olmaktadır. Bu durumda kuyu ağzındaki A+ referans rayının kuzeyden yaptığı açı, borunun yerleştirme esnasında dönmesinden dolayı kuyu içerisindeki herhangi bir derinlikte A+ rayının o noktadaki kuzeyden yapmış olduğu açı aynı olmayacaktır. Kuyu içerisinde aynı zamandaki deformasyona bağlı açısal değişimler Şekil 3.17 'de görülmektedir. Aynı şeklin altında verilen beşinci grafiksel sunumda ise, ölçüm kuyusunun plan görünüşü içerisinde, kuyu profilinin hangi yönde hareket ettiği görülmektedir. Cumulative East ve North Displacement (CED ve CND) grafiklerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.17. OINK-1 kuyusuna ait Cumulative Displacement grafikleri

Şekil 3.18 ‘de yine beş ayrı grafiksel sunum yapılmıştır. Bu grafikler Incremental Displacement (ID) olarak tanımlanmaktadır. Bu tür grafiklerin hazırlanmasında INCLI-2 yazılımının izlediği yol şu şekildedir. Örneğin; kuyunun 5-5,5 ve 6. metresinde mevcut olan alt istasyon noktalarını ele alalım. Bu alt istasyonlarda ölçülen Cumulative Displacement (CD) değerleri birbirlerinden çıkarılmaktadır. Bir başka ifade ile 6. metre istasyonundaki değer 5.5. metredeki değerden çıkarılarak bulunan değer 5.5. metreye işlenmektedir. Böylece fark deformasyon değerleri hesaplanarak, grafiksel formata getirilmektedir. Bu tür grafikler ile çok rahat kuyu eksenindeki yatay deformasyonların yerleri belirlenebilmektedir.

Şekil 3.18 ‘deki grafiklerin genel anlatım şekilleri, Şekil 3.17 ‘ye benzemektedir. İncremental East Displacement (IED) grafiklerinde (+) değer doğu, (-) değer batı yönünü ifade etmektedir. İncremental North Displacement (IND) grafiklerinde (+) değer kuzey, (-) değer güney yönünü belirtmektedir. Total İncremental Displacement grafiklerinde doğu-batı ve kuzey-güney yönlerdeki deformasyonların farksal değerlerinin bileşkeleri sunulmaktadır. Aynı şekilde boru eksenindeki dönmeye bağlı açısal fark değerleri ve kuyu plan görünüşündeki farksal deformasyon değerleri diğer iki grafikten görülebilmektedir.



Şekil 3.18. OINK-1 kuyusuna ait Incremental Displacement grafikleri

3.5. Konya Çumra Tarım Havzasında Toprak Ortam için Yapılan Çalışmalar

3.5.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti ve sondaj çalışmaları

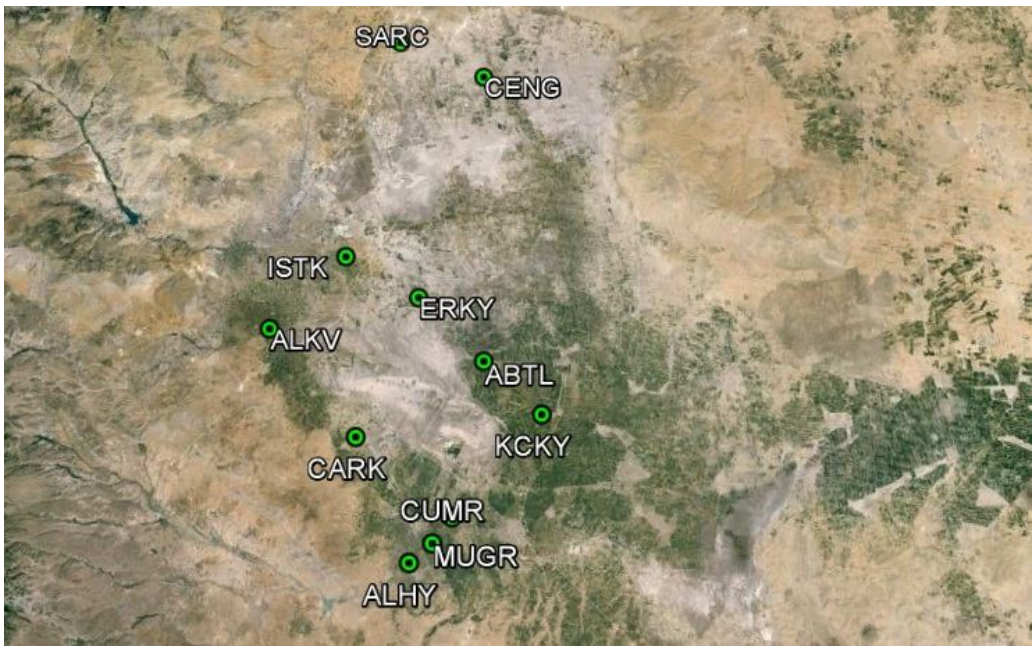
Konya-Çumra tarım havzasındaki yeraltı su kullanımına bağlı olarak toprak ortamda oluşan deformasyonların belirlenmesi amacıyla 106M121 no'lu TUBİTAK projesi (Üstün ve ark., 2013) çerçevesinde sahada inklinometre ölçüm kuyularının açılması planlanmıştır. Yaklaşık 27.500.000 km^2'lik bir alana sahip tarım bölgesinde havzanın en çok su çekilen bölgelerine tekabül eden noktalara 25 adet GPS ölçüm istasyonu kurulmuştur.

Bu istasyonlara ait ölçümler, Selçuk Üniversitesi-Harita Mühendisliği Bölümü araştırmacıları tarafından yürütülmektedir. Bundan dolayı bu ölçümlere bu tezde yer verilmemiştir. 25 adet GPS ölçüm istasyonu içerisinde en kritik olacağı varsayılan 11 noktada inklinometre ölçüm kuyuları açılmıştır. GPS ölçüm noktaları, sadece topografya yüzeyindeki x,y,z yönlerindeki deformasyonları izlerken inklinometre ölçüm kuyularından kuyu içerisindeki her bir 0,5 m derinlikteki deformasyonlarda izlenebilmektedir.

Çalışma sahasında açılan ölçüm kuyularına ait genel bilgiler (Çizelge 3.7) ve sondaj yerlerini gösteren plan görünüş Şekil 3.19 'da sunulmuştur. Sondaj çalışmalarında karot alınamadığı için, sondajlar kırıntılı ilerleme şeklinde yapılmıştır. Ancak her 3m'lik bölgeden örnekler alınmıştır. Örnekler genel olarak killi, şistli, çakıltaşlı birimlerden oluşmaktadır (Çizelge 3.8). Bu toprak ortam için kırıntı örneklerine ait fotoğraflar çekilerek kayıt altına alınmıştır. Örnek olarak Abditolu kuyusu için hazırlanan birimlere ait katalog fotoğraflar Şekil 3.20 'de sunulmuştur. Sondajlar için hazırlanan istifleme logları ise Şekil 3.21 'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Çumra tarım havzasında kurulan kuyu bilgileri

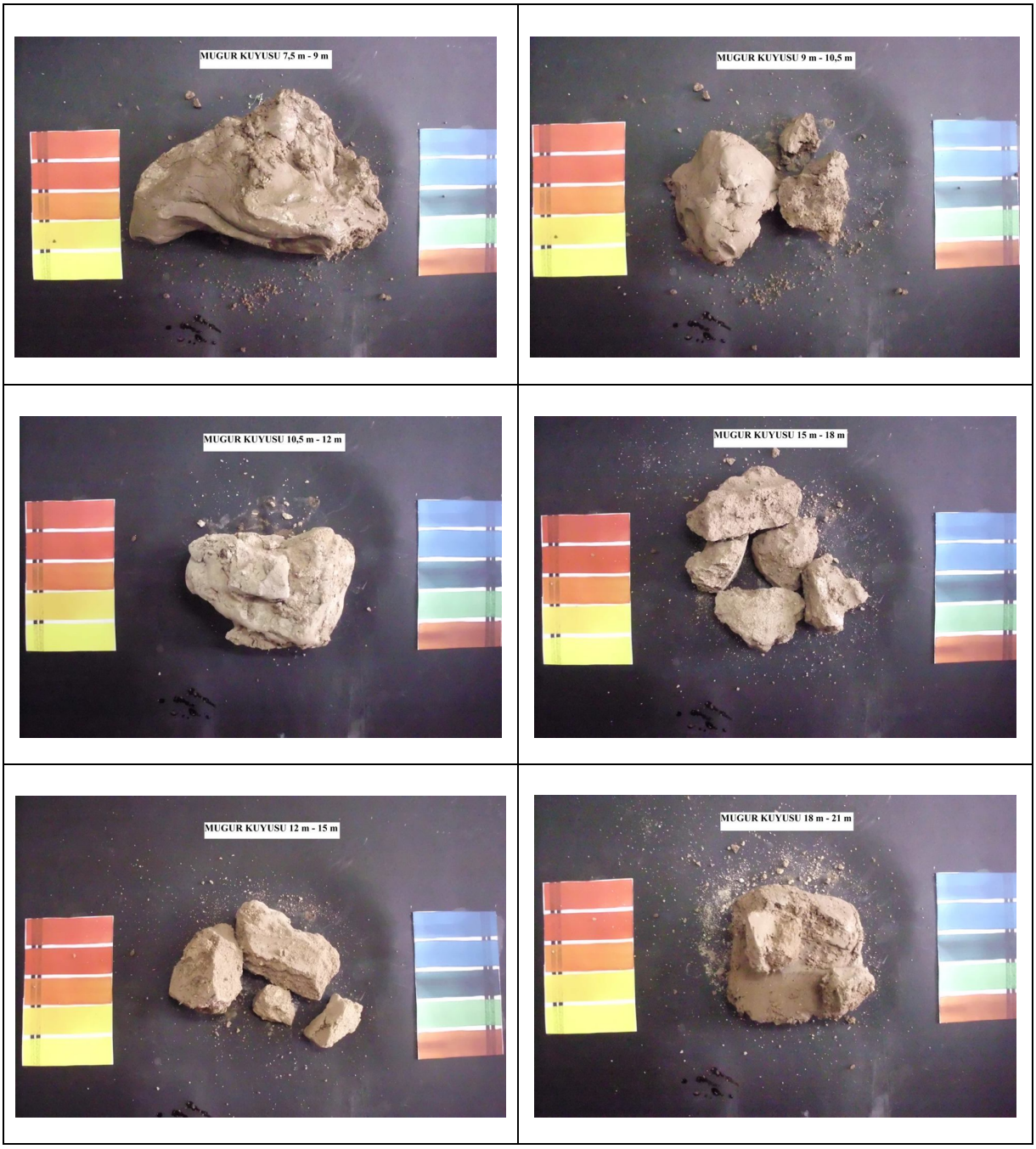
Ölçüm Kuyusu	Kuyu İsimleri	Kuyu Derinliği (m)
Alakova	ALKV	21.0
Çarıklar (DSİ-114)	CARK	17.5
Alibeyhüyüğü	ALHY	25.0
Mugur	MUGR	22.5
Çumra	CUMR	20.0
Küçükköy	KCKY	19.5
Abditolu	ABTL	16.5
Erler Köyü	ERKY	18.5
İstiklal (Bahri dağdaş)	ISTK	23.5
Sarıcalar	SARC	22.5
Çengilti	CENG	22.5



Şekil 3.19. Çumra tarım havzasında açılan sondaj lokasyonları

Çizelge 3.8. Sondaj karotlarından alınan örneklere ait genel zemin tanımlamaları

Sondaj kuyu ismi	Sondaj uzunluğu (m)	Kuyu boyunca geçilen zemin malzeme özelliği		
		Çakıl (%)	Kum (%)	İnce kil-silt (%)
Alakova	21.0	Kil-Silt-Kum-Çakıl		
DSİ-114	17.5	Kil-Silt-Kum-Çakıl		
Alibeyhüyüğü	25.0	0.0	5.28	94.72
Muğur	22.5	1.88	65.50	32.62
Çumra	20.0	9.86	37.15	52.99
Küçükköy	19.5	0.0	54.83	45.17
Abditolu	16.5	0.0	0.98	99.02
Erler	18.5	0.0	4.72	95.28
İstiklal	23.5	0.0	3.33	96.67
Sarıcalar	22.5	0.0	1.58	98.42
Çengelti	22.5	0.0	0.21	99.79



Şekil 3.20. Mugur sondaj kuyusuna ait birimlerin kataloglanması

Alakova

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Bitkisel toprak	
1,5	3	Kil kum çakıl	
3	4,5	Kil kum çakıl	
4,5	6	Kil kum çakıl	
6	7,5	Kil kum çakıl	
7,5	9	Kil kum çakıl	
9	10,5	Kil kum çakıl	
10,5	12	Kil kum çakıl	
12	13,5	Kil kum çakıl	
13,5	15	Kil kum çakıl	
15	16,5	Kil kum çakıl	
16,5	18	Kil kum çakıl	
18	19,5	Kil kum çakıl	
19,5	21	Kil kum çakıl	
21	22,5	Kum çakıl	

Alibeyhüyüğü

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Killi kum	
1,5	3	Killi kum	
3	4,5	Killi kum	
4,5	6	Killi kum	
6	7,5	Killi kum	
7,5	9	Killi kum	
9	10,5	Kil	
10,5	12	Kil	
12	13,5	Kil	
13,5	15	Kil	
15	16,5	Kil	
16,5	18	Kil	
18	19,5	Az çakıllı killi kum	
19,5	21	Az çakıllı killi kum	
21	22,5	Kil	
22,5	24	Az çakıllı killi kum	
24	25,5	Az çakıllı killi kum	

Çengilti

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Kil	
1,5	3	Kil	
3	4,5	Kil	
4,5	6	Kil	
6	7,5	Kil	
7,5	9	Kil	
9	10,5	Kil	
10,5	12	Kil	
12	13,5	Kil	
13,5	15	Kil	
15	16,5	Kil	
16,5	18	Kil	
18	19,5	Kil	
19,5	21	Kil	
21	22,5	Kil	
22,5	24	Kil	
24	25,5	Kil	

ErlerKöyü

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Bitkisel toprak	
1,5	3	Kireçtaşı	
3	4,5	Kireçtaşı	
4,5	6	Kireçtaşı	
6	7,5	Kireçtaşı	
7,5	9	Kireçtaşı	
9	10,5	Kireçtaşı	
10,5	12	Kireçtaşı	
12	13,5	Kireçtaşı	
13,5	15	Kireçtaşı	
15	16,5	Kireçtaşı	
16,5	18	Kireçtaşı	
18	19,5	Kireçtaşı	
19,5	21	Kireçtaşı	
21	22,5	Kireçtaşı	
22,5	24	Kireçtaşı	
24	25,5	Kireçtaşı	

Mugur

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Kil	
1,5	3	Kil	
3	4,5	Kil	
4,5	6	Kil	
6	7,5	Kil	
7,5	9	Marn	
9	10,5	Marn	
10,5	12	Çakıl	
12	13,5	Çakıl	
13,5	15	Çakıl	
15	16,5	Killi çakıl	
16,5	18	Killi çakıl	
18	19,5	Killi çakıl	
19,5	21	Killi çakıl	
21	22,5	Killi çakıl	
22,5	23	Killi kum	

Sarıcalar

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Bitkisel toprk	
1,5	3	Kil	
3	4,5	Kil	
4,5	6	Kil	
6	7,5	Kil	
7,5	9	Kil	
9	10,5	Kil	
10,5	12	Kil	
12	13,5	Kil	
13,5	15	Kil	
15	16,5	Kil	
16,5	18	Kil	
18	19,5	Kil	
19,5	21	Kil	
21	22,5	Kil	
22,5	24	Kil	
24	25,5	Kil	

Şekil 3.21. Sahada açılan bazı sondaj kuyularına ait birim istifleme logları

3.5.2. İnklinometre ölçüm kuyularının kurulma çalışmaları

Sahada açılan 11 adet sondaj noktasında, Orhaneli sahasında yapılan inklinometre kurma çalışmalarına benzer şekilde inklinometre boru sistemi hazırlanmadan, sondaj kuyularından sondaj tijleri çekilmemiştir. İnklinometre boru sistemi hazırlandıktan sonra kuyudan tijler çekilmiş ve hemen ölçüm boru sistemi kuyuya indirilmiştir. Kuyu cidarı ile inklinometre boruları arasında kalan boşluk, bentonit, su, çimento ve çok küçük ince agrega karışımı ile hazırlanan dolgu malzemesi ile doldurulmuştur. Kurulum çalışmalarına ait bir fotoğraf Şekil 3.22 'de sunulmuştur.



Şekil 3.22. Sahada inklinometre kuyularının kurulma çalışmaları

3.5.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları

Sahada açılan 11 adet sondaj kuyusuna tesis edilen ölçüm sisteminden 22/07/2011 ile 09/04/2013 tarihleri arasında toplam 617 gün boyunca 6 kez ölçüm yapılmıştır. İnklinometre kuyularında ölçümler her 0.5m 'de bir gerçekleştirilmiştir. Ölçüm kuyularına ait genel bilgiler Çizelge 3.9 'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. İnklinometre ölçüm kuyularına ait genel bilgiler

Ölçüm Kuyusu	Kuyu Derinliği (m)	Kuyu İçerisindeki Ölçüm Aralığı (m)	Kuyu İçerisindeki Alt İstasyon Adetleri
Alakova	21.0	0,5	42
Çarıklar	17.5	0,5	35
Alibeyhüyüğü	25.0	0,5	50
Mugur	22.5	0,5	45
Çumra	20.0	0,5	40
Küçükköy	19.5	0,5	39
Abditolu	16.5	0,5	33
Erler Köyü	18.5	0,5	37
İstiklal	23.5	0,5	47
Sarıcalar	22.5	0,5	45
Çengilti	22.5	0,5	45
		TOPLAM	458

Çizelge 3.9 'da görüldüğü gibi, ölçüm kuyuları içerisindeki her bir 0,5 m 'deki ölçüm noktası alt istasyon olarak isimlendirilmiştir. Çizelge 3.10 'da örnek olarak Abditolu kuyusu için alt istasyon tanımlamaları verilmiştir. Her bir ölçüm kuyusunda yapılan ölçüm tarihleri ise Çizelge 3.11'de sunulmuştur.

Çizelge 3.10. Abditolu ölçüm kuyusunda oluşturulan alt istasyonlar

Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt İstasyon Adı	Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt istasyon Adı
1	0,5	ABT-0,5	18	9,0	ABT-9,0
2	1,0	ABT-1,0	19	9,5	ABT-9,5
3	1,5	ABT-1,5	20	10,0	ABT-10,0
4	2,0	ABT-2,0	21	10,5	ABT-10,5
5	2,5	ABT-2,5	22	11,0	ABT-11,0
6	3,0	ABT -3,0	23	11,5	ABT -11,5
7	3,5	ABT -3,5	24	12,0	ABT -12,0
8	4,0	ABT -4,0	25	12,5	ABT -12,5
9	4,5	ABT -4,5	26	13,0	ABT -13,0
10	5,0	ABT -5,0	27	13,5	ABT -13,5
11	5,5	ABT -5,5	28	14,0	ABT -14,0
12	6,0	ABT -6,0	29	14,5	ABT -14,5
13	6,5	ABT -6,5	30	15,0	ABT -15,0
14	7,0	ABT -7,0	31	15,5	ABT -15,5
15	7,5	ABT -7,5	32	16,0	ABT -16,0
16	8,0	ABT -8,0	33	16,5	ABT -16,5
17	8,5	ABT -8,5	34		

Çizelge 3.11. İnklinometre ölçüm tarihleri

Ölçüm Kuyusu	Ölçüm Tarihi		Ölçüm Kuyusu	Ölçüm Tarihi
Abditolu	07.10.2011(ref) 07.10.2011 22.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013		Alakova	08.10.2011(ref) 08.10.2011 29.03.2012 04.07.2012 09.10.2012 09.04.2013
Alibeyhüyüğü	08.10.2011(ref) 08.10.2011 23.03.2012 04.07.2012 09.10.2012 09.04.2013		İstiklal (Bahridağdaş)	22.07.2011(ref) 22.07.2011 22.03.2012 05.07.2012 08.10.2012 09.04.2013
Erlerköyü	22.07.2011(ref) 22.07.2011 22.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013		Çarıklar (DSİ 114)	08.10.2011(ref) 08.10.2011 23.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013
Çengilti	05.07.2012(ref) 05.07.2012 05.07.2012 05.07.2012 09.10.2012 10.04.2013		Sarıcalar	04.07.2012(ref) 05.07.2012 05.07.2012 05.07.2012 09.10.2012 09.04.2013
Küçükköy	07.10.2011(ref) 07.10.2011 29.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013		Mugur	07.10.2011(ref) 07.10.2011 23.03.2012 03.07.2012 08.10.2012
Çumra	14.03.2013(ref) 07.10.2011 07.10.2011 23.03.2012			

Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11 göz önüne alınırsa sahada 617 günlük ölçüm süresince alınan toplam veri adetleri topluca Çizelge 3.12'de sunulmuştur.

Çizelge 3.12. İnklinometre ölçüm veri tabanını oluşturan ölçüm adetleri

Ölçüm Kuyusu	Alt İstasyon Adedi	Ölçüm Sayısı	Alt İstasyonlar Bazında Toplam Ölçüm Adedi
Alakova	42	6	252
Çarıklar	35	6	210
Alibeyhüyüğü	50	6	300
Mugur	45	5	225
Çumra	40	4	160
Küçükköy	39	6	234
Abditolu	33	6	198
Erler	37	6	222
İstiklal	47	6	282
Sarıcalar	45	6	270
Çengilti	45	6	270
TOPLAM	458	63	2623

Yukarıda belirlenen 2623 adetten oluşan veri tabanına ait saha ölçümlerinde izlenen yol bölüm 3.4.2.'de anlatıldığı şekilde olmuştur. Sahada yapılan ölçümlere ait görünüm Şekil 3.23 'de verilmiştir.



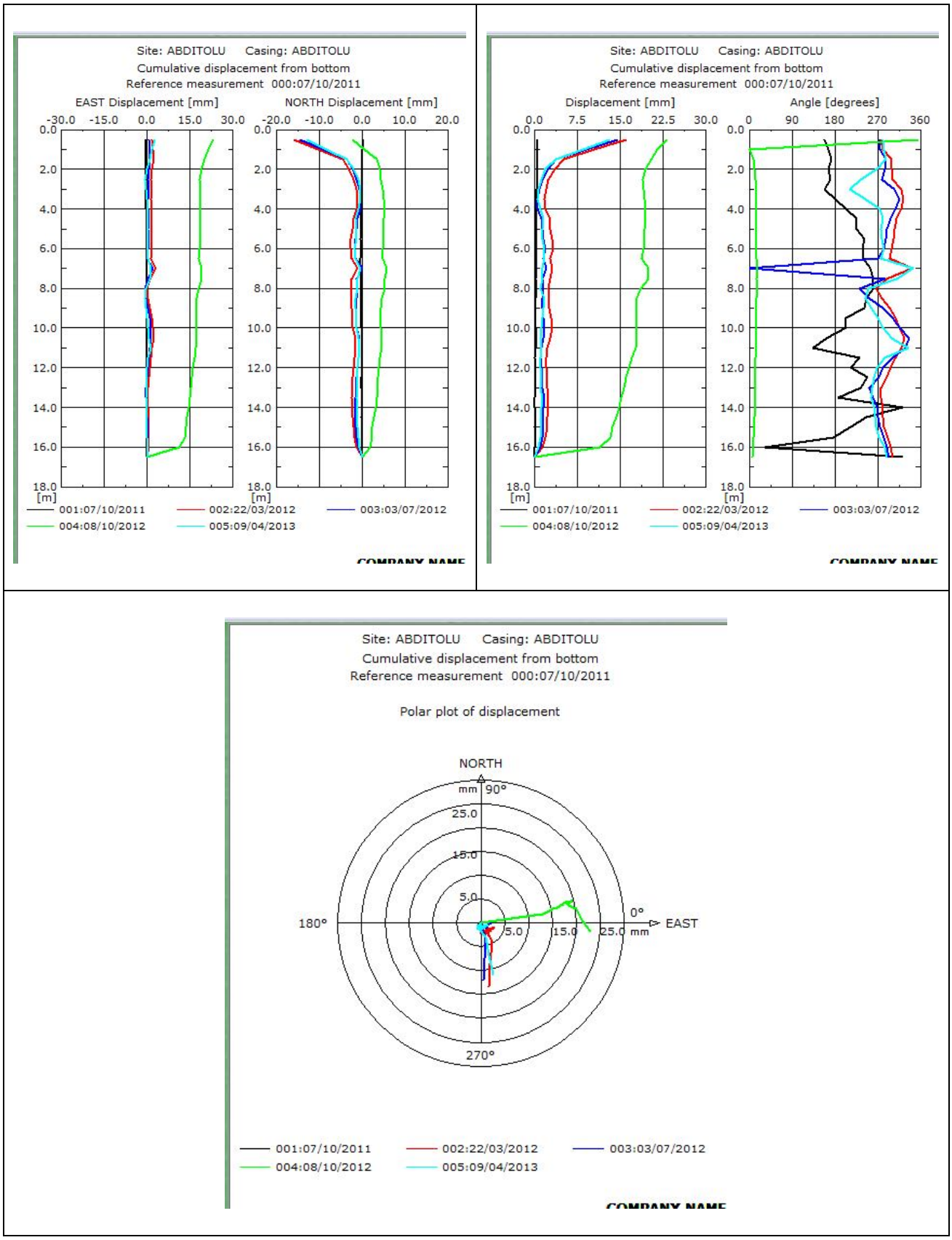
Şekil 3.23. İnklinometre ölçümlerini yansıtan bir görünüm

3.5.4. İnklinometre ölçüm sonuçları

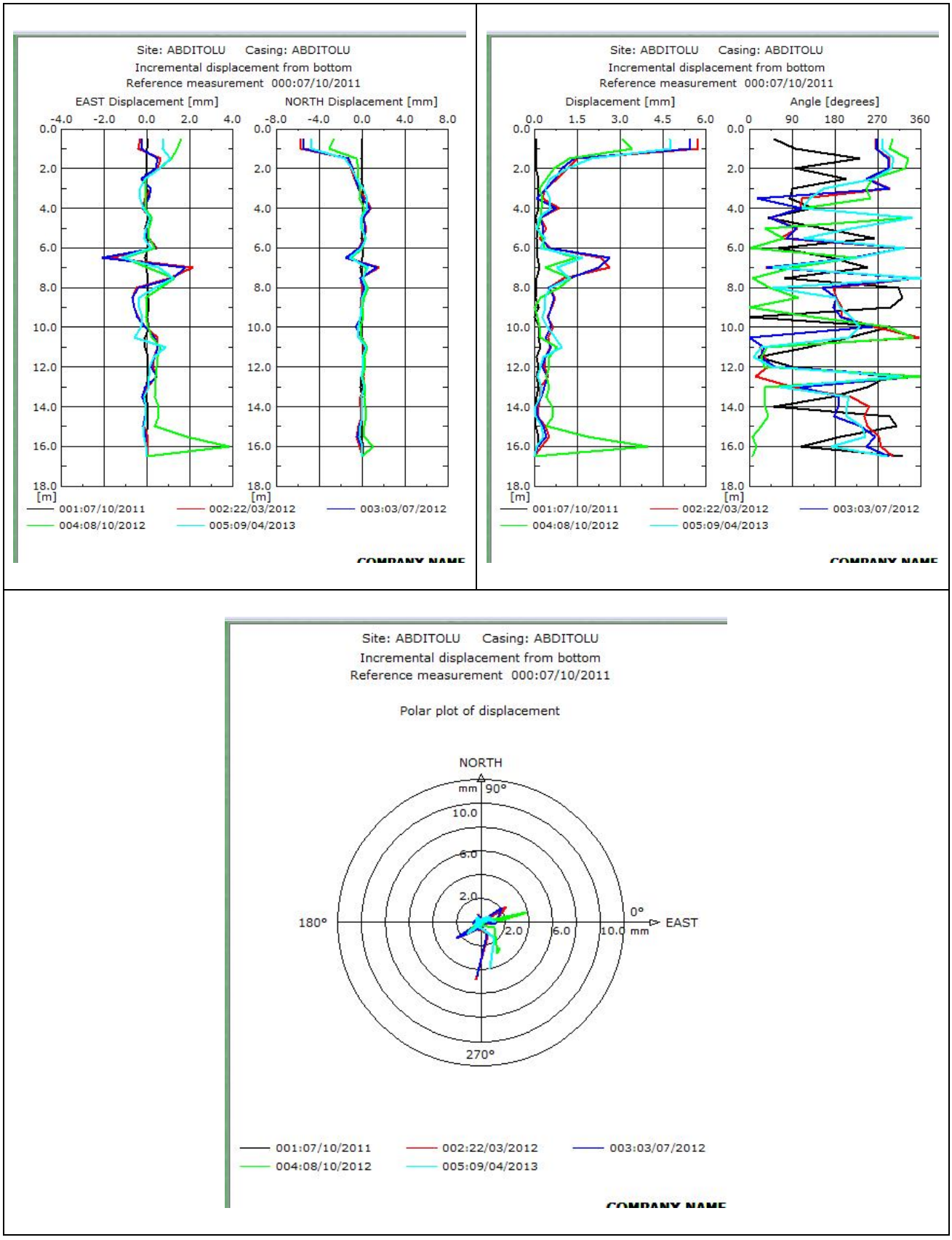
Konya Çumra tarım havzasında kurulan 11 inklinometre ölçüm kuyusundan alınan ölçümler öncelikle veri toplama ünitesine kayıt edilmiştir. Daha sonra smart programı ile veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar programına alınan veriler INCLI-2 yazılımı ile grafiksel formata aktarılmıştır. Aşağıda Çarıklar kuyusuna ait grafiksel sunumlar verilmiştir. Şekil 3.24 ve Şekil 3.25 'da Cumulative Displacement (CD) ve Incremental Displacement (ID) grafikleri sunulmuştur. Diğer kuyulara ait grafiksel çıktılar EK-2 'de verilmiştir.

Şekil 3.24'de Cumulative East Displacement (CED) grafiklerinde (+) değer doğu, (-) değer batı yönündeki deformasyonları, Cumulative North Displacement (CND) grafiklerinde ise benzer olarak (+) değer kuzey, (-) değer güney yöndeki deformasyonları vermektedir. Toplam deformasyon (Cumulative Displacement) grafikleri ise kuzey-güney ve doğu-batı yönlerdeki deformasyonların bileşkelerini vermektedir. Plan görünüşler ise kuyu içerisindeki deformasyonların hangi yönlerde konumlandığını belirtmektedir.

Şekil 3.25'de Incremental East Displacement (IED) grafiklerinde (+) değer doğu yönündeki fark deformasyonları, (-) değer ise batı yönündeki fark deformasyonları göstermektedir. Aynı şekilde Incremental North Displacement (IND) grafiklerinde (+) değer kuzey, (-) değer ise güney oluşan fark deformasyonları belirtmektedir. Aynı şekilde sunulan Incremental Displacement (ID) grafikleri ICD ve IND grafiklerinde sunulan değerlerin bileşkesini vermektedir. Plan görünüş ise kuyu içerisindeki fark deformasyonlara ait grafiksel görünümü vermektedir.



Şekil 3.24. Abditolu kuyusuna ait Cumulative Displacement grafikleri



Şekil 3.25. Abditolu kuyusuna ait Incremental Displacement grafikleri

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel

Açık ocak madenlerinde ve doğal ortamlarda oluşan deformasyonların izlenmesinde, inklinometre ölçümleri vazgeçilmez bir yöntemdir. Ancak yöntemin uygulanması pahalı ve zordur. Ayrıca yapılacak ölçümlerin sıklığı da oldukça önemlidir. Bu tez çalışmasında, öncelikle Özkan ve arkadaşları (2010) tarafından geliştirilen matematiksel model, Orhaneli linyit ocağı ve Çumra tarım bölgesinde yapılan inklinometre ölçüm sonuçları ile denenmiş ve model üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan analizlerde Özkan ve arkadaşlarının (2010) önerdiği matematiksel modelin, bu tez çalışmasında dikkate alınan 9 adet Orhaneli bölgesindeki ölçüm kuyusunda ve 11 adet Çumra bölgesindeki ölçüm kuyusu verileri üzerinde yapılan istatistiksel analizlerde, istenen başarıyı veremediği tespit edilmiş ve model, kaya ve toprak ortamlar için yeniden düzenlenmiştir.

Bu bölümde, Özkan ve Özşen (2009) tarafından önerilen modele ait bilgiler verilmiş, daha sonra bu modelin yeniden düzenlenen son halinin geliştirilmesine ait çalışmalara değinilmiş ve model yardımıyla yapılan bir seri analiz sonucu verilmiştir.

4.2. Matematiksel Modele Ait Önceki Çalışmalar

Özkan ve Özşen (2009) tarafından gerçekleştirilen bir TUBİTAK proje çalışmasında, Konya Çimento kalker ocağı ve Konya Büyükşehir Belediyesi KOSKİ su deposunun bulunduğu doğal yamaçta tesis edilen toplam 3 adet inklinometre kuyusunda, arazi deformasyonları, inklinometre ölçümleri ile yaklaşık 2 yıl boyunca izlenmiştir. Sahada yapılan ölçüm verileri ile zaman ve yağışa bağlı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Özkan ve arkadaşları (2010) tarafından, bu matematiksel modeli konu alan uluslararası bir yayın yapılmıştır. Matematiksel model Eşitlik 4.1'deki gibi ifade edilmektedir.

$$U_m = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+(y/C)^D] \qquad (4.1)$$

Yukarıda verilen eşitlikte, Um modelden bulunan deformasyon, A,B,C,D istatistiksel sabit, t zaman (gün) ve y ortama düşen toplam yağış (mm) değeridir. Özkan ve Özşen (2009) tarafından önerilen eşitlik iki alt parçaya bölünebilir.

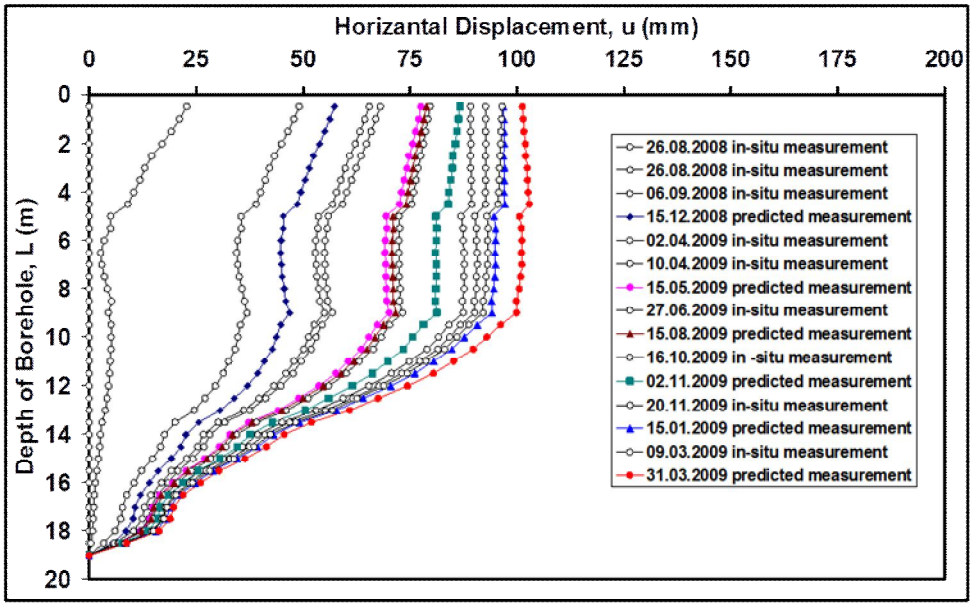
Bunlardan zamana bağlı ilk eşitlik;

$$U_{mt} = A\,[1-e^{(-t/B)}] \quad (4.2)$$

diğer eşitlik ise yağışa bağlıdır.

$$U_{my} = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[(y/C]^{D} \quad (4.3)$$

Özkan ve arkadaşları, 2010 yılında yapmış oldukları bir yayında zamana ve toplam yağışa bağlı bu eşitliği kullanarak Konya Çimento kalker ocağında yapılan ölçümleri değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, bu yayınlarında modeli kullanarak rastgele seçtikleri ölçüm tarihleri için inklinometre ölçüm verilerini belirlemişler ve grafik ortamına aktarmışlardır (Şekil 4.1). Aynı zamanda Şekil 4.1'de sunulan grafik üzerine, gerçek ölçüm verilerini de eklemişlerdir. Şekil 4.1' den görüldüğü gibi ölçüm yapılmayan, rastgele seçilen tarihlere ait modelden bulunan ölçümlerin eğrileri, gerçek ölçüm eğrilerinin arasında konumlanmıştır. Başka bir ifade ile, gerçekte yapılan inklinometre ölçüm tarihleri arasına düşen sanal ölçüm tarihlerine ait modelden bulunan veriler bu gerçek ölçüm eğrilerinin arasında konumlanmıştır.



Şekil 4.1. Gerçek ölçüm sonuçları ve tahmin edilen ölçüm sonuçları (Özkan ve ark, 2010)

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, yukarıda sınırlı sayıdaki inklinometre ölçüm kuyu verilerine bağlı olarak geliştirilen matematiksel modelin, Orhaneli'de tesis edilen 9 inklinometre kuyusuna ait verilerle öncelikle doğrulanması hedeflenmiştir.

Konya Çumra havzasında yapılan inklinometre ölçümleri ise toprak ortamda yapılan ölçümlere dayalıdır. Eşitlik 4.1'in toprak ortamdaki geçerliliğinin de bu tez çalışmasında öncelikle irdelenmesi planlanmıştır. Bu tez çalışmasında ön analiz olarak nitelendirilen ilk çalışmalar, Orhaneli sahasındaki OINK-1 kuyusu üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3. Matematiksel Analizler İçin Veri Tabanının Hazırlanması

Matematiksel analizlerde kullanmak amacıyla veri tabanı hazırlıklarına ait yapılan çalışmalar, tipik bir örnek olarak Orhaneli sahasında tesis edilen OINK-1 kuyusu üzerinde anlatılmıştır.

OINK-1 kuyusu 28 metre uzunluğunda olup, içerisinde 0,5m aralıklarla ölçümler alınmıştır. Aslında kuyu içerisinde 56 adet alt istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlar OINK-1/0,5 ve OINK-1/1,0 gibi tanımlanmıştır (Çizelge 3.4). Her ölçüm kuyusu gibi OINK-1 kuyusunda gerçekleştirilen ölçümlere ait INCLI-2 programından üç temel veri alınmıştır (Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3).

Mutlak deformasyon (absolute diplacement) için verilen Çizelge 4.1'de kullanılan sütun başlıkları, bu tezde Depth [m]: Derinlik (m), East Disp.[mm]: Doğu Deformasyon [mm] (AED), North Disp.[mm]: Kuzey Deformasyon [mm] (AND), Displacement [mm] : Deformasyon [mm] (AD), Azimuth[degr.] : Açısal konum [derece] (AA) olarak tanımlanmıştır. Çizelge 4.2'de belirtilen birikimli deformasyonlar (cumulative displacement) için belirtilen sütun başlıkları ise East Disp.[mm]: Doğu Deformasyon [mm] (CED),North Disp.[mm]: Kuzey Deformasyon [mm] (CND), Displacement [mm]: Deformasyon [mm] (CD), Azimuth[degr.] : Açısal konum [derece] (CA) olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde artış deformasyonlarının (incremental displacement) verildiği Çizelge 4.3'de görülen sütun başlıkları IED, IND, ID ve IA olacak şekilde tanımlanmıştır. Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de AED, AND, CED, CND, IED ve IND sütunlarındaki değerlerin (+) veya (-) olması, deformasyonların yönlerini ifade etmektedir. Pozitif (+) değer doğu ya da kuzeyi, negatif (-) değer ise batı ya da güneyi belirtmektedir.

Çizelge 4.1. OINK-1 kuyusuna ait mutlak (absolute) INCLI-2 çıktısı

Depth[m]	East Disp. [mm]	North Disp. [mm]	Displacem.[mm]	Azimuth[degr.]
0.5	343.55	-501.9	608.22	304.39
1	315.75	-490.09	583	302.79
1.5	287.96	-478.28	558.27	301.05
2	265.35	-472.75	542.13	299.31
2.5	258.1	-473.58	539.35	298.59
3	255.77	-470.31	535.36	298.54
3.5	257.09	-458.45	525.62	299.28
4	259	-441.33	511.71	300.41
4.5	259.36	-420.82	494.32	301.65
5	256.49	-398.97	474.3	302.74
5.5	267.95	-386.39	470.2	304.74
6	287.37	-376.67	473.77	307.34
6.5	310.73	-366.89	480.79	310.26
7	327.5	-358.82	485.81	312.39
7.5	333.07	-362.41	492.21	312.58
8	332.93	-373.5	500.35	311.71
8.5	329.51	-391.99	512.09	310.05
9	322.2	-408.16	520.01	308.29
9.5	307.49	-418.08	518.98	306.33
10	282.09	-420.48	506.34	303.86
10.5	248.05	-415.76	484.13	300.82
11	213.62	-406.35	459.08	297.73
11.5	187.08	-389.39	432	295.66
12	163.89	-369.99	404.66	293.89
12.5	143.41	-345.39	373.98	292.55
13	126.76	-313.87	338.5	291.99
13.5	117.6	-276.69	300.64	293.03
14	115.31	-240.3	266.53	295.63
14.5	119.82	-214	245.26	299.24
15	125.03	-198.12	234.28	302.26
15.5	131.94	-188.72	230.27	304.96
16	139.28	-181.49	228.77	307.5
16.5	143.94	-180.26	230.68	308.61
17	144.78	-183.81	233.98	308.23
17.5	138.78	-189.57	234.94	306.21
18	131.03	-197.28	236.83	303.59
18.5	123.21	-209.59	243.12	300.45
19	114.1	-225.25	252.5	296.86
19.5	99.37	-237.74	257.67	292.68
20	81.52	-242.8	256.12	288.56
20.5	68.09	-235.17	244.83	286.15
21	56.11	-220.12	227.16	284.3
21.5	43.12	-199.05	203.67	282.22
22	29.28	-173.76	176.21	279.56
22.5	16.28	-143.74	144.65	276.46
23	5.56	-110.56	110.7	272.88
23.5	0.53	-73.22	73.22	270.42
24	-0.19	-37.55	37.55	269.71
24.5	2.96	-6.94	7.54	293.1
25	8.84	17.02	19.17	62.56
25.5	15.38	33.75	37.09	65.5
26	20.28	43.08	47.62	64.79
26.5	19.28	40.17	44.56	64.37
27	15.57	34.36	37.73	65.62
27.5	11.42	27.2	29.5	67.22
28	0	0	0	0

Depth [m] : Derinlik (m), **East Disp.[mm]:** Doğu Deformasyon [mm] (AED),**North Disp.[mm]:** Kuzey Deformasyon [mm] (AND), **Displacement [mm] :**Deformasyon [mm] (AD), **Azimuth[degr.] :** Açısal konum [derece] (AA)

Çizelge 4.2. OINK-1 kuyusuna ait birikimli deformasyonlar (Cumulative Displacement) INCLİ-2 çıktısı

Depth [m]	East Disp.[mm]	North Disp.[mm]	Displacem.[mm]	Azimuth[degr.]
0.5	-10.65	-6.14	12.3	209.96
1	-10.56	-6.51	12.41	211.65
1.5	-10.47	-6.88	12.53	213.32
2	-10.2	-6.97	12.35	214.38
2.5	-10.08	-6.77	12.15	213.88
3	-9.81	-6.62	11.83	213.99
3.5	-9.51	-6.37	11.45	213.79
4	-9.36	-6.25	11.26	213.75
4.5	-9.17	-6.12	11.03	213.74
5	-8.96	-5.96	10.76	213.62
5.5	-8.86	-5.73	10.55	212.9
6	-8.64	-5.56	10.27	212.77
6.5	-8.44	-5.5	10.07	213.06
7	-8.19	-5.32	9.77	213.02
7.5	-7.99	-5.26	9.56	213.34
8	-7.86	-5.15	9.4	213.26
8.5	-7.67	-4.99	9.15	213.01
9	-7.52	-4.94	8.99	213.31
9.5	-7.34	-4.88	8.81	213.65
10	-7.17	-4.8	8.63	213.83
10.5	-6.96	-4.75	8.42	214.31
11	-6.86	-4.59	8.26	213.79
11.5	-6.62	-4.38	7.94	213.51
12	-6.27	-4.24	7.57	214.03
12.5	-5.97	-3.97	7.17	213.62
13	-5.8	-3.88	6.98	213.75
13.5	-5.55	-3.69	6.66	213.63
14	-5.31	-3.44	6.32	212.95
14.5	-5.11	-3.31	6.08	212.91
15	-4.85	-3.3	5.86	214.2
15.5	-4.75	-3.03	5.64	212.52
16	-4.53	-2.91	5.39	212.74
16.5	-4.32	-2.83	5.17	213.21
17	-4.1	-2.74	4.93	213.75
17.5	-3.96	-2.69	4.79	214.17
18	-3.83	-2.57	4.62	213.88
18.5	-3.74	-2.52	4.5	213.94
19	-3.58	-2.46	4.35	214.44
19.5	-3.47	-2.4	4.22	214.71
20	-3.42	-2.4	4.18	215
20.5	-3.3	-2.36	4.06	215.65
21	-3.06	-2.21	3.78	215.86
21.5	-2.85	-2.11	3.55	216.59
22	-2.58	-1.96	3.24	217.26
22.5	-2.29	-1.77	2.9	217.72
23	-2.07	-1.64	2.65	218.38
23.5	-1.84	-1.48	2.36	218.81
24	-1.57	-1.37	2.08	221.04
24.5	-1.45	-1.26	1.92	220.84
25	-1.2	-1.09	1.62	222.04
25.5	-0.97	-0.88	1.31	222.22
26	-0.71	-0.67	0.98	223.67
26.5	-0.53	-0.61	0.81	228.78
27	-0.38	-0.49	0.62	232.6
27.5	-0.22	-0.39	0.45	240.91
28	0	0	0	0

Depth [m] : Derinlik (m), **East Disp.[mm]:** Doğu Deformasyon [mm] (CED),**North Disp.[mm]:** Kuzey Deformasyon [mm] (CND), **Displacement [mm] :**Deformasyon [mm] (CD), **Azimuth[degr.] :** Açısal konum [derece] (CA)

Çizelge 4.3. OINK-1 kuyusuna ait artış deformasyonları (Incremental Displacement) INCLİ-2 çıktısı

Depth [m]	East Disp.[mm]	North Disp.[mm]	Displacem.[mm]	Azimuth[degr.]
0.5	-0.09	0.37	0.38	103.69
1	-0.09	0.37	0.38	103.69
1.5	-0.28	0.09	0.29	161.74
2	-0.11	-0.2	0.23	241.25
2.5	-0.27	-0.15	0.31	209.57
3	-0.3	-0.25	0.39	219.93
3.5	-0.15	-0.11	0.19	216.31
4	-0.19	-0.13	0.23	214.46
4.5	-0.21	-0.17	0.27	218.39
5	-0.1	-0.23	0.25	245.91
5.5	-0.22	-0.17	0.28	217.8
6	-0.19	-0.06	0.2	197.87
6.5	-0.25	-0.17	0.3	214.46
7	-0.2	-0.07	0.21	198.29
7.5	-0.13	-0.1	0.17	217.99
8	-0.18	-0.17	0.25	222.53
8.5	-0.16	-0.05	0.16	196.25
9	-0.18	-0.06	0.19	197.41
9.5	-0.17	-0.08	0.19	205
10	-0.21	-0.06	0.22	194.99
10.5	-0.09	-0.15	0.18	238.69
11	-0.25	-0.21	0.32	220.64
11.5	-0.35	-0.15	0.38	203.09
12	-0.3	-0.27	0.4	221.19
12.5	-0.16	-0.09	0.19	208.81
13	-0.26	-0.19	0.32	216.31
13.5	-0.24	-0.25	0.35	226.04
14	-0.2	-0.13	0.24	213.97
14.5	-0.26	-0.01	0.26	182.17
15	-0.1	-0.27	0.28	250
15.5	-0.22	-0.12	0.25	207.86
16	-0.21	-0.08	0.23	201.82
16.5	-0.22	-0.09	0.24	201.99
17	-0.14	-0.05	0.15	200.24
17.5	-0.13	-0.11	0.17	222.1
18	-0.1	-0.06	0.11	211.34
18.5	-0.15	-0.06	0.16	200.6
19	-0.11	-0.05	0.13	205
19.5	-0.05	-0.01	0.05	190.96
20	-0.12	-0.03	0.13	193.69
20.5	-0.23	-0.15	0.28	212.77
21	-0.22	-0.1	0.24	205
21.5	-0.27	-0.15	0.31	209.57
22	-0.28	-0.19	0.34	213.43
22.5	-0.22	-0.13	0.25	210.71
23	-0.24	-0.17	0.29	214.87
23.5	-0.27	-0.11	0.29	202.51
24	-0.11	-0.11	0.16	223.44
24.5	-0.25	-0.17	0.3	214.46
25	-0.23	-0.21	0.31	221.26
25.5	-0.26	-0.21	0.33	217.99
26	-0.18	-0.07	0.19	201.19
26.5	-0.15	-0.11	0.19	216.31
27	-0.16	-0.1	0.19	212.59
27.5	-0.15	-0.11	0.19	216.31
28	0	0	0	0

Depth [m] : Derinlik (m), **East Disp.[mm]:** Doğu Deformasyon [mm] (CED),**North Disp.[mm]:** Kuzey Deformasyon [mm] (IND), **Displacement [mm] :**Deformasyon [mm] (ID), **Azimuth[degr.] :** Açısal konum [derece] (IA)

Çizelge 4.1'de ifade edilen AED ve AND sütunlarına ait değerlerin kareleri toplamının karekökü, AD değerini vermektedir. Benzer durum Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 için de geçerlidir. Çizelge 4.2'deki CD sütununa ait verilerin hesaplanmasında CED ve CND değerleri kullanılmaktadır. Çizelge 4.3'de ise IED ve IND değerlerinin karelerinin toplamının karekökü, ID sütunu verilerini vermektedir. Aslında Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilen AD, CD ve ID sütun verileri, bileşke deformasyonu ifade etmektedir. Ayrıca Çizelge 4.3'deki IED ve IND sütun verilerinin aşağıdan yukarıya doğru toplamları Çizelge 4.2'deki CED ve CND sütun değerlerini vermektedir.

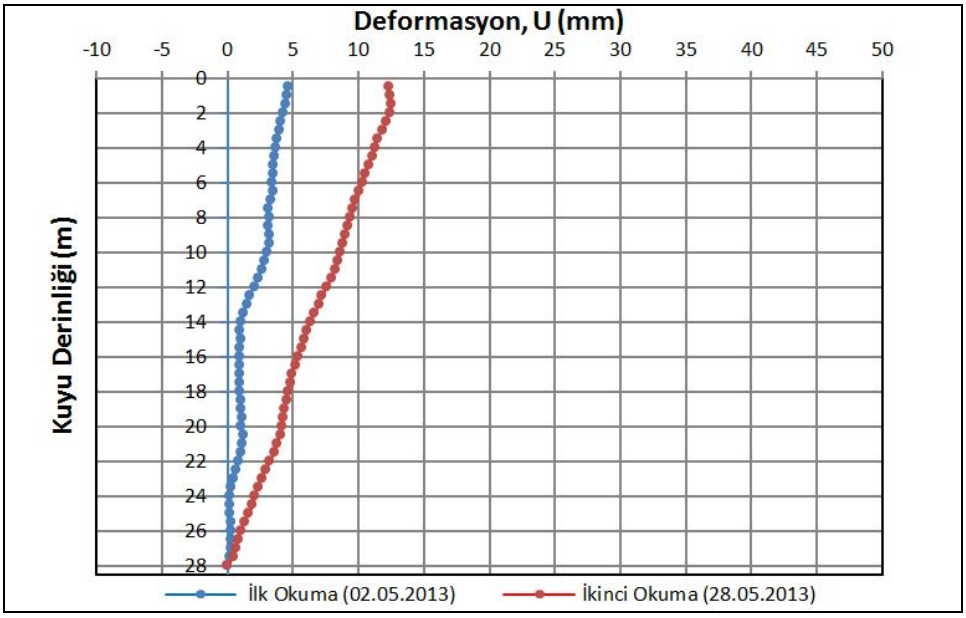
Çizelge 4.4a, 4.4b ve Şekil 4.2 OINK-1 kuyusu için örnek olarak hazırlanmıştır. Çizelge 4.4a'da OINK-1 kuyusu için referans ölçümü (13.02.2013) ve 02.05.2013 tarihli ölçüme ait IED ve IND değerleri görülmektedir. Bu değerlerin aşağıdan yukarıya toplanmasıyla, CED ve CND değerleri bulunmuştur. Bu iki sütun değerlerinin (CED ve CND) karelerinin toplamının karekökü alınarak CD değerleri hesaplanmıştır. Bulunan bu CD değerleri, 02.05.2013 tarihinde, kuyuda oluşan yer değişimi deformasyonunu vermektedir. Benzer şekilde Çizelge 4.4b'de verilen 28.05.2013 tarihli IED ve IND değerlerinin aşağıdan yukarıya toplanması ile CED ve CND değerleri, bu değerlerin karelerinin toplamının karekökleri alınarak CD değeri hesaplanmıştır. Bu değer ise 28.05.2013 tarihinde, kuyuda görülen deformasyonları göstermektedir. Örnek olarak, verilerin işlendiği bu iki tarihe ait, kuyu yer değişimi deformasyon değerleri Şekil 4.2'de sunulmuştur. INCLİ-2 yazılımı yardımıyla alınan, birikimli deformasyon (Cumulatıve Displacement) grafikleri bu şekilde hazırlanmaktadır. Eğer Çizelge 4.4a ve 4.4b'deki IED, IND, ID verileri kullanılarak grafikler çizilirse, bu grafikler de INCLI-2 tarafından verilen artış deformasyonu (Incremental Displacement) grafikleri olacaktır.

Çizelge 4.4.a OINK-1 kuyusunun 02.05.2013 tarihli ölçümüne ait fark deformasyon grafiğinin elde edilmesi

Referans Ölçüm (13/02/2012)			02.05.2013				
1	2	3	4	5	4 ile2'nin farkı	5 ile 3'ün farkı	6
Derinlik [m]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Bileşke
0,5	354,20	-495,76	350,92	-499,07	-3,28	-3,31	4,66
1	326,32	-483,58	323,30	-486,94	-3,02	-3,36	4,52
1,5	298,43	-471,39	295,65	-474,80	-2,78	-3,41	4,40
2	275,55	-465,77	272,89	-469,07	-2,66	-3,30	4,24
2,5	268,18	-466,81	265,53	-469,94	-2,65	-3,13	4,10
3	265,58	-463,69	263,08	-466,72	-2,50	-3,03	3,93
3,5	266,60	-452,09	264,19	-455,00	-2,41	-2,91	3,78
4	268,36	-435,07	266,05	-437,97	-2,31	-2,90	3,71
4,5	268,53	-414,69	266,32	-417,56	-2,21	-2,87	3,62
5	265,45	-393,01	263,41	-395,83	-2,04	-2,82	3,48
5,5	276,81	-380,66	274,60	-383,37	-2,21	-2,71	3,50
6	296,01	-371,11	294,00	-373,88	-2,01	-2,77	3,42
6,5	319,17	-361,40	317,25	-364,31	-1,92	-2,91	3,49
7	335,70	-353,50	333,99	-356,31	-1,71	-2,81	3,29
7,5	341,06	-357,15	339,49	-359,88	-1,57	-2,73	3,15
8	340,79	-368,35	339,14	-371,05	-1,65	-2,70	3,16
8,5	337,19	-387,01	335,41	-389,62	-1,78	-2,61	3,16
9	329,71	-403,22	327,89	-405,88	-1,82	-2,66	3,22
9,5	314,82	-413,20	312,88	-415,72	-1,94	-2,52	3,18
10	289,26	-415,67	287,34	-418,03	-1,92	-2,36	3,04
10,5	255,01	-411,01	253,11	-413,07	-1,90	-2,06	2,80
11	220,49	-401,76	218,64	-403,62	-1,85	-1,86	2,62
11,5	193,70	-385,01	191,99	-386,58	-1,71	-1,57	2,32
12	170,17	-365,75	168,71	-367,18	-1,46	-1,43	2,04
12,5	149,37	-341,42	148,16	-342,57	-1,21	-1,15	1,67
13	132,57	-309,99	131,51	-311,04	-1,06	-1,05	1,49
13,5	123,15	-273,00	122,33	-273,90	-0,82	-0,90	1,22
14	120,61	-236,86	120,00	-237,65	-0,61	-0,79	1,00
14,5	124,92	-210,70	124,40	-211,46	-0,52	-0,76	0,92
15	129,88	-194,83	129,49	-195,77	-0,39	-0,94	1,02
15,5	136,70	-185,69	136,31	-186,49	-0,39	-0,80	0,89
16	143,81	-178,58	143,45	-179,41	-0,36	-0,83	0,90
16,5	148,26	-177,43	147,89	-178,28	-0,37	-0,85	0,93
17	148,88	-181,07	148,51	-181,95	-0,37	-0,88	0,95
17,5	142,74	-186,88	142,36	-187,72	-0,38	-0,84	0,92
18	134,86	-194,71	134,42	-195,51	-0,44	-0,80	0,91
18,5	126,95	-207,08	126,38	-207,97	-0,57	-0,89	1,06
19	117,68	-222,79	117,03	-223,64	-0,65	-0,85	1,07
19,5	102,84	-235,34	102,10	-236,15	-0,74	-0,81	1,10
20	84,94	-240,40	84,14	-241,07	-0,80	-0,67	1,04
20,5	71,39	-232,80	70,39	-233,50	-1,00	-0,70	1,22
21	59,17	-217,91	58,26	-218,52	-0,91	-0,61	1,10
21,5	45,97	-196,93	45,12	-197,53	-0,85	-0,60	1,04
22	31,85	-171,80	31,18	-172,30	-0,67	-0,50	0,84
22,5	18,57	-141,96	18,05	-142,36	-0,52	-0,40	0,66
23	7,63	-108,92	7,25	-109,23	-0,38	-0,31	0,49
23,5	2,37	-71,75	2,18	-71,97	-0,19	-0,22	0,29
24	1,38	-36,18	1,33	-36,36	-0,05	-0,18	0,19
24,5	4,41	-5,68	4,38	-5,86	-0,03	-0,18	0,18
25	10,04	18,10	10,19	17,98	0,15	-0,12	0,19
25,5	16,35	34,63	16,58	34,54	0,23	-0,09	0,25
26	20,99	43,76	21,20	43,57	0,21	-0,19	0,28
26,5	19,81	40,78	20,04	40,58	0,23	-0,20	0,30
27	15,95	34,86	16,18	34,70	0,23	-0,16	0,28
27,5	11,64	27,59	11,83	27,48	0,19	-0,11	0,22
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge 4.4.b OINK-1 kuyusunun 28.05.2013 tarihli ölçümüne ait fark deformasyon grafiğinin elde edilmesi

Referans Ölçüm (13/02/2012)			28.05.2013				
1	2	3	7	8	7 ile 2'nin farkı	8 ile 3'ün farkı	9
Derinlik [m]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Bileşke
0,5	354,20	-495,76	343,55	-501,90	-10,65	-6,14	12,29
1	326,32	-483,58	315,75	-490,09	-10,57	-6,51	12,41
1,5	298,43	-471,39	287,96	-478,28	-10,47	-6,89	12,53
2	275,55	-465,77	265,35	-472,75	-10,20	-6,98	12,36
2,5	268,18	-466,81	258,10	-473,58	-10,08	-6,77	12,14
3	265,58	-463,69	255,77	-470,31	-9,81	-6,62	11,83
3,5	266,60	-452,09	257,09	-458,45	-9,51	-6,36	11,44
4	268,36	-435,07	259,00	-441,33	-9,36	-6,26	11,26
4,5	268,53	-414,69	259,36	-420,82	-9,17	-6,13	11,03
5	265,45	-393,01	256,49	-398,97	-8,96	-5,96	10,76
5,5	276,81	-380,66	267,95	-386,39	-8,86	-5,73	10,55
6	296,01	-371,11	287,37	-376,67	-8,64	-5,56	10,27
6,5	319,17	-361,40	310,73	-366,89	-8,44	-5,49	10,07
7	335,70	-353,50	327,50	-358,82	-8,20	-5,32	9,77
7,5	341,06	-357,15	333,07	-362,41	-7,99	-5,26	9,57
8	340,79	-368,35	332,93	-373,50	-7,86	-5,15	9,40
8,5	337,19	-387,01	329,51	-391,99	-7,68	-4,98	9,15
9	329,71	-403,22	322,20	-408,16	-7,51	-4,94	8,99
9,5	314,82	-413,20	307,49	-418,08	-7,33	-4,88	8,81
10	289,26	-415,67	282,09	-420,48	-7,17	-4,81	8,63
10,5	255,01	-411,01	248,05	-415,76	-6,96	-4,75	8,43
11	220,49	-401,76	213,62	-406,35	-6,87	-4,59	8,26
11,5	193,70	-385,01	187,08	-389,39	-6,62	-4,38	7,94
12	170,17	-365,75	163,89	-369,99	-6,28	-4,24	7,58
12,5	149,37	-341,42	143,41	-345,39	-5,96	-3,97	7,16
13	132,57	-309,99	126,76	-313,87	-5,81	-3,88	6,99
13,5	123,15	-273,00	117,60	-276,69	-5,55	-3,69	6,66
14	120,61	-236,86	115,31	-240,30	-5,30	-3,44	6,32
14,5	124,92	-210,70	119,82	-214,00	-5,10	-3,30	6,07
15	129,88	-194,83	125,03	-198,12	-4,85	-3,29	5,86
15,5	136,70	-185,69	131,94	-188,72	-4,76	-3,03	5,64
16	143,81	-178,58	139,28	-181,49	-4,53	-2,91	5,38
16,5	148,26	-177,43	143,94	-180,26	-4,32	-2,83	5,16
17	148,88	-181,07	144,78	-183,81	-4,10	-2,74	4,93
17,5	142,74	-186,88	138,78	-189,57	-3,96	-2,69	4,79
18	134,86	-194,71	131,03	-197,28	-3,83	-2,57	4,61
18,5	126,95	-207,08	123,21	-209,59	-3,74	-2,51	4,50
19	117,68	-222,79	114,10	-225,25	-3,58	-2,46	4,34
19,5	102,84	-235,34	99,37	-237,74	-3,47	-2,40	4,22
20	84,94	-240,40	81,52	-242,80	-3,42	-2,40	4,18
20,5	71,39	-232,80	68,09	-235,17	-3,30	-2,37	4,06
21	59,17	-217,91	56,11	-220,12	-3,06	-2,21	3,77
21,5	45,97	-196,93	43,12	-199,05	-2,85	-2,12	3,55
22	31,85	-171,80	29,28	-173,76	-2,57	-1,96	3,23
22,5	18,57	-141,96	16,28	-143,74	-2,29	-1,78	2,90
23	7,63	-108,92	5,56	-110,56	-2,07	-1,64	2,64
23,5	2,37	-71,75	0,53	-73,22	-1,84	-1,47	2,36
24	1,38	-36,18	-0,19	-37,55	-1,57	-1,37	2,08
24,5	4,41	-5,68	2,96	-6,94	-1,45	-1,26	1,92
25	10,04	18,10	8,84	17,02	-1,20	-1,08	1,61
25,5	16,35	34,63	15,38	33,75	-0,97	-0,88	1,31
26	20,99	43,76	20,28	43,08	-0,71	-0,68	0,98
26,5	19,81	40,78	19,28	40,17	-0,53	-0,61	0,81
27	15,95	34,86	15,57	34,36	-0,38	-0,50	0,63
27,5	11,64	27,59	11,42	27,20	-0,22	-0,39	0,45
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



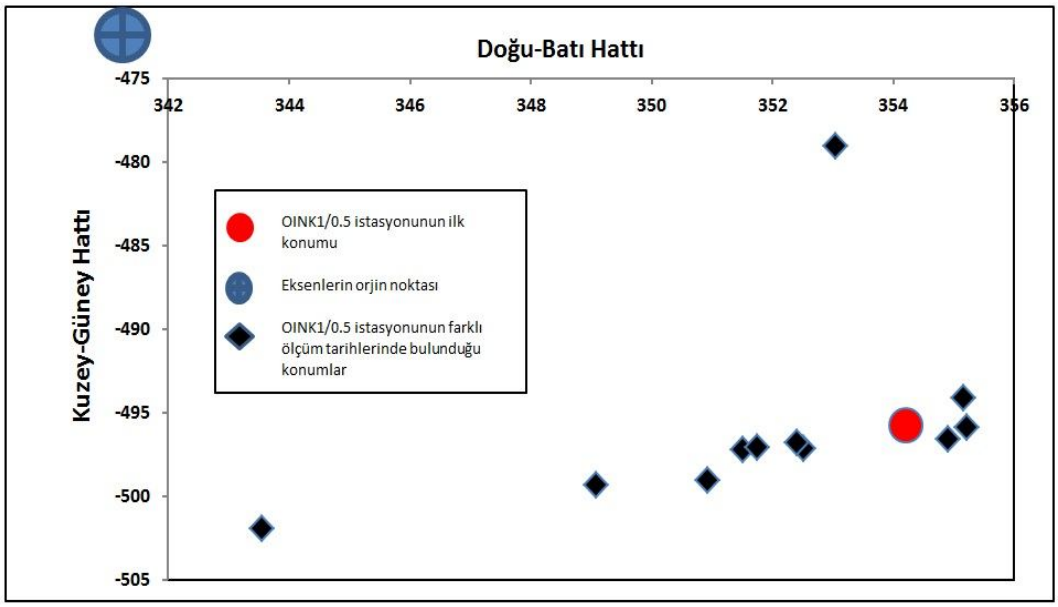
Şekil 4.2. OINK-1 kuyusunun belirtilen ölçüm tarihlerine ait konumsal deformasyon grafiği

INCLI-2 programı yardımıyla alınan bu verilere dayalı grafikler aslında alt istasyon noktalarının konumsal yer değişimlerini ifade etmektedir. Bir başka ifadeyle, 13.02.2013 tarihli referans ölçüme göre, 02.05.2013 tarihli ölçümde ilgilenilen noktanın ne kadar yer değiştirdiğini belirtmektir. 28.05.2013 tarihli ölçümde ise bu tarih ile 13.02.2013 (referans ölçüm) tarihi arasında ilgilenilen noktanın ne kadar yer değiştirdiğini belirtilmektedir. Sonuç olarak her bir ölçüm tarihinde, ilgilenilen noktanın, referans ölçüm tarihine göre konumu belirlenmektedir. Bu ise ilgilenilen noktanın, ilk ölçüm tarihinden itibaren ne kadar mesafe kat ettiğini ifade etmemektedir. Belirtilen bu durumu daha iyi anlatmak amacıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 hazırlanmıştır.

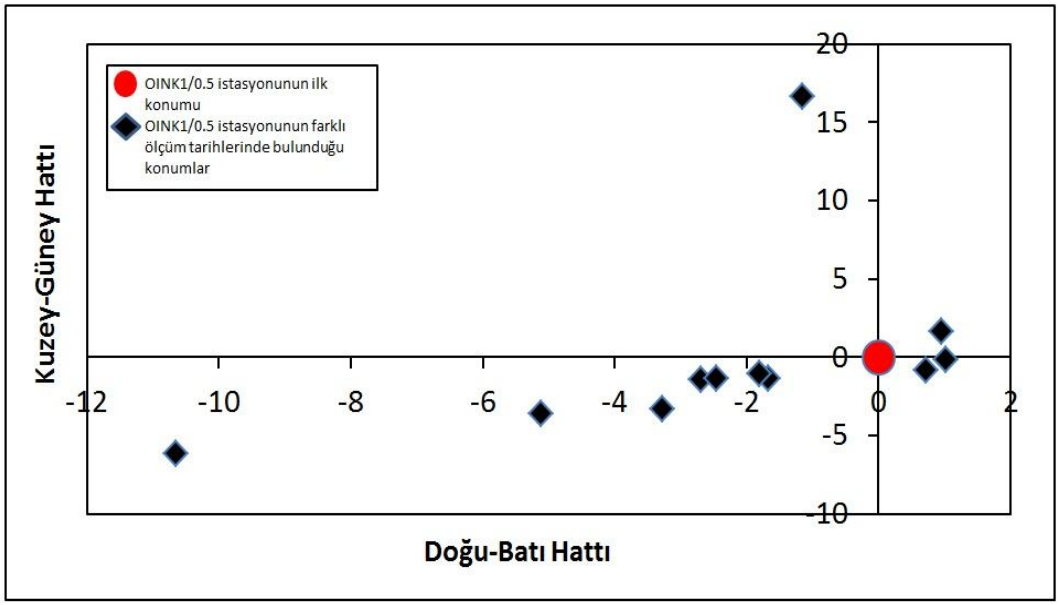
OINK-1 kuyusuna ait OINK-1/0.5 alt istasyon noktasına ait mutlak yer değiştirme (absolute displacement) değerleri kullanılarak Şekil 4.3 çizilmiştir. Bu grafikte x ve y eksenlerinin kesiştiği noktada, kuyunun düşey ekseni geçmektedir. Bu eksenin, 0.5. metresinin, belirtilen ölçüm tarihlerindeki bulunduğu yerler (AED, AND ve AD) Şekil 4.3'de belirtilmiştir. Görüldüğü üzere nokta düzenli bir şekilde ve belirli istikamette mesafe almamıştır. Bu durum; ölçüm kuyusunun, sahada oluşan deformasyonların oldukça az olduğu dönemlerde kararsız davrandığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak deformasyonların düzenli bir şekilde artmaya başladığı dönemlerde (16.04.2013 tarihinden sonra çalışma sahasında madencilik faaliyetleri başladı.) kuyunun ocak içerisine doğru olan hareketlerinin daha düzenli olduğu görülmektedir.

Şekil 4.3'de kullanılan mutlak yer değiştirme (AED, AND ve AD) verilerinden, ilk ölçüm (referans) tarihindeki konumsal noktadan geçen yeni bir eksen takımı yardımıyla, noktanın her bir ölçüm tarihinde, referans noktasına göre ne kadar yer değiştirdiği (deformasyona uğradığı) belirlenmiştir. Bu durum OINK-1/0.5 alt istasyonu için Şekil 4.4'de görülmektedir. Hazırlanan bu grafik, belirtilen bu noktanın referans noktasına göre ne kadar yer değişikliğine (deformasyona) maruz kaldığını göstermektedir. Tipik olarak kullanılan OINK-1/0.5 alt istasyon noktasına ait bu değerler (CD) ölçüm yapılan tarihlere göre Çizelge 4.5'de sunulmuştur. Bu çizelgede aynı zamanda toplam ölçüm zamanı da görülmektedir. Eğer Çizelge 4.5'de sunulan zaman-CD grafiği çizilirse (Şekil 4.5), noktanın belirli bir disiplinde hareket etmediği kolayca görülmektedir.

Deformasyonlardaki bu düzensizliği daha kolay algılayabilmek için, her bir ölçüm tarihindeki yer değişimi değerlerini (CD), ilk ölçüm tarihinden, son ölçüm tarihine kadar toplayarak, noktanın aldığı mesafeyi veren toplam deformasyon değeri hesaplanmıştır. Bu koşul altında, toplam ölçüm zamanına karşı, toplam deformasyon değerleri yeni bir grafiğe aktarıldığında (Şekil 4.6), deformasyon hareketlerinin daha iyi anlaşılabildiği görülmüştür. OINK-1 ölçüm kuyusundaki 56 alt istasyona ait bu hazırlıklar yapılmıştır (Şekil 4.7) Matematiksel model için yapılacak analizlerde, bu sayısal değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir.



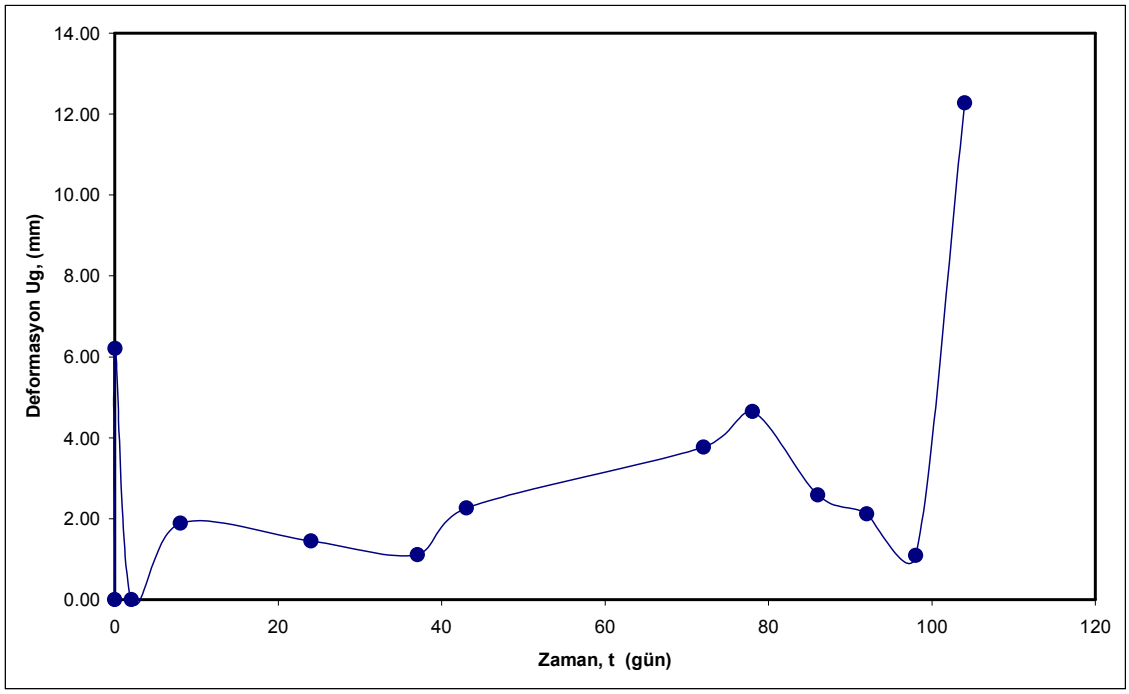
Şekil 4.3. OINK-1/05 alt istasyonun konumsal değişimi



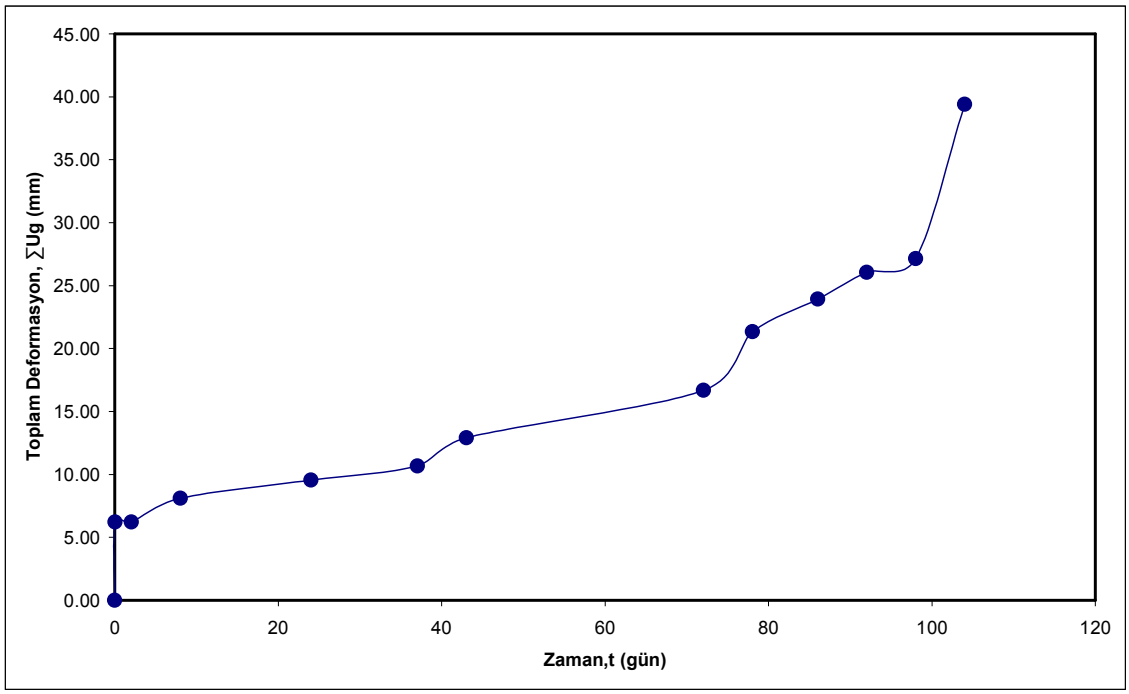
Şekil 4.4. OINK-1/0.5 alt istasyonunun deformasyon hareketi

Çizelge 4.5. OINK-1/0.5 alt istasyonu için ölçüm verileri

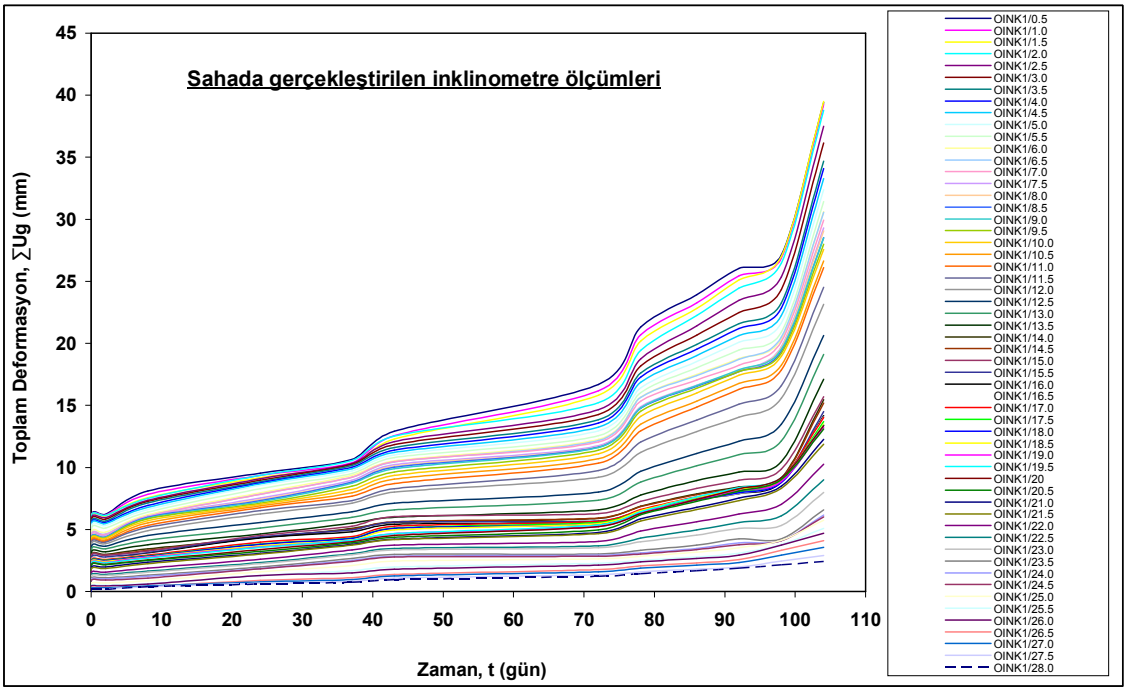
Tarih	Toplam Zaman (gün)	Ug (mm)	∑Ug(mm)
13.02.2013	0	0.00	0.00
13.02.2013	0.04	6.21	6.21
15.02.2013	2.04	0.00	6.21
21.02.2013	8.04	1.89	8.10
09.03.2013	24.04	1.45	9.55
22.03.2013	37.04	1.11	10.65
28.03.2013	43.04	2.27	12.92
26.04.2013	72.04	3.77	16.69
02.05.2013	78.04	4.65	21.33
10.05.2013	86.04	2.59	23.92
16.05.2013	92.04	2.12	26.04
22.05.2013	98.04	1.09	27.13
28.05.2013	104.04	12.27	39.40



Şekil 4.5. OINK-1/0.5 alt istasyonu için deformasyon davranışı



Şekil 4.6. OINK-1/0.5 alt istasyonu için toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.7. OINK-1 kuyusu alt istasyonlarının deformasyon davranışları

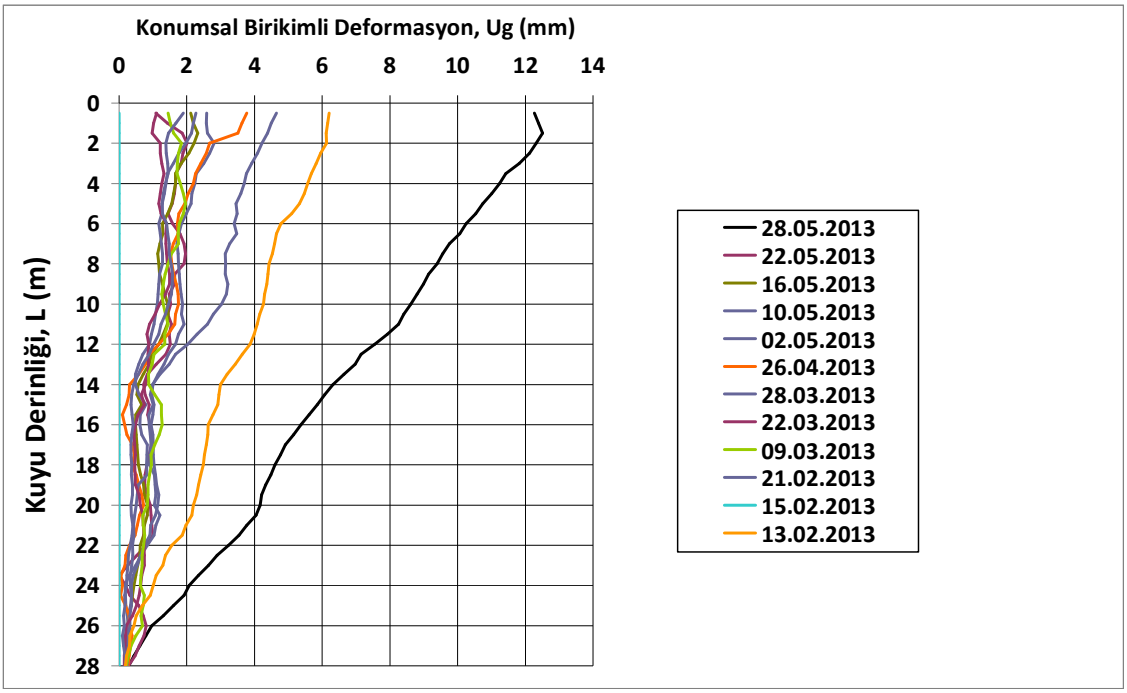
Bu tez çalışmasında, tüm kuyular için zamana bağlı olarak ilgilenilen her bir alt istasyona ait toplam deformasyonlar belirlenmiştir. OINK-1 kuyusuna ait INCLI 2 program çıktısı ve bu tezde ortaya atılan toplam deformasyon değerlerine ait hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da sunulmuştur.

Ölçüm kuyusu içerisindeki yatay deformasyonların en fazla olduğu noktaları belirlemek amacıyla INCLI-2 yazılımı tarafından verilen artış deformasyon (ID) grafiği ve kat edilen toplam mesafeye bağlı toplam deformasyon değerlerini dikkate alarak hazırlanan artış deformasyon (ID) grafiği Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 'de verilmiştir. Şekil 4.10 Excel yardımıyla çizilmiş olup, orijinal INCLİ-2 çıktıları EK-1 ve EK-2'de verilmiştir.

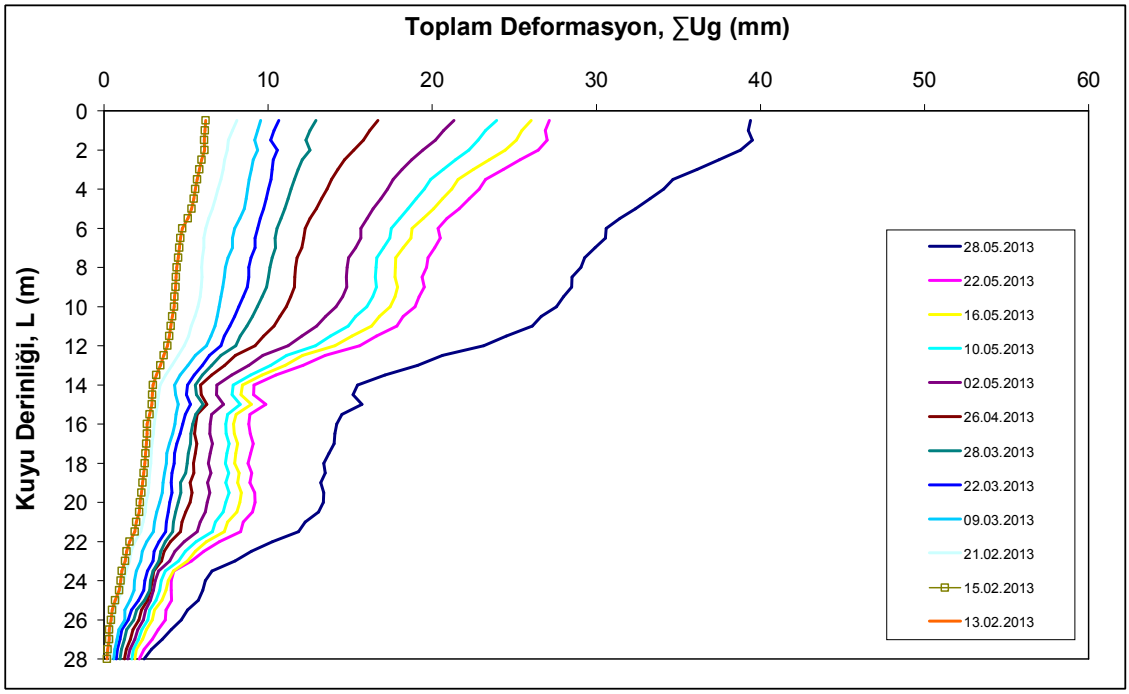
Sunulan Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kuyu içerisinde yatay deformasyonların en fazla olduğu derinliği, gözle belirlemede zorluklar söz konusu iken, Şekil 4.11'de hazırlanan grafikte kolaylıkla en fazla yatay deformasyon sorununun, kuyunun 12. metresinde olduğu ancak kuyunun 3. , 11. , 13. , 14,5. , 15. , 21,5. ve 23. metrelerinde de yatay deformasyonların dikkat çekici olduğu anlaşılmaktadır.

Yukarıda ifade edilen nedenlerden dolayı bu tez çalışmasındaki analizlerin, kat edilen mesafeye bağlı toplam deformasyon değerleri üzerinden yapılmasına karar verilmiştir. Ancak bu değerler INCLI-2 yazılımı tarafından direkt olarak alınamamaktadır. Çizelge 4.1 , 4.2 ve 4.3'de verilen verileri kullanarak her bir kuyuya

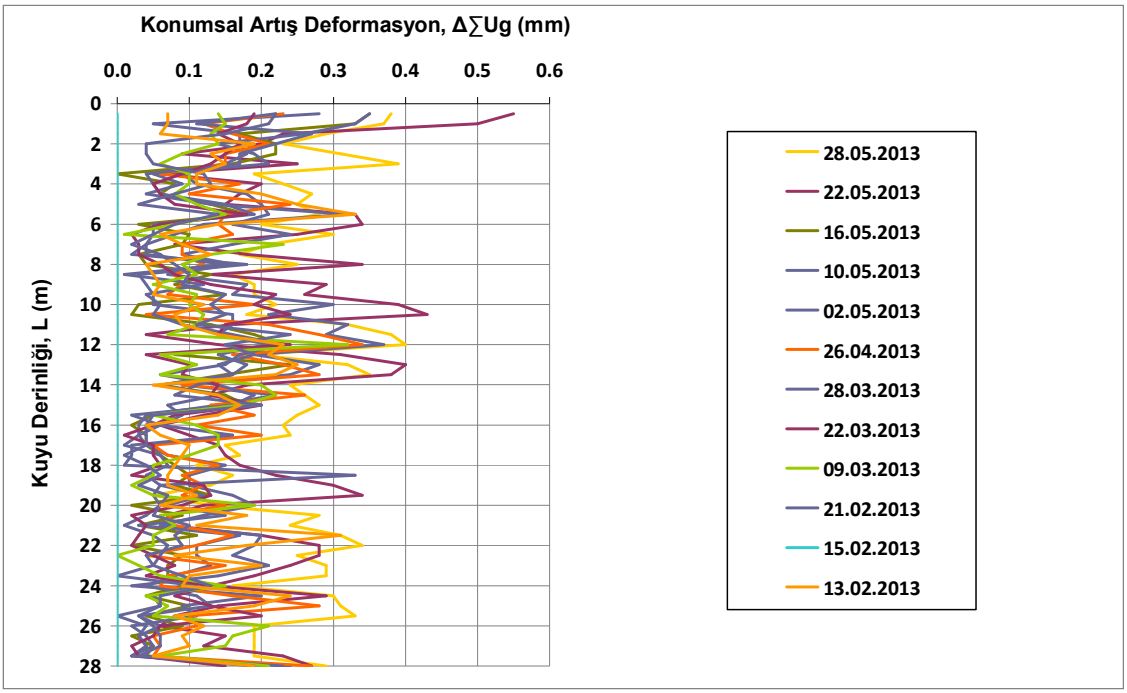
ait toplam deformasyon değerleri bulunmuş ve Şekil 4.7 ve 4.9'daki gibi grafikler hazırlanmıştır (EK-3)



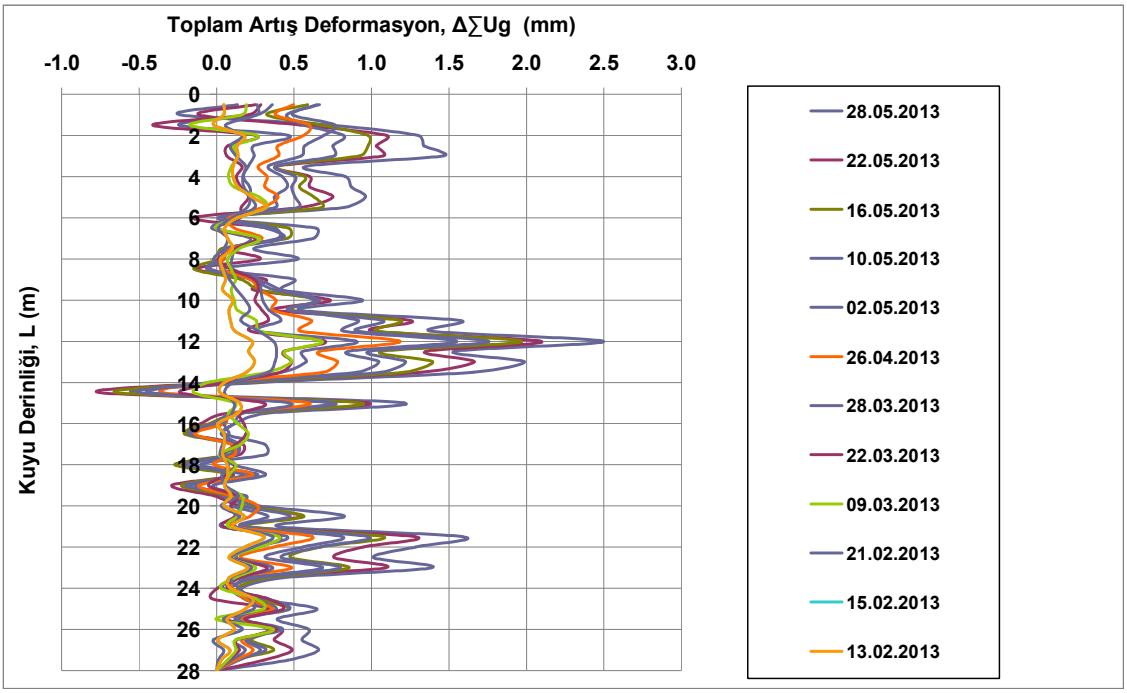
Şekil 4.8. OINK-1 kuyusuna ait konumsal birikimli deformasyon (CD) değişimleri (INCLI-2 çıktısı)



Şekil 4.9. OINK-1 kuyusuna ait toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.10. OINK-1 kuyusuna ait konumsal artış deformasyon (ID) davranışı (INCLI-2 çıktısı)



Şekil 4.11. OINK-1 kuyusu için hazırlanan, kat edilen mesafeye bağlı toplam deformasyon değerlerine göre toplam artış deformasyon davranışı

İnklinometre ölçümlerine dayalı veri tabanı yanında Eşitlik 4.1'de kullanılan yağış parametresine ait veri tabanının da hazırlanmıştır (Çizelge 4.6). Bu amaç çerçevesinde Orhaneli bölgesine 1988-2013 yılları arasında düşen yağış miktarları, Bursa Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ulaşılan verilere ait hazırlanan Çizelge 4.6 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.6. Orhaneli bölgesine düşen yağış miktarları

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1988	56.8	74.9	160.7	46.9	19.8	64.6	1.7	8.8	7.8	30.2	142	136.4
1989	27.9	15.1	43	17.9	48.6	27.6	3.4	0.4	19.2	133.5	118.3	127.8
1990	27.1	58.2	23.5	108.9	54.7	27.4	5.2	0.6	46.2	30.5	66.1	148.3
1991	37.5	64.9	25.9	102.9	134.8	38.9	44.5	20.1	28.4	44.3	42.8	35.8
1992	17.2	36.9	88.9	69	22	121.8	56.2	11.8	26.6	97	108.8	64.5
1993	47.3	65.4	52.7	52.4	106.9	23.9	4.4	20.4	26.8	15.9	111.7	96.2
1994	48.3	67.4	31.9	51	45.8	47.3	7.3	6.7	4.5	63.9	72.3	92.5
1995	173.3	22.6	134.6	87.7	12.1	61.9	17.8	13.6	30.2	47.9	131	82.5
1996	48.7	114.8	88.7	101.5	42.4	5.3	4.9	12.9	115.9	72.9	53	72.9
1997	51.9	43.1	44.7	178.5	22.8	39.1	29.6	119.1	4.8	112.7	40.5	165.1
1998	57.4	74.9	97.1	37	128.7	17.9	19.1	33.9	43.9	101.6	120.4	87.1
1999	48.9	194.5	82.4	61.1	12.9	46.7	17.2	1.1	5	15.2	77	64.1
2000	116	62.1	103.3	191.8	27.7	15.7	19	27.9	18.5	75.1	10.4	42.4
2001	10.6	63.4	66.2	86.6	76.3	6.6	10.9	29.6	22.7	4.5	172.4	205.6
2002	60.8	46.1	90.7	95.2	24.9	34.2	24.5	25.3	54.8	55.1	70.8	57.5
2003	102.3	118	32.5	113.9	49	7.7	10.5	6.8	28.9	106.1	34.5	81.4
2004	137.1	79.5	71.8	84	60.4	53.7	7.4	13.3	4	15.6	107.5	73.3
2005	111.7	104.6	113.2	60.2	67.3	42.8	45.9	18.3	25.9	47.4	140.8	146.3
2006	71.3	119.2	84.3	21.1	26.6	31.1	13.9	0.2	77.3	32.2	48.6	25.5
2007	47.4	33.2	23.6	12	19.4	26	11.5	6.8	0.6	46	97.6	78.8
2008	24.2	14.8	146.2	89.2	39.4	17.4	5.3	4.6	74.8	17.6	50.4	48
2009	65	104.6	86.4	28	56	40.4	5.6	7.7	16.8	19.4	91.2	128.4
2010	116.6	178.6	122	43.4	25	44.2	8.8	8.4	35.4	229.6	57.2	66
2011	28.6	10	34.6	57.2	91.6	83.4	3.4	9.8	6.4	1	51.2	118
2012	1.6	1.6	87.4	14.8	27.2	19.2	2.1	30.4	2.4	86.8	88.4	91.4
Ortalama (mm)	61.42	72.30	77.45	72.49	49.69	37.53	16.70	17.26	29.22	60.08	85.45	93.52
Ortalama(mm/gün)	1.981	2.582	2.498	2.416	1.603	1.251	0.539	0.557	0.974	1.938	2.848	3.017

4.4. Daha Önce Geliştirilen Matematiksel Model Üzerinde Ön Analiz Çalışmaları

Bölüm 4.3'de belirtildiği üzere, hazırlanan veri tabanı kullanılarak Eşitlik 4.1'de sunulan matematiksel modelin kullanılmasına karar verilmiştir. Ancak modelin, bu tez çalışmasına konu olan Orhaneli ve Çumra bölgeleri için geçerli olup olmadığının

araştırılması gündeme gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda ön çalışmaların, Orhaneli sahasında açılan OINK-1 kuyusuna ait veri tabanı üzerinde yapılması planlanmıştır.

OINK-1 kuyusundan, ilk referans ölçüm 13.02.2013 tarihinde yapılmış ve yaklaşık 105 gün içerisinde referans ölçümü ile birlikte toplam 13 adet ölçüm alınmıştır. Bu kuyuda yapılan ölçüm tarihleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bölüm 4.3'de verilen Çizelge 4.6'da yaklaşık 25 yılın her ayı için ortalama yağış miktarları (mm) belirlenmiştir. Daha sonra Çizelge 4.7'de sunulan her bir ölçüm tarihine karşılık gelen yağış değerleri hesaplanmış ve toplam yağış değerleri (mm) belirlenmiştir. Bu bilgiler topluca Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. OINK-1 kuyusuna ait zaman ve toplam yağış durumu

Ölçüm tarihi	Zaman aralığı (gün)	Toplam Zaman (gün)	Toplam yağış (mm)
13.02.2013	0	0	33,57
13.02.2013	0,04	0,04	33,57
15.02.2013	2	2,04	38,73
21.02.2013	6	8,04	54,22
09.03.2013	16	24,04	94,78
22.03.2013	13	37,04	127,25
28.03.2013	6	43,04	142,24
26.04.2013	29	72,04	212,55
02.05.2013	6	78,04	225,42
10.05.2013	8	86,04	238,24
16.05.2013	6	92,04	247,86
22.05.2013	6	98,04	257,48
28.05.2013	6	104,04	267,10

Zamana ve yağışa bağlı Eşitlik 4.1, ön analizler çerçevesinde, OINK-1 kuyusunda bulunan 56 adet alt istasyon için denetlenmiştir. Bunun için Bölüm 4.3'de belirtilen şekilde hazırlanan veri tabanı kullanılmıştır (Şekil 4.9). Daha sonra her bir ölçüm kuyusunda konumlanan tüm alt istasyonlara ait zaman, toplam yağış ve toplam deformasyon değerleri belirlenmiştir. Buna tipik bir örnek olarak Çizelge 4.8 sunulmuştur. Eşitlik 4.1 modelinde yağış parametresinin kullanımı, sahaya düşen yağış miktarlarının toplamı şeklindedir. Ölçüm bölgesi bir havuz gibi düşünülmüştür. Çizelge 4.8'de tipik olarak verilen veri seti, istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere OINK-1 kuyusundaki 56 adet her bir alt istasyon için hazırlanmıştır.

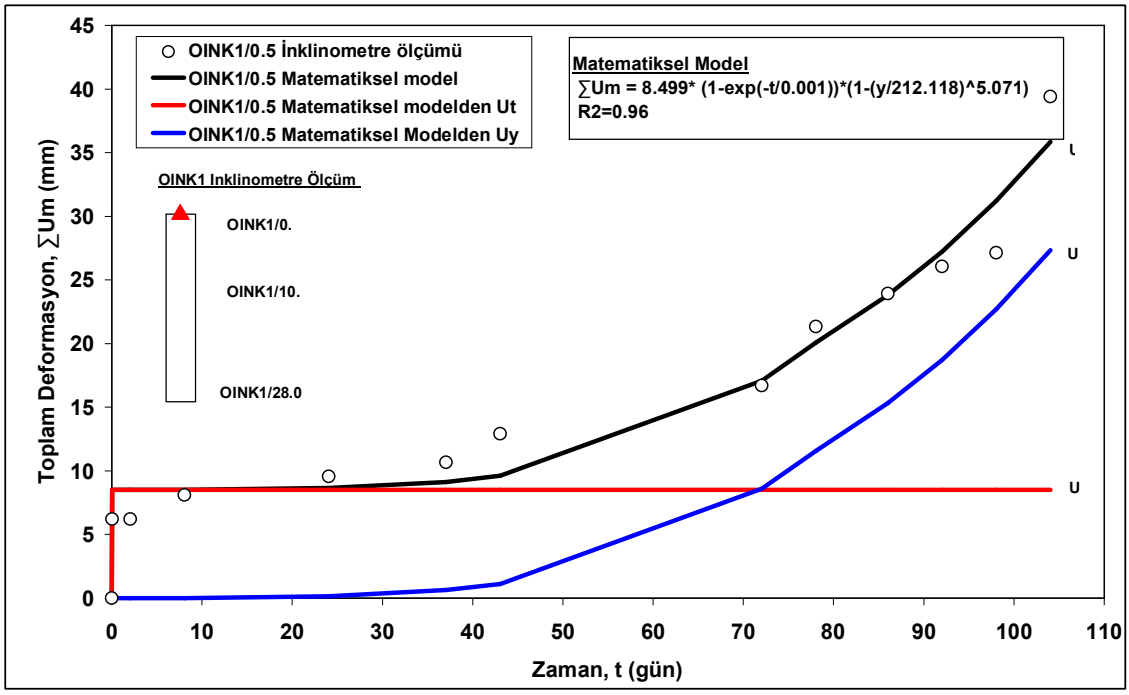
Çizelge 4.8. OINK-1 kuyusunda konumlanan OINK1/0.5 alt istasyonuna ait veriler

Ölçüm tarihi	Zaman aralığı (gün)	Toplam Zaman, t (gün)	Toplam yağış, y (mm)	Konumsal Birikimli Deformasyon , Ug (mm)	Toplam Deformasyon ∑Ug(mm)
13.02.2013	0	0	33,57	0.00	0,00
13.02.2013	0,04	0,04	33,57	6.21	6,21
15.02.2013	2	2,04	38,73	0.00	6,21
21.02.2013	6	8,04	54,22	1.89	8,10
09.03.2013	16	24,04	94,78	1.45	9,55
22.03.2013	13	37,04	127,25	1.10	10,65
28.03.2013	6	43,04	142,24	2.27	12,92
26.04.2013	29	72,04	212,55	3.77	16,69
02.05.2013	6	78,04	225,42	4.54	21,23
10.05.2013	8	86,04	238,24	2.69	23,92
16.05.2013	6	92,04	247,86	2.12	26,04
22.05.2013	6	98,04	257,48	1.09	27,13
28.05.2013	6	104,04	267,10	12.27	39,40

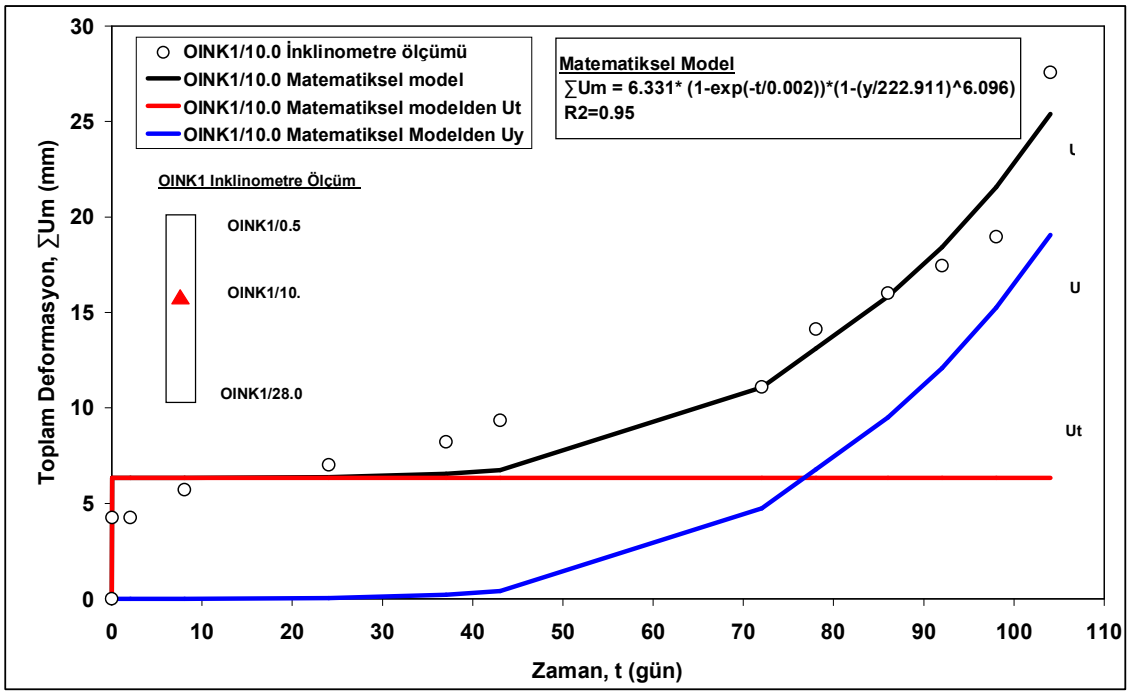
İstatistiksel analizlerde SPSS V16 programı kullanılmıştır. SPSS V16 programı kullanılarak Eşitlik 4.1'de sunulan model için denenmiştir. Elde edilen sonuçlar topluca Çizelge 4.9'da sunulmuştur. İstatistiksel analizlere bağlı olarak, OINK1/0.5, OINK1/10 ve OINK1/28 numaralı alt istasyonlara ait zaman-deformasyon davranışları örnek olarak Şekil 4.12'de sunulmuştur. Matematiksel model (Eşitlik 4.1) yardımıyla türetilebilen, zamana bağlı (U_t, Eşitlik 4.2) ve yağışa bağlı (U_m Eşitlik 4.3) eğriler de Şekil 4.12'de sunulmuştur.

Çizelge 4.9. OINK-1 kuyusu için SPSS çıktıları

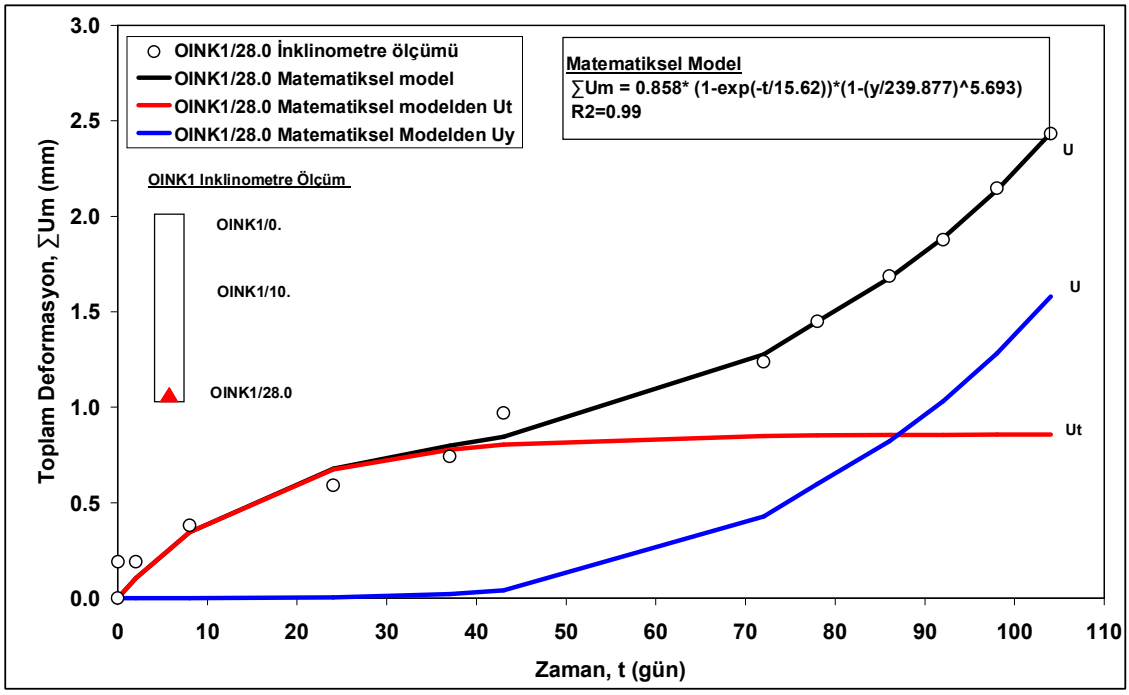
Derinlik(m)	Alt istasyon No	A	B	C	D	R^2
0.5	OINK1/0.5	8.499	0.001	212.118	5.071	0.961
1.0	OINK1/1.0	8.421	0.002	215.130	5.463	0.961
1.5	OINK1/1.5	8.351	0.001	217.298	5.854	0.963
2.0	OINK1/2.0	8.550	0.002	221.823	6.243	0.959
2.5	OINK1/2.5	8.325	0.0001	222.826	6.332	0.958
3.0	OINK1/3.0	8.209	0.0001	224.217	6.370	0.955
3.5	OINK1/3.5	8.071	0.001	225.324	6.341	0.951
4.0	OINK1/4.0	7.931	0.001	225.504	6.381	0.951
4.5	OINK1/4.5	7.820	0.001	226.390	6.447	0.949
5.0	OINK1/5.0	7.666	0.001	226.801	6.458	0.948
5.5	OINK1/5.5	7.425	0.001	226.437	6.387	0.945
6.0	OINK1/6.0	7.162	0.002	225.774	6.334	0.942
6.5	OINK1/6.5	7.075	0.001	224.611	6.295	0.943
7.0	OINK1/7.0	7.023	0.002	225.963	6.359	0.941
7.5	OINK1/7.5	6.883	0.001	226.505	6.454	0.942
8.0	OINK1/8.0	6.752	0.002	225.258	6.332	0.943
8.5	OINK1/8.5	6.676	0.001	224.065	6.074	0.944
9.0	OINK1/9.0	6.588	0.002	222.657	5.965	0.947
9.5	OINK1/9.5	6.444	0.002	222.052	5.918	0.949
10.0	OINK1/10.0	6.331	0.002	222.911	6.096	0.952
10.5	OINK1/10.5	6.186	0.001	224.508	6.266	0.951
11.0	OINK1/11.0	6.028	0.001	225.530	6.504	0.953
11.5	OINK1/11.5	5.849	0.0001	228.858	6.847	0.951
12.0	OINK1/12.0	5.668	0.002	231.551	7.167	0.948
12.5	OINK1/12.5	5.218	0.001	236.532	8.091	0.945
13.0	OINK1/13.0	4.864	0.0001	238.239	8.472	0.941
13.5	OINK1/13.5	4.497	0.002	241.665	9.218	0.932
14.0	OINK1/14.0	4.218	0.001	245.632	10.433	0.924
14.5	OINK1/14.5	4.186	0.001	245.383	10.113	0.922
15.0	OINK1/15.0	4.254	0.001	242.026	8.948	0.922
15.5	OINK1/15.5	4.067	0.002	245.754	10.077	0.918
16.0	OINK1/16.0	3.923	0.001	244.424	9.682	0.920
16.5	OINK1/16.5	3.815	0.002	242.560	9.212	0.928
17.0	OINK1/17.0	3.675	0.001	238.285	8.112	0.934
17.5	OINK1/17.5	3.574	0.002	237.490	7.938	0.936
18.0	OINK1/18.0	3.527	0.001	237.527	7.843	0.936
18.5	OINK1/18.5	3.403	0.001	233.074	7.183	0.944
19.0	OINK1/19.0	3.296	0.001	232.846	7.320	0.950
19.5	OINK1/19.5	3.251	0.001	229.819	6.934	0.952
20.0	OINK1/20.0	3.130	0.002	228.927	7.102	0.956
20.5	OINK1/20.5	3.039	0.0001	228.775	7.173	0.958
21.0	OINK1/21.0	2.889	0.002	229.324	7.141	0.952
21.5	OINK1/21.5	2.804	0.002	228.738	7.006	0.949
22.0	OINK1/22.0	2.437	0.001	230.042	7.185	0.938
22.5	OINK1/22.5	2.191	0.001	230.316	6.935	0.927
23.0	OINK1/23.0	3.529	17.006	263.888	8.187	0.939
23.5	OINK1/23.5	3.263	19.444	267.176	21.706	0.934
24.0	OINK1/24.0	3.082	19.621	267.283	21.644	0.941
24.5	OINK1/24.5	2.997	20.133	267.173	20.890	0.953
25.0	OINK1/25.0	2.818	24.681	266.341	18.470	0.975
25.5	OINK1/25.5	2.567	31.913	266.242	17.601	0.984
26.0	OINK1/26.0	2.155	26.449	263.028	13.148	0.987
26.5	OINK1/26.5	1.889	35.981	261.188	11.719	0.990
27.0	OINK1/27.0	1.472	27.855	256.433	9.340	0.987
27.5	OINK1/27.5	1.171	24.920	254.334	8.283	0.990
28.0	OINK1/28.0	0.858	15.620	239.877	5.693	0.991



Şekil 4.12.(a) OINK-1/0,5 alt istasyonuna ait zaman-deformasyon davranışı



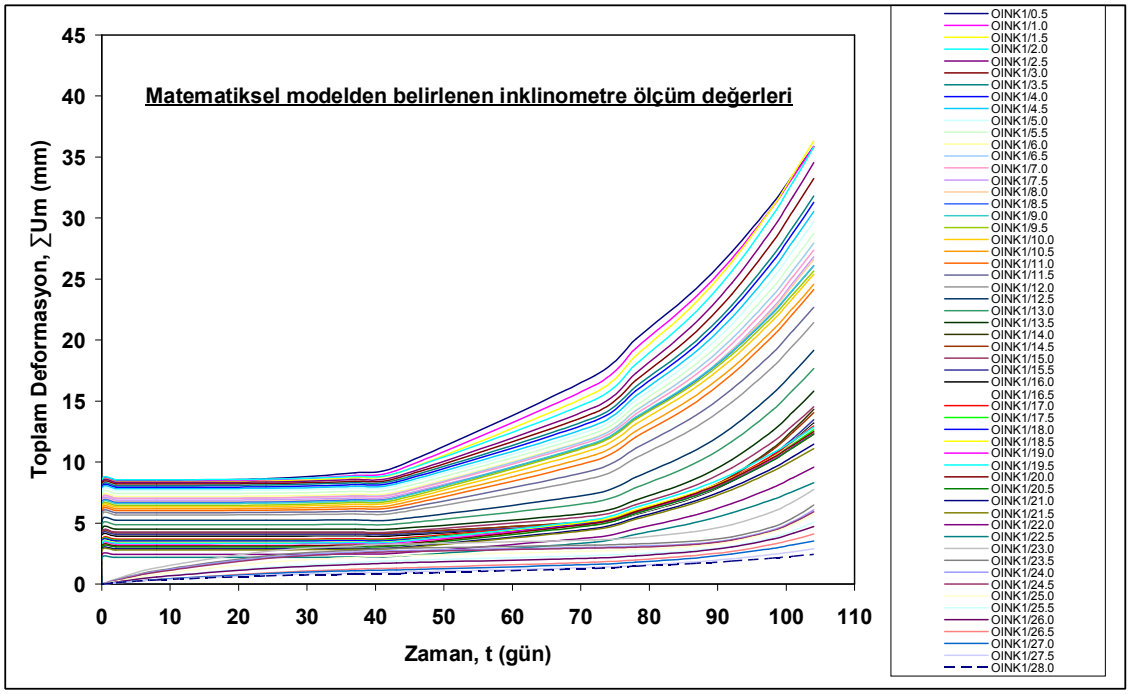
Şekil 4.12.(b) OINK-1/10 alt istasyonuna ait zaman-deformasyon davranışı



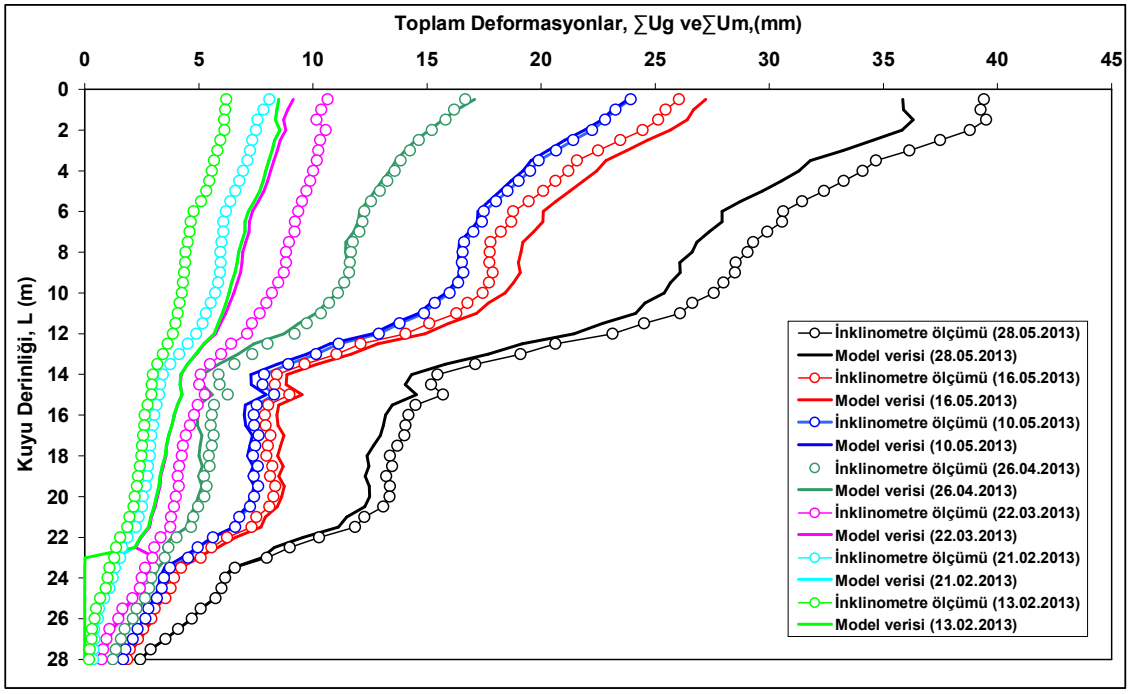
Şekil 4.12.(c) OINK-1/28 alt istasyonuna ait zaman-deformasyon davranışı

Çizelge 4.9'da sunulan matematiksel modele ait istatistiksel veriler yardımıyla ulaşılan veriler (∑Um) ile gerçek inklinometre ölçüm sonuçlarının (∑Ug), model performansını görebilmek için karşılaştırılmasına karar verilmiştir. Bunun için model verileri yardımıyla belirlenen zamana bağlı toplam deformasyon davranışları, OINK-1 kuyusu için grafiksel formda hazırlanmıştır (Şekil 4.13). Bu grafikten, her bir ölçüm tarihine karşılık gelen modelden belirlenen deformasyon değerleri önce kayıt edilmiştir. Bu işlem için grafiğin x eksenindeki zaman ölçeğinden ölçüm tarihi belirlenmiş ve bu noktadan dik bir çizgi çekilmiştir. Dik çizginin kestiği her bir ölçüm tarihine karşılık gelen eğriye ait deformasyon değerleri alınmıştır. Bu değerler ikinci aşamada kuyu derinliği bazında her ölçüm tarihi için yeniden düzenlenmiştir.

Bu durum için hazırlana grafik OINK-1 kuyusu için Şekil 4.14'de verilmiştir. Sunulan şekilde görüldüğü üzere modeldeki R^2 değerleri (Çizelge 4.9) oldukça iyi olmasına rağmen ($R^2 \approx 1$), modelden bulunan sonuçların gerçek inklinometre sonuçlarıyla tam olarak örtüşmediği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.13. OINK-1 kuyusu için modelden (Eşitlik 4.1) bulunan verilere ait zaman-deformasyon davranışları



Şekil 4.14. OINK-1 kuyusu için Eşitlik 4.1'e ait performans

Özkan ve Özşen tarafından 2009 yılında geliştirilen modelin (Eşitlik 4.1), yeniden düzenlenmesinin yerinde olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Eşitlik 4.1 yine de temel model kabul edilerek, bu tez çalışmasında istatistiksel analizler

gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz çalışmalarında gündeme gelen yeni modeller Çizelge 4.10'de sunulmuştur.

Çizelge 4.10. İstatistiksel analizlerde kullanılan modeller

Model No	Model
1	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+(y/C)^{D}]$ (Eşitlik 4.1)
2	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+(1/(300-y))^{C}]$
3	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(1/(300-y))^{D}]$
4	$\sum Um = A\,[1-e^{-t}]\,[1+B(1/(300-y))^{C}]$
5	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/D))^{E}]$
6	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(673-y))^{D}]$
7	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(670-y))^{D}]$

Yukarıdaki çizelgede verilen modellerden 6 numaralı modelin, Orhaneli sahasında (kaya ortam), 7 numaralı modelin ise Çumra sahasında (toprak ortam) başarılı olduğu görülerek bu modeller üzerinde analizler yapılmıştır. Bu çalışmalar takip eden bölümlerde sunulmuştur.

4.5. Kaya Ortamlar için Orhaneli Linyit Açık Ocağında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, kaya ortamlara ait Orhaneli sahası için gerçekleştirilen ön analiz çalışmalarına dayalı olarak önerilen yeni eşitlik aşağıda sunulmuştur.

$$\sum U_m = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(673-y))^{D}] \tag{4.4}$$

Bu eşitlikteki A,B,C,D katsayıları istatistiksel sabitler olup, t zaman (gün) ve y toplam yağış (mm) miktarıdır. ∑Um modelden bulunan toplam deformasyon değeridir (mm). Eşitlik aslında iki temel parçadan oluşmaktadır.

$$\sum U_{mt} = A[1-e^{(-t/B)}] \tag{4.5}$$

$$\sum U_{my} = A[1+C(y/(673-y))^{D}] \tag{4.6}$$

Eşitlik 4.5 zamana (gün) bağlı olup, Eşitlik 4.6 ise toplam yağış miktarına bağlıdır. Her iki eşitlikten bulunan değerlerin toplamı aranan deformasyon değerini vermektedir. Bir başka ifade ile ;

$$\sum U_m = \sum U_{mt} + \sum U_{my} \quad (4.7)$$

Bu bölümde modelin OINK-1 kuyusundaki analiz sonuçları verilecektir. Diğer sekiz kuyuya ait sonuçlar ise tezin ekler bölümünde sırasıyla sunulmuştur.

Saha ölçümlerine bağlı hazırlanan veri tabanı (Şekil 4.7 ve tipik örnek Çizelge 4.8) kullanılarak Eşitlik 4.4'de belirtilen model, SPSS V16 programında test edilmiştir. (Çizelge 4.6) kullanılarak Eşitlik 4.4'de belirtilen model SPSS programında test edilmiştir. OINK-1 kuyusuna ait istatistiksel sonuçlar Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Orhaneli sahasındaki diğer kuyulara ait sonuçlar ise EK-4'de verilmiştir.

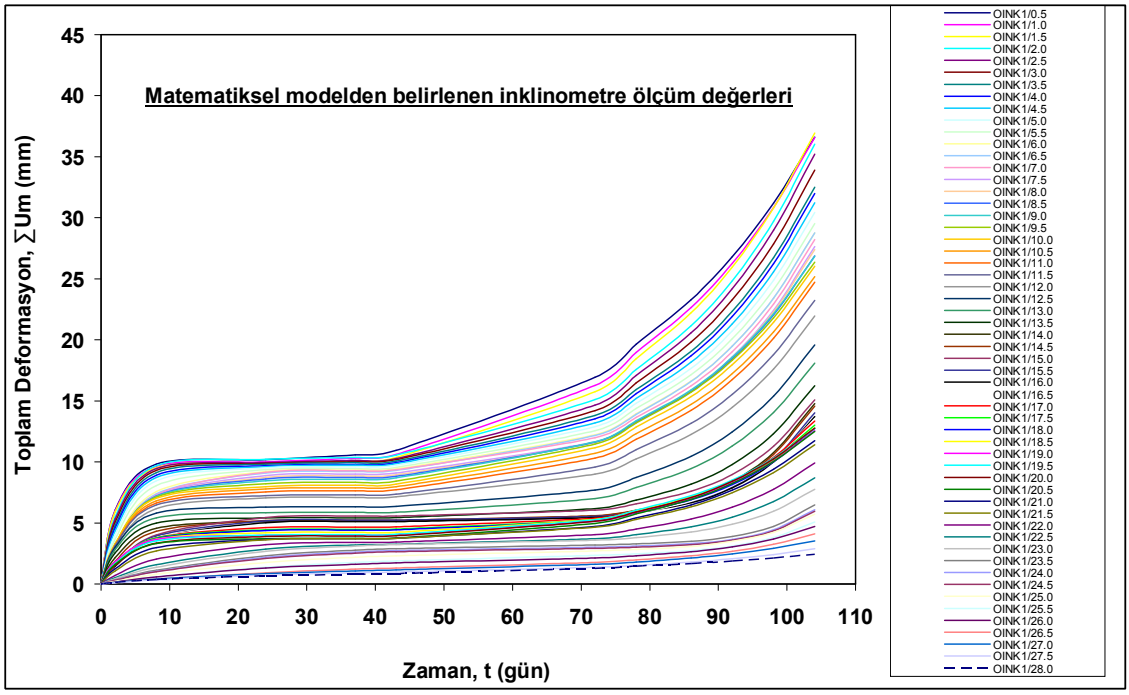
Çizelge 4.11'de belirtilen sabitlerin kullanıldığı matematiksel model yardımıyla, OINK-1 kuyusuna ait bütün alt istasyonlar için zaman-toplam deformasyon davranışları, Şekil 4.15'de sunulmuştur. Dikkate alınan OINK-1 kuyusundan tipik olarak seçilen, OINK-1/0.5, OINK-1/10 VE OINK-1/28.0 numaralı alt istasyonların zaman-toplam deformasyon davranışları Şekil 4.16, 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir. Modelden bulunan sonuçların inklinometre ölçümleri ile uyumlu oldukları görülmektedir. Ayrıca bu grafiklerde, model yardımıyla belirlenebilen zamana bağlı (U_t) ve yağışa bağlı (U_y) deformasyon davranışları da görülebilmektedir. Zamana bağlı deformasyonların (U_t) belirli bir zamandan sonra x eksenine asimptot kaldığı, yağışa bağlı deformasyonların (U_y) ise arttığı anlaşılmaktadır.

İstatistiksel verilerin A katsayısı 0,804–10,068 aralığında, B katsayısı 2,201–25,238 aralığında, C katsayısı 13,013–238,272 aralığında değişirken, D katsayısının 3,814–13,083 aralığında değiştiği görülmektedir. İstatistiksel başarıyı gösteren R^2 değerleri ise genelde 0,9'dan büyüktür.

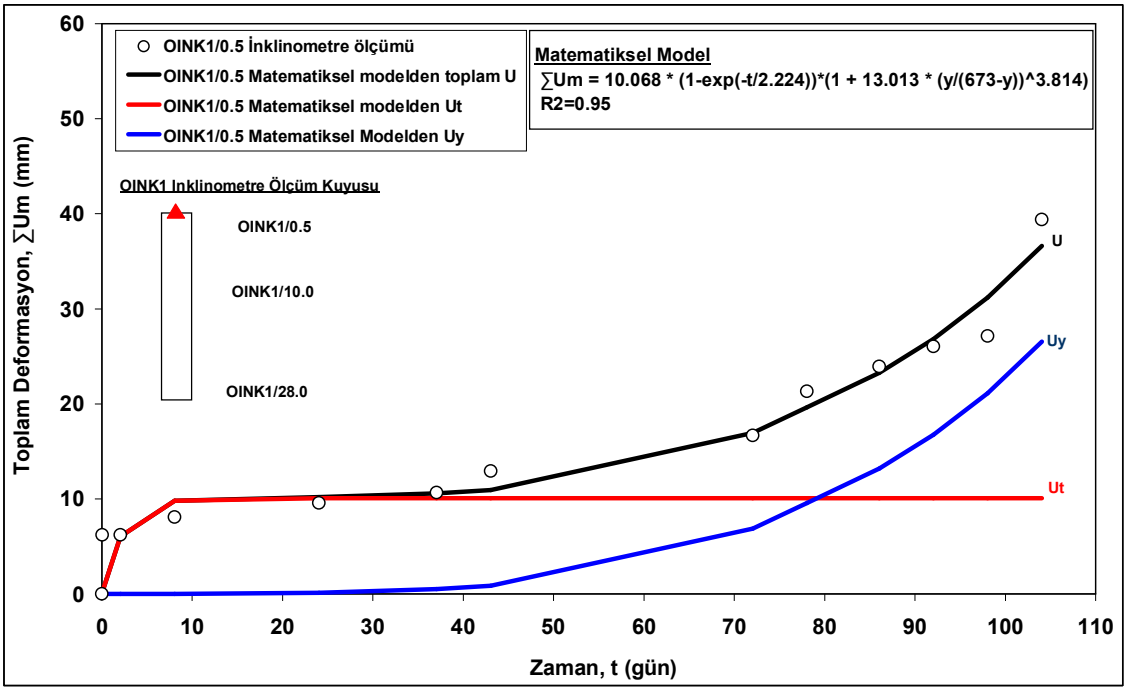
Eşitlik 4.4'de ifade edilen modelin başarısını görmek amacıyla Şekil 4.19 hazırlanmıştır. Hazırlanan bu şekilde modelden bulunan sonuçların, gerçek ölçüm sonuçları ile örtüştüğü görülmektedir. OINK-1 kuyusunda ölçüm yapılan tüm tarihlere ait model sonuçları, Şekil 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. OINK-1 kuyusu için Eşitlik 4.4'e ait SPSS çıktıları

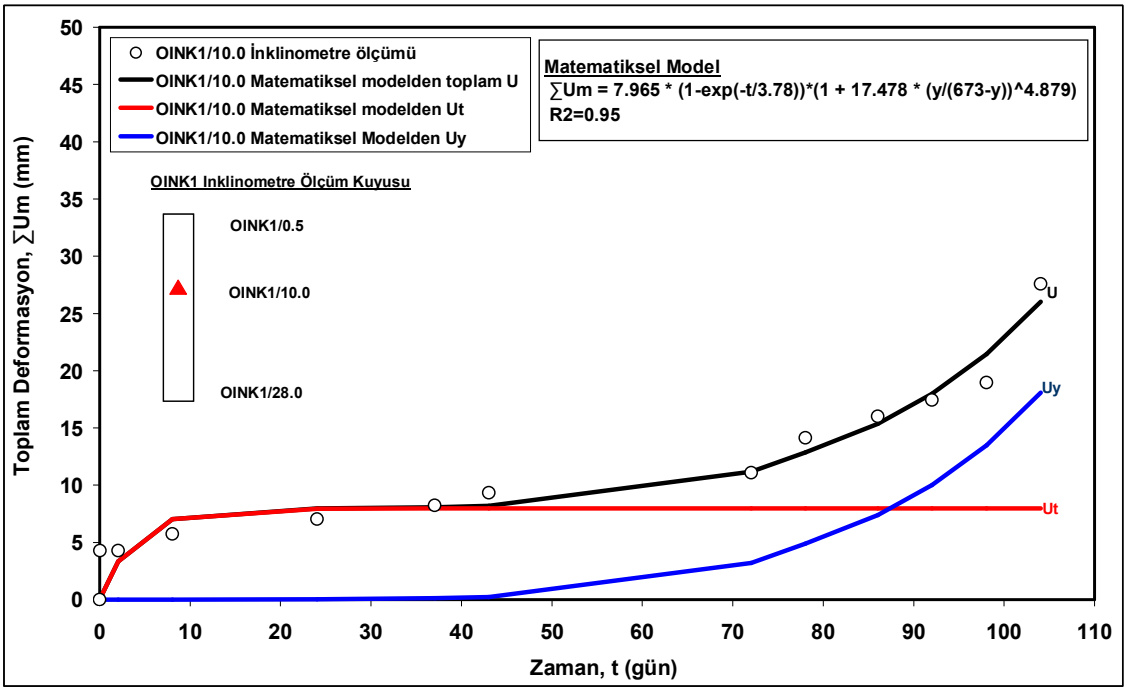
Derinlik(m)	Alt istasyon No	A	B	C	D	R^2
0.5	OINK1/0.5	10.068	2.224	13.013	3.814	0.951
1.0	OINK1/1.0	9.900	2.201	14.600	4.037	0.951
1.5	OINK1/1.5	9.770	2.211	16.568	4.265	0.952
2.0	OINK1/2.0	10.175	2.617	18.001	4.638	0.950
2.5	OINK1/2.5	9.923	2.647	18.371	4.720	0.948
3.0	OINK1/3.0	9.866	2.812	18.352	4.824	0.946
3.5	OINK1/3.5	9.798	3.023	18.017	4.900	0.943
4.0	OINK1/4.0	9.675	3.173	18.347	4.955	0.943
4.5	OINK1/4.5	9.612	3.395	18.749	5.066	0.942
5.0	OINK1/5.0	9.517	3.677	18.960	5.149	0.942
5.5	OINK1/5.5	9.366	4.087	18.987	5.204	0.941
6.0	OINK1/6.0	9.267	4.727	19.575	5.329	0.943
6.5	OINK1/6.5	9.147	4.889	19.658	5.294	0.946
7.0	OINK1/7.0	9.220	5.133	20.228	5.457	0.946
7.5	OINK1/7.5	8.945	4.841	20.551	5.462	0.946
8.0	OINK1/8.0	8.775	4.751	19.776	5.333	0.948
8.5	OINK1/8.5	8.633	4.484	17.907	5.108	0.947
9.0	OINK1/9.0	8.480	4.313	17.235	4.955	0.949
9.5	OINK1/9.5	8.201	3.989	16.747	4.833	0.95
10.0	OINK1/10.0	7.965	3.780	17.478	4.879	0.951
10.5	OINK1/10.5	7.790	3.882	18.318	5.03	0.95
11.0	OINK1/11.0	7.540	3.825	19.659	5.151	0.951
11.5	OINK1/11.5	7.234	3.583	21.239	5.408	0.947
12.0	OINK1/12.0	7.048	3.851	23.507	5.754	0.944
12.5	OINK1/12.5	6.299	3.138	30.069	6.348	0.935
13.0	OINK1/13.0	5.849	3.088	34.185	6.675	0.929
13.5	OINK1/13.5	5.415	3.175	45.354	7.463	0.917
14.0	OINK1/14.0	5.149	3.733	79.774	8.968	0.908
14.5	OINK1/14.5	5.242	4.643	82.222	9.163	0.908
15.0	OINK1/15.0	5.569	6.346	59.292	8.475	0.918
15.5	OINK1/15.5	5.245	5.847	95.453	9.668	0.915
16.0	OINK1/16.0	5.115	6.134	83.246	9.329	0.921
16.5	OINK1/16.5	4.865	5.278	56.476	8.263	0.922
17.0	OINK1/17.0	4.654	4.863	34.917	6.997	0.925
17.5	OINK1/17.5	4.464	4.331	31.224	6.669	0.925
18.0	OINK1/18.0	4.404	4.313	29.729	6.585	0.925
18.5	OINK1/18.5	4.194	3.799	22.979	5.782	0.932
19.0	OINK1/19.0	3.998	3.336	23.295	5.703	0.938
19.5	OINK1/19.5	4.011	3.795	21.405	5.46	0.943
20.0	OINK1/20.0	3.890	4.127	23.400	5.564	0.948
20.5	OINK1/20.5	3.704	3.532	23.423	5.468	0.949
21.0	OINK1/21.0	3.683	4.874	24.55	5.775	0.950
21.5	OINK1/21.5	3.695	6.045	24.707	5.903	0.952
22.0	OINK1/22.0	3.439	8.881	31.244	6.715	0.951
22.5	OINK1/22.5	3.359	12.558	38.505	7.61	0.948
23.0	OINK1/23.0	3.450	15.881	53.835	8.993	0.940
23.5	OINK1/23.5	3.235	18.983	236.796	13.04	0.935
24.0	OINK1/24.0	3.060	19.258	238.272	13.083	0.942
24.5	OINK1/24.5	2.980	19.842	204.507	12.700	0.953
25.0	OINK1/25.0	2.794	24.24	117.843	11.234	0.975
25.5	OINK1/25.5	2.534	35.185	94.075	10.676	0.984
26.0	OINK1/26.0	2.104	25.238	35.09	7.929	0.987
26.5	OINK1/26.5	1.797	33.145	25.979	7.003	0.990
27.0	OINK1/27.0	1.378	24.638	16.361	5.546	0.987
27.5	OINK1/27.5	1.101	22.197	13.042	4.951	0.990
28.0	OINK1/28.0	0.804	13.794	8.528	3.423	0.991



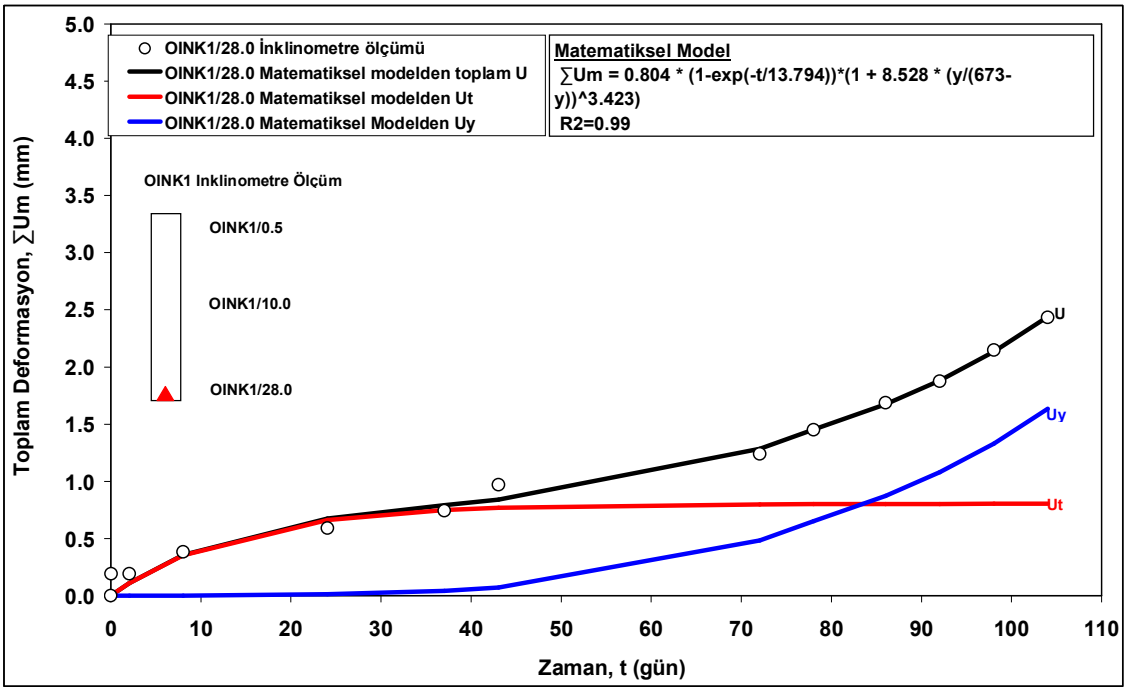
Şekil 4.15. OINK-1 Kuyusundaki alt istasyonlara ait modelden belirlenen zaman- toplam deformasyon davranışı



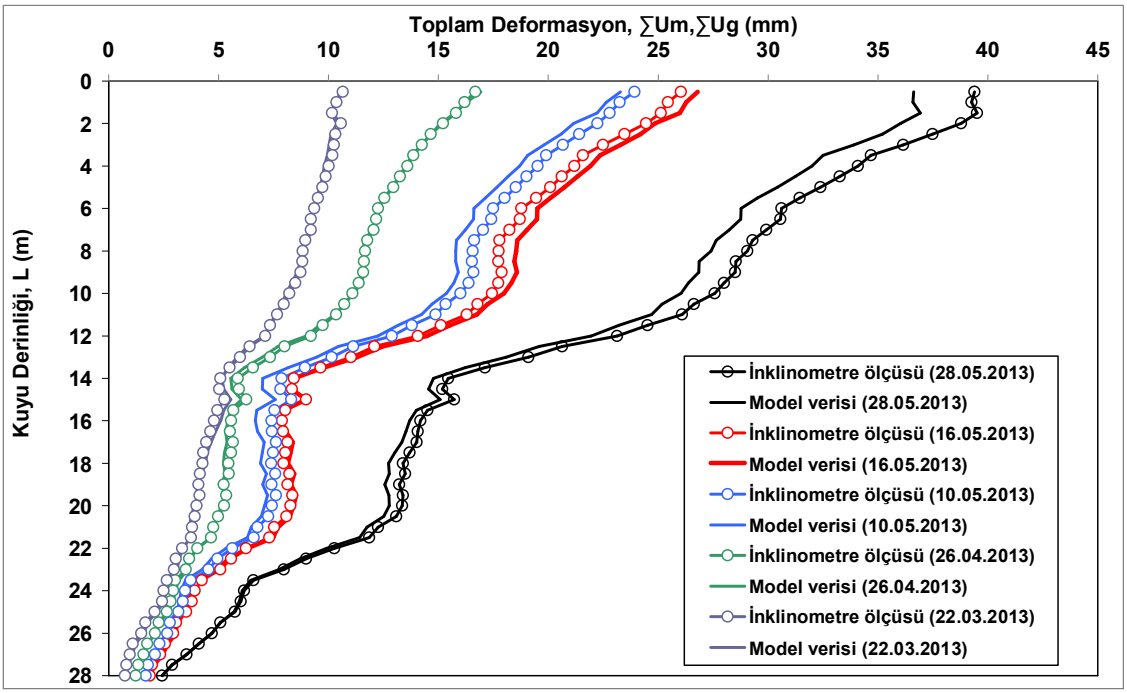
Şekil 4.16. OINK-1/0,5 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



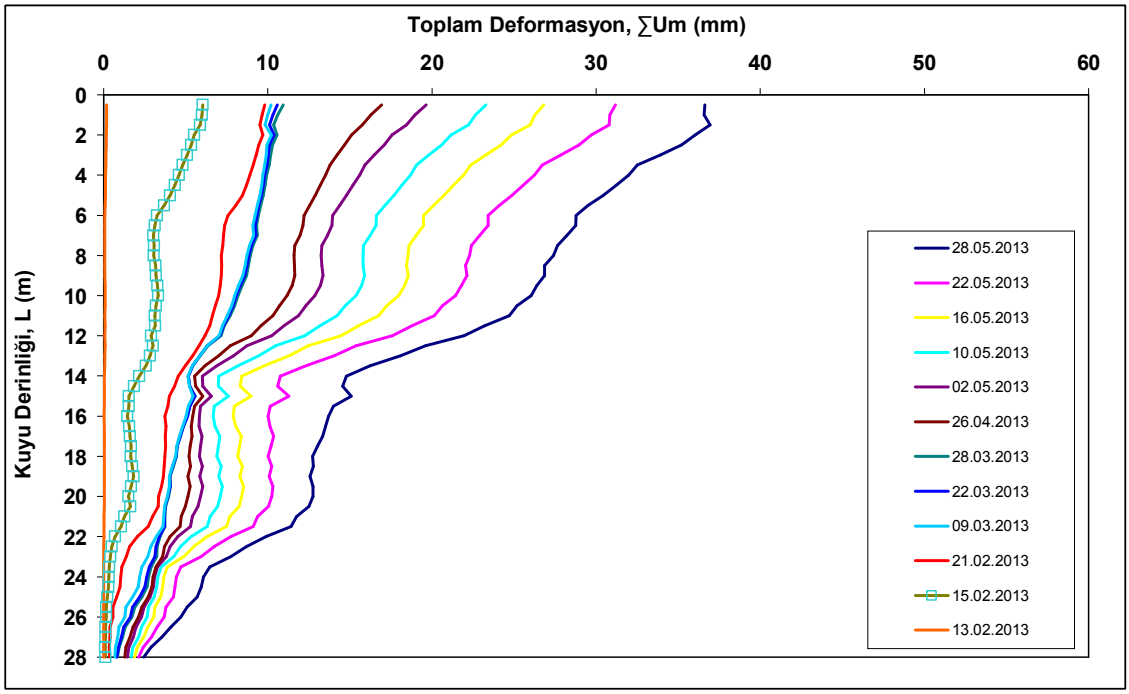
Şekil 4.17. OINK-1/10 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.18. OINK-1/28 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.19. OINK-1 kuyusunda Eşitlik 4.4'ün başarısı

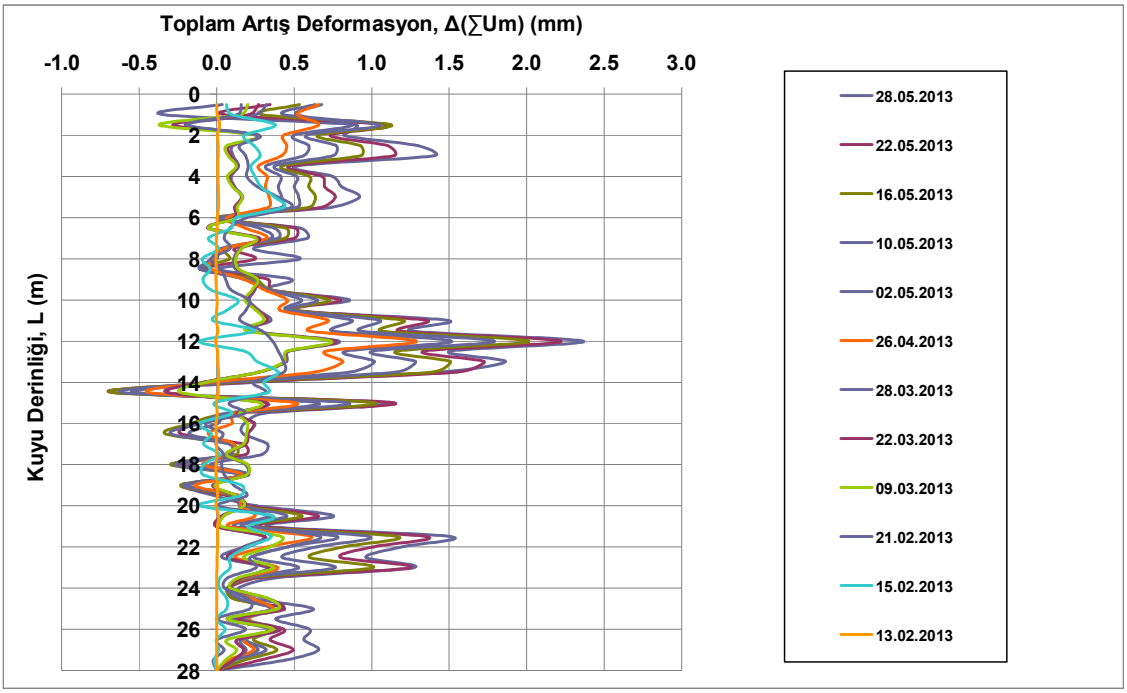


Şekil 4.20. OINK-1 kuyusunun matematiksel model (Eşitlik 4.4) yardımıyla belirlenen deformasyon davranışı

Matematiksel modele ait değerlendirmelerde, modele bağlı toplam deformasyon değerleri ($\sum U_m$) kullanılarak hazırlanan toplam artış deformasyon verileri ($\Delta\sum U_m$) türetilmiş ve Şekil 4.21'de verilmiştir. Hazırlanan bu grafik gerçek, ölçüm sonuçları ile Şekil 4.11 karşılaştırıldığında, her iki grafiksel sunumun birbirleri ile uyumlu olduğu

görülmektedir. Şekil 4.21'den kolaylıkla kuyunun 12. metresinde problem olduğu anlaşılmaktadır. Bu analizlere dayalı olarak her bir ölçüm kuyusundan belirlenen, olası kayma düzleminin geçeceği kritik derinlikler Çizelge 4.12 'de sunulmuştur.

Bölüm 4.3'de analizlerde kullanılacak veri tabanının hazırlanması konusunda, ICNLI-2 programı yardımıyla alınan grafiklerde (CED, CND ve CD) kullanılan verinin, hep ilgilenilen kuyu derinliğindeki noktanın, referans ölçüm tarihine göre olan konumsal yer değişimini belirttiği vurgulanmıştı. Tipik örnek olarak; verilen OINK-1 ölçüm kuyusunda, son ölçüm tarihine (28.05.2013) göre kuyunun 0.5. metresindeki nokta (OINK-1/0.5), toplamda 39.40 mm mesafe kat etmiştir ancak son ölçüm tarihinde (28.05.2013) bu nokta netice itibarı ile ilk referans tarihindeki (13.02.2013) bulunduğu noktadan 12.27 mm uzaklıktadır. Bu durum, kuyunun yeraltı suyu hareketi ile düzensiz bir deformasyona uğramasının sonucudur.



Şekil 4.21. OINK-1 kuyusuna ait toplam deformasyona bağlı artış deformasyon (ID) davranışı

Çizelge 4.12. Orhaneli sahasında tesis edilen inklinometre ölçüm kuyularından belirlenen olası kayma düzlemlerinin geçeceği derinlikler

Kuyu No	Sondaj Derinliği (m)	Ölçüm Kuyu Derinliği (m)	Kurulduğu Tarih ve Ölçüm Sayısı	x, y, z Koord.	Olası Büyük Kayma Derinliği (m)	Olası Büyük Kayma Noktasında Deformasyon (u) ve hız (v) (mm, mm/gün)	Def. Yönü
OINK-1	25	28	27.12.2012 14	4420398 402330 +572	12.00 +560.0	u=2.10 v=0.0269	GB
OINK-2	40	17.5	27.12.2012 15	4420637 402250 +537	6.00 +531.0	u=2.00 v=0.0200	KD
OINK-3	50	46.5	29.01.2013 14	4420820 402172 +530	41.00 +489	u=20.00 v=0.2500	KB
OINK-4	50	47	29.01.2013 13	4421047 402149 +504	31.00 +473.0	u=3.00 v=0.0380	KD
OINK-5	50	43.5	15.01.2013 13	4421309 402089 +507	39.00 +468.0	u=1.20 v=0.0152	GD
OINK-6	35	33.5	24.01.2013 6	4421480 401760 +445	31.5 +413.5	u=0.5 v=0.0172	KB
OINK-7	82	58.5	03.04.2013 6	4421279 401711 +427	51.00 +376.0	u=3.00 v=0.600	GB
OINK-8	80	63	21.02.2013 11	4421177 401674 +423	50.00 +373.0	u=18.00 v=0.3333	KB
OINK-9	70	29	21.02.2013 10	4421004 401579 +422	27.00 +395.0	u=1.75 v=0.0318	KD

Yeraltı suları, ocak içerisinde açığa çıkmaktadır. Ölçüm kuyularının, bulundukları bölgeden yeraltı sularının geçiş miktarlarına ve hızlarına bağlı olarak, takip edilen noktalarının bazen ocak içerisine doğru bazen de farklı yönde hareket ettikleri anlaşılmaktadır. Netice itibarı ile bu tez çalışmasında geliştirilen toplam deformasyon kavramı ile analizler gerçekleşmiştir. Ancak model sonuçları bize her bir ölçüm tarihine ait konumsal yer değişimini vermemektedir. Modelden ulaşılan sonuçların, konumsal yer değişimini ifade eden değerlere dönüştürülmesi için aşağıda sunulan çalışmalar yapılmıştır.

Analizlerde kullanılan tipik bir veri tabanı Çizelge 4.13'de sunulmuştur. Bu çizelgede, INCLI-2 çıktısı olan, mm birimindeki CD deformasyon değerleri, U_g ile ifade edilmiştir. Bu deformasyonların toplanması ile oluşan toplam deformasyon (mm) değerleri ise $\sum U_g$ olarak ifade edilmiştir. Çizelge 4.13'de verilen U_g değerlerinin $\sum U_g$ değerlerine oranlanması ile k değerleri bulunmuştur.

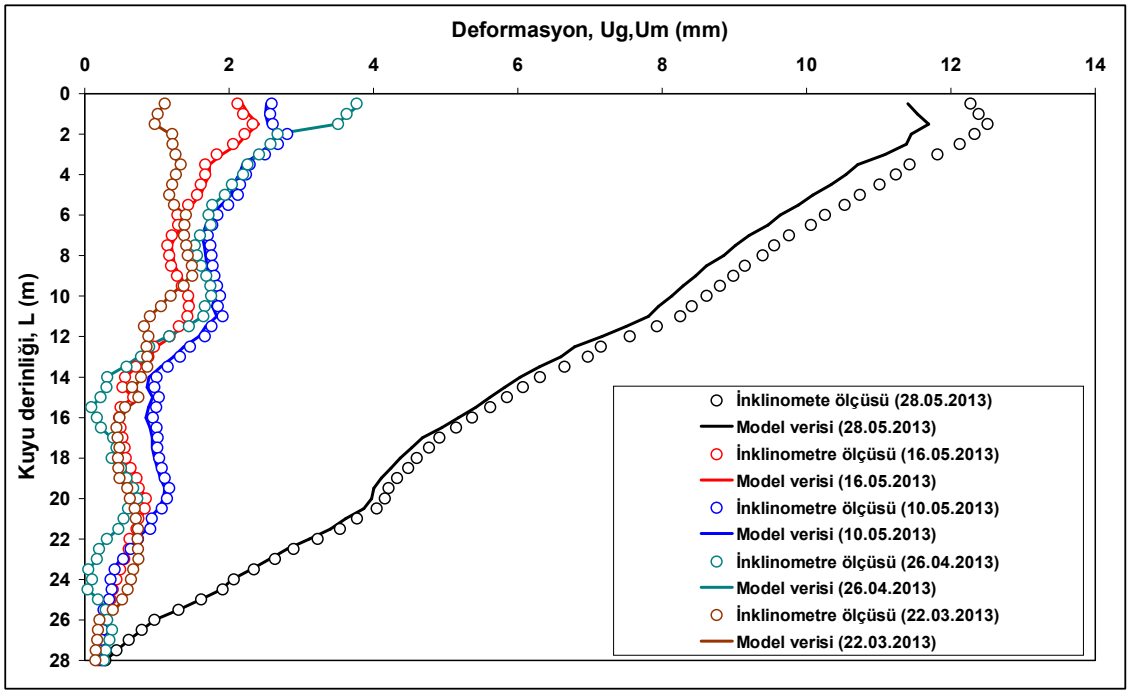
$$k = U_g / \sum U_g \quad (4.8)$$

Eşitlik 4.4 ‘de, kaya ortamlar için verilen modelden bulunan deformasyon değeri Çizelge 4.13’de $\sum U_m$ olarak verilmiştir. Modelden bulunan değerler ($\sum U_m$), analizlerde kullanılan $\sum U_g$ değerleri ile örtüşmektedir (Şekil 4.15-4.20 ile Şekil 4.7-4.9). Eşitlik 4.8’de ifade edilen k değerleri, Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere $\sum U_m$ değerleri çarpılarak bulunan deformasyon değerleri (mm), U_m ile ifade edilmiştir. Aslında belirlenen bu U_m değerleri ile U_g değerleri birbirleri ile uyumludur.

Çizelge 4.13. OINK-1/0.5 alt istasyonu için modelden bulunan toplam deformasyon değerlerinin ($\sum U_m$) konumsal saha yerdeğişim değerlerine (U_m) dönüştürülmesi

Ölçüm Tarihi	İstatistiksel Analizde Kullanılan Veri				Modelden Bulunan $\sum U_m$ (mm)	Düzeltme Katsayısı, k	Düzeltilmiş Model Verisi U_m (mm)
	Top.Zaman t, (gün)	Top.Yağış y, (mm)	Deformasyon, U_g (mm)	Top. Deformasyon, $\sum U_g$ (mm)			
13.02.2013	0.00	33.57	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
13.02.2013	0.04	33.57	6.21	6.21	0.18	1.00	0.18
15.02.2013	2.04	38.73	0.00	6.21	6.05	0.00	0.00
21.02.2013	8.04	54.22	1.89	8.10	9.81	0.23	2.29
09.03.2013	24.04	94.78	1.45	9.55	10.20	0.15	1.54
22.03.2013	37.04	127.25	1.11	10.65	10.58	0.10	1.10
28.03.2013	43.04	142.24	2.27	12.92	10.93	0.18	1.92
26.04.2013	72.04	212.55	3.77	16.69	16.94	0.23	3.82
02.05.2013	78.04	225.42	4.65	21.33	19.64	0.22	4.28
10.05.2013	86.04	238.24	2.59	23.92	23.28	0.11	2.52
16.05.2013	92.04	247.86	2.12	26.04	26.80	0.08	2.18
22.05.2013	98.04	257.48	1.09	27.13	31.18	0.04	1.25
28.05.2013	104.04	267.10	12.27	39.40	36.62	0.31	11.40

Tipik bir örnek olarak verilen Çizelge 4.13’deki model verisine ait düzeltme çalışmaları, sahada kurulan 9 ölçüm kuyusundaki tüm alt istasyonlarda yapılmıştır. Düzeltilmiş model verisi kullanılarak kuyu derinliğine bağlı deformasyon davranışlarını gösteren grafikler hazırlanmıştır. OINK-1 kuyusuna ait hazırlanan grafik, tipik bir örnek olarak Şekil 4.22’de sunulmuştur.



Şekil 4.22. OINK-1 kuyusuna ait saha ölçümü ve düzeltilmiş model verileri ile hazırlanan yer değişimi davranışı

Matematiksel model (Eşitlik 4.4) yardımıyla bulunan model sonuçlarının, k katsayıları (Çizelge 4.13) ile düzeltilmesiyle bulunan sonuçların (U_m) gösterildiği Şekil 4.22 grafiği, Bölüm 4.3'de verilen Şekil 4.8 ile karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu oldukları gözlenmektedir.

Bu bölüm içerisinde (Bölüm 4.5) geliştirilen matematiksel modelin (Eşitlik 4.4), kaya ortamlarına örnek Orhaneli kömür sahasındaki geçerliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen analizler yardımıyla, modelin başarılı olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda matematiksel analiz yöntemi, bu tezde ortaya konmuştur. Örneğin; inklinometre ölçümleri yapan bir saha mühendisinin takip etmesi gereken aşamalar aşağıda verilmiştir.

1. Ölçüm kuyusu içerisindeki alt istasyonlara ait ölçüm tarihlerindeki konumsal yerdeğişimi ifade eden deformasyon değerleri (U_g) belirlenir.
2. Her bir alt istasyon için belirlenen Ug değerleri, ölçüm tarihleri dikkate alınarak toplanır ve kat edilen mesafeyi gösteren toplam deformasyon ($\sum U_g$) değerleri belirlenir.
3. Toplam deformasyon değerleri ($\sum U_g$), kuyu derinliği bazında sıralandıktan sonra, 0.5 m aralıklarda konumlanan alt istasyon noktalarındaki deformasyon

değerleri ($\sum U_g$) birbirlerinden çıkarılır. Bu işlem için, üst derinlik noktasından bir alt derinlik noktasına ait değer çıkarılır ve böylece her bir derinlik için ΔU_g değerleri belirlenir.

4. Kuyu ekseni boyunca, derinlik bazında sıralanan ΔU_g değerleri yardımıyla çizilen grafik, olası kayma düzleminin geçeceği derinliği belirlemektedir. Diğer ölçüm kuyularında belirlenen bu noktalar yardımıyla saha mühendisi, şev kayma bölgesini hem topografik alan (m^2) bazında hem de derinlik (m) bazında tanımlayarak, problem yaratacak olan kaya kütlesinin hacim büyüklüğünü (m^3) belirlemiş olacaktır.
5. Eğer saha mühendisi arzu ederse, kaya ortam için Eşitlik 4.4'ü kullanarak, sahasına ait son istatistiksel sabitleri belirleyebilir. Bu sabitler yardımıyla ölçüm yapılmayan tarihlerdeki inklinometre değerlerini tahmin edebilecektir.

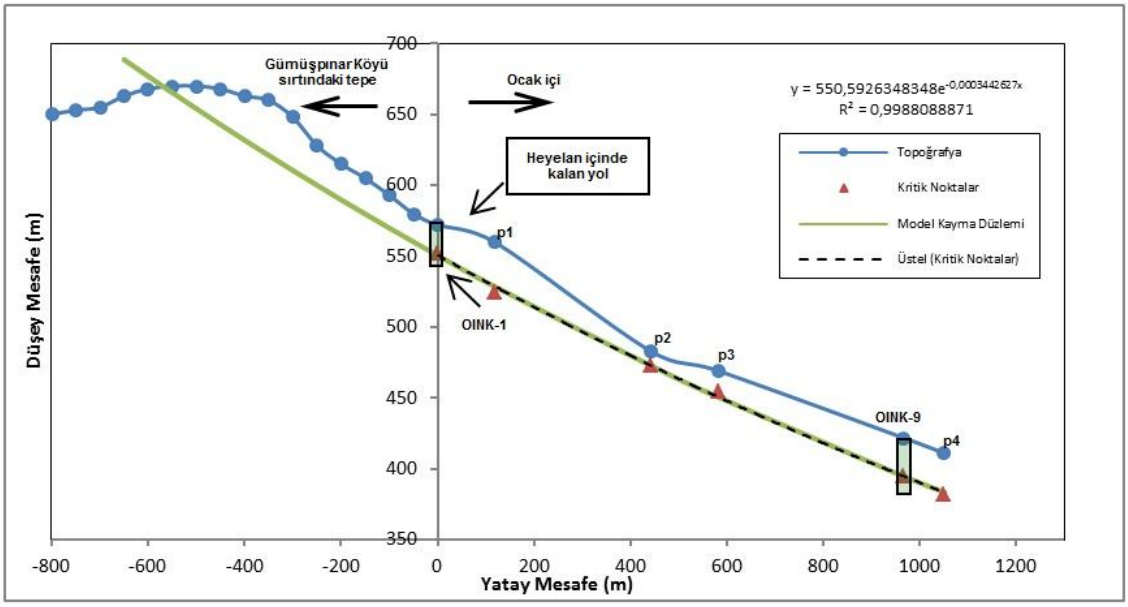
Yukarıda belirtilen aşamalardan, 1., 2. ve 3. aşamaya ait detaylar daha önce verilmişti. Son iki aşamaya ait değerlendirmeler, Orhaneli sahası için takip edilen bölümde sunulmuştur.

Orhaneli sahasında, oluşmasından endişe duyulan şev kayması riskini analiz etmek amacıyla, sahada kurulan 9 adet inklinometre kuyusundan tespit edilen olası kayma düzlemlerinin geçtiği kritik noktalar Çizelge 4.12'de sunulmuştu. Bölüm 3'de, inklinometre ölçüm kuyularının yerlerini gösteren, sahaya ait plan görünüş (Şekil 3.12) dikkate alınarak, inklinometre kuyuları birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. İki boyutlu analiz için gerekli olan bu kuyuların ikili eşleştirilmesi Çizelge 4.14'de sunulmuştur.

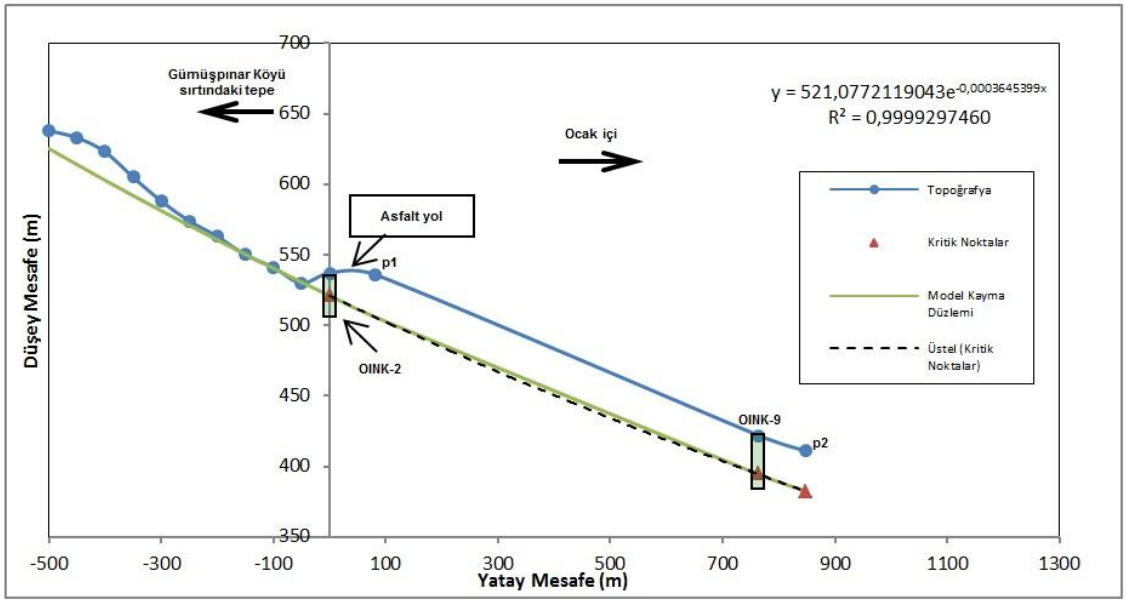
Çizelge 4.14. Orhaneli sahası için olası kayma hatları

Olası Kayma Hattı	İlgili İnklinometre Kuyu isimleri ve konumları	
	Üst Şev	Ocak İçi
1	OINK-1	OINK-9
2	OINK-2	OINK-9
3	OINK-3	OINK-8
4	OINK-4	OINK-8
5	OINK-4	OINK-7
6	OINK-5	OINK-6
7	OINK-5	OINK-7

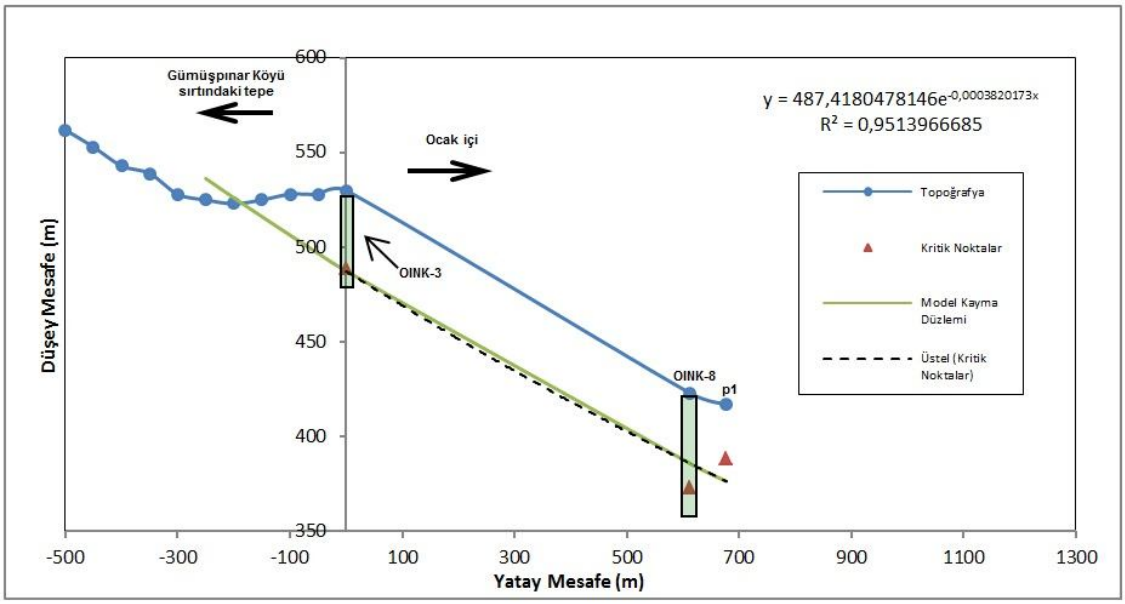
Çizelge 4.14, Çizelge 4.12 ve yer direnci ölçümleri dikkate alınarak, her bir olası kayma hattında oluşacak dairesel kayma yüzeyleri belirlenmiştir. Hazırlanan bu grafikler sırasıyla Şekil 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28 ve 4.29'da sunulmuştur. Belirtilen iki boyutlu analizler sonucunda ilgili grafiklerden (Şekil 4.23-4.29), dairesel kayma yüzeylerinin topografyayı kestiği koordinat noktaları belirlenmiştir. Daha sonra Şekil 4.30'da sunulan plan görünüşte, Orhaneli Gümüşpınar açık ocak linyit sahasında beklenen kayma bölgesi, alansal olarak gösterilmiştir. Ancak Şekil 4.30'da gösterilen kayma alanı bir defada oluşmayacaktır. Sahada etkin parametrelere (mevsimsel değişimler, yağış miktarları, delme-patlatma çalışmaları, kazı çalışmaları, ocak geometrisindeki dinamik değişimler) bağlı olarak, kayma bölgesi kendi içerisinde parça parça alt alanlarda oluşacak ancak kayma işleminin tamamlanması sonucunda Şekil 4.30'da sarı renk çizgi ile ifade edilen alanın tamamının kaymış olacağı tahmin edilmektedir.



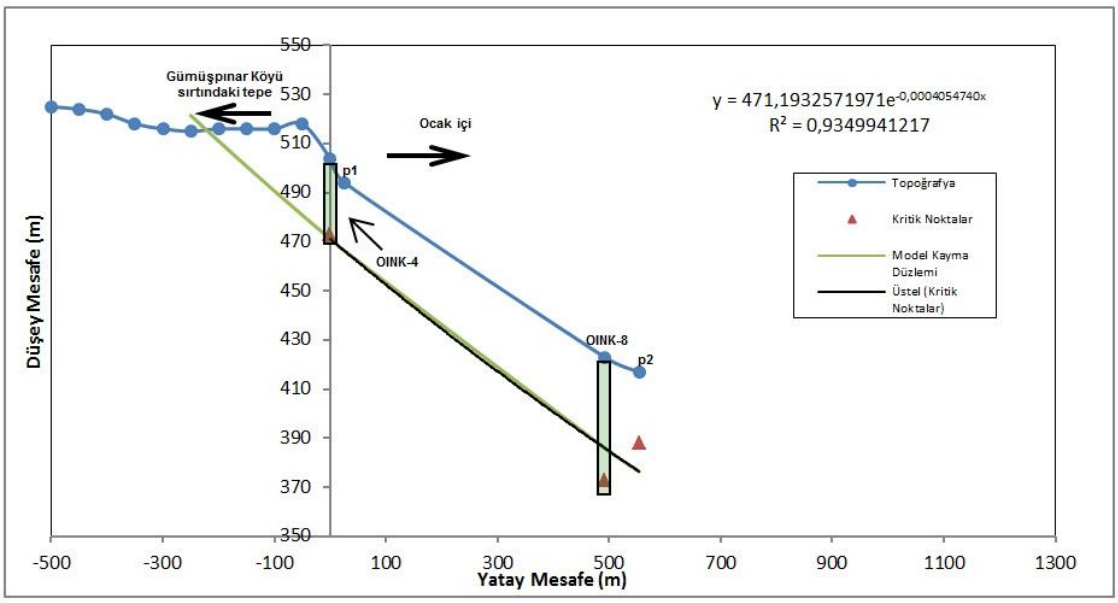
Şekil 4.23. Olası kayma düzlemi-1'e ait iki boyutlu analiz sonucu



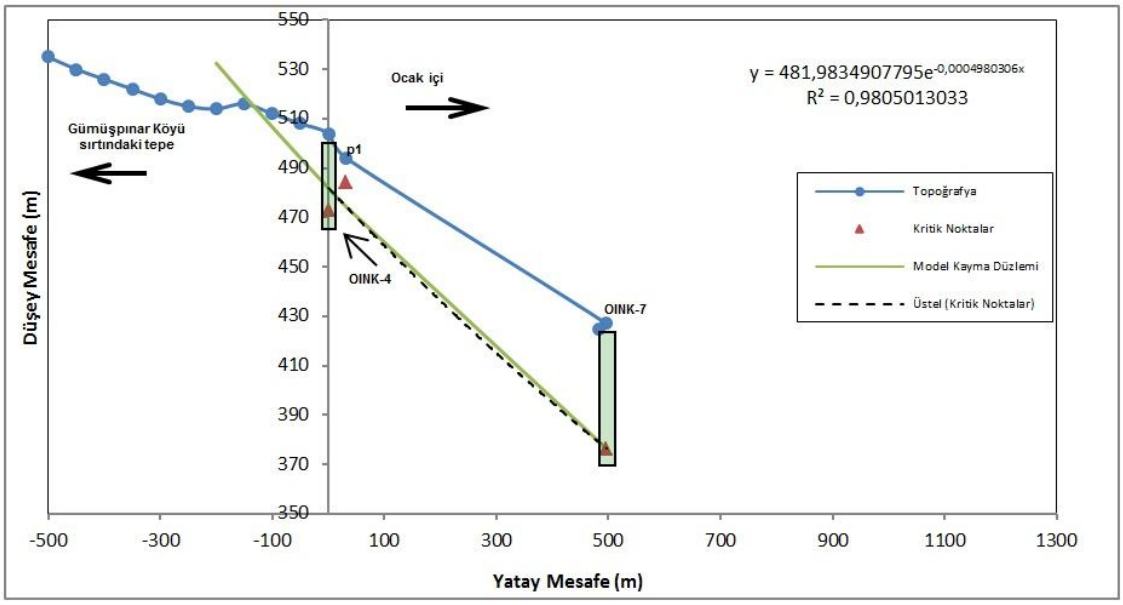
Şekil 4.24. Olası kayma düzlemi-2'ye ait iki boyutlu analiz sonucu



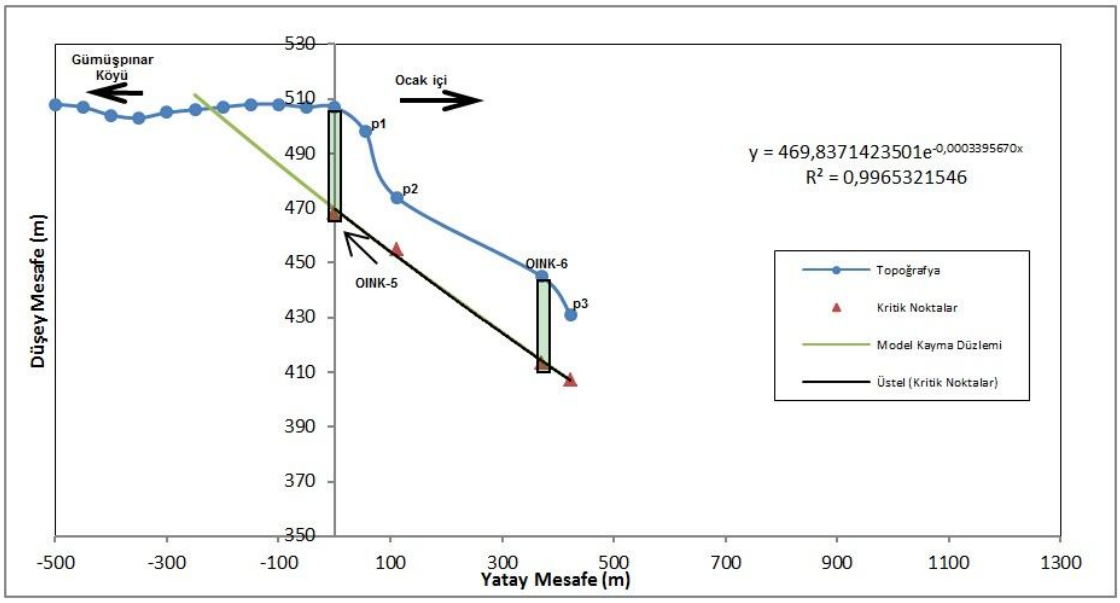
Şekil 4.25. Olası kayma düzlemi-3'e ait iki boyutlu analiz sonucu



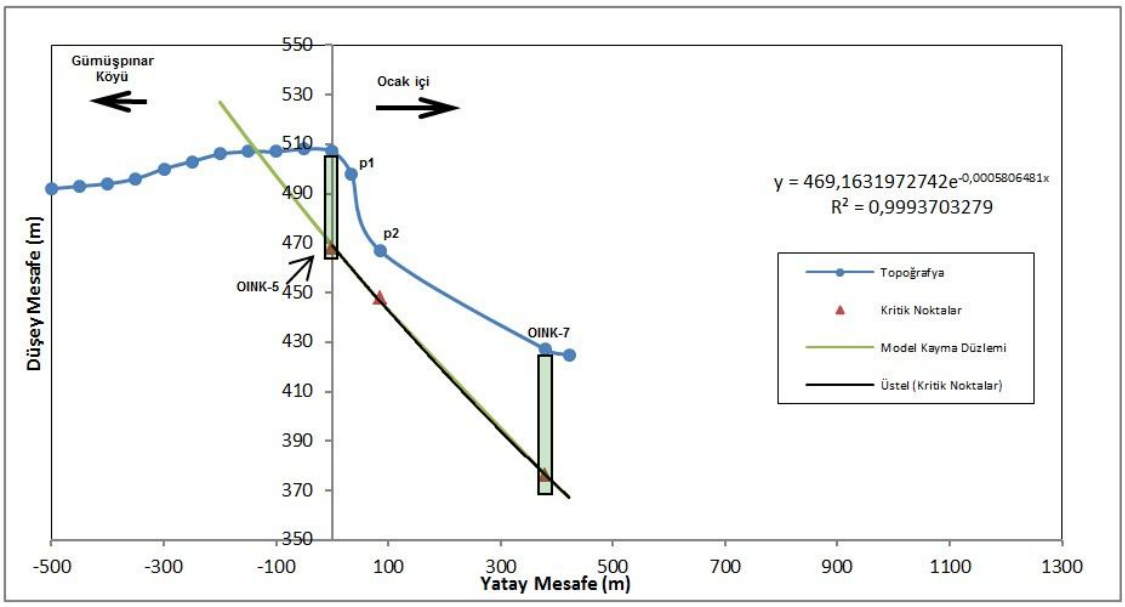
Şekil 4.26. Olası kayma düzlemi-4'e ait iki boyutlu analiz sonucu



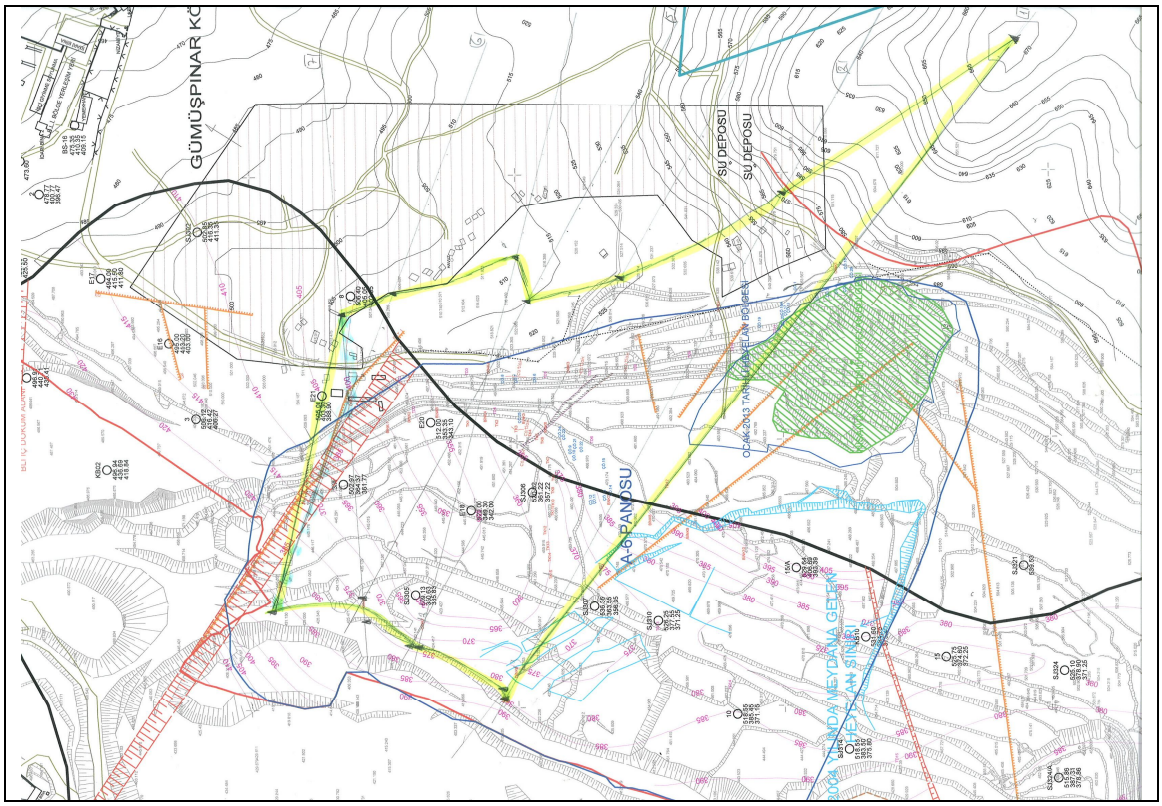
Şekil 4.27. Olası kayma düzlemi-5'e ait iki boyutlu analiz sonucu



Şekil 4.28. Olası kayma düzlemi-6'ya ait iki boyutlu analiz sonucu



Şekil 4.29. Olası kayma düzlemi-7'ye ait iki boyutlu analiz sonucu

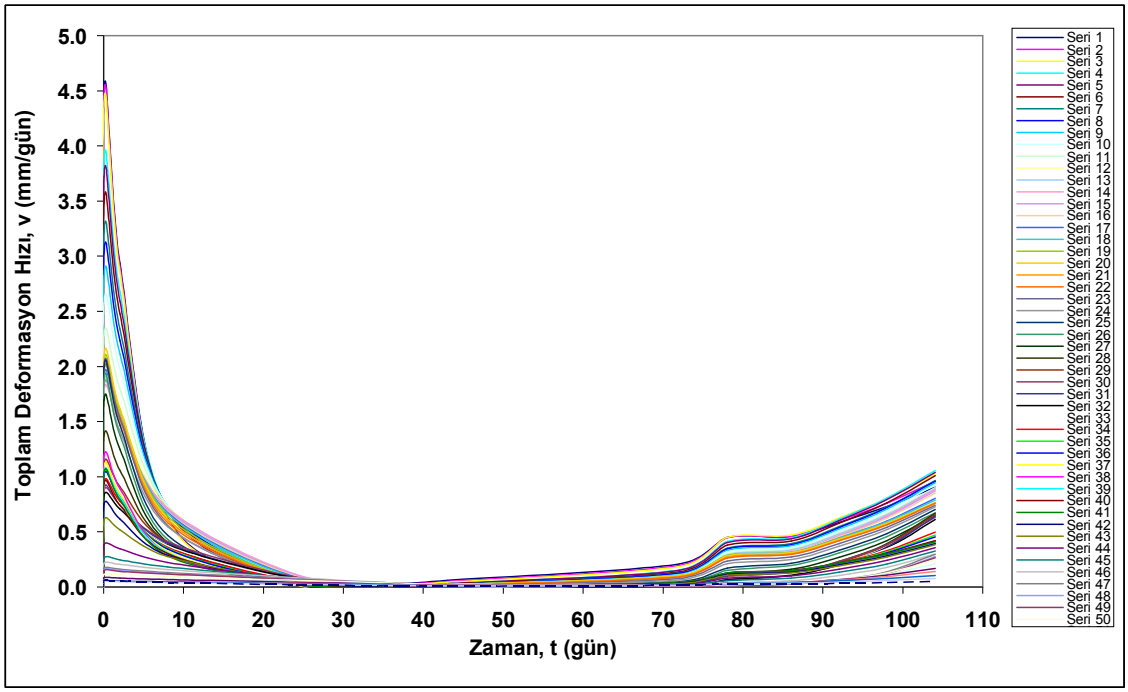


Şekil 4.30. Orhaneli Gümüşpınar linyit açık ocağında tahmin edilen şev kayma alanı

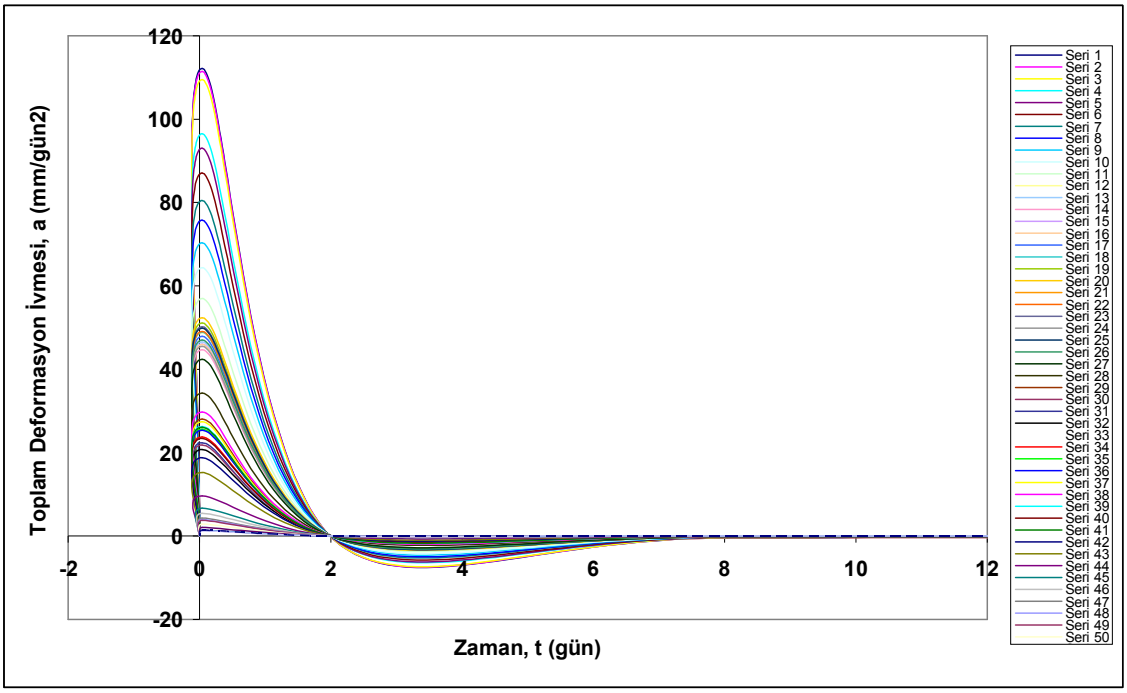
Bu tez kapsamında geliştirilen matematiksel analiz yöntemi ile kaya ortamın geçerli olduğu Orhaneli linyit ocağında, olası şev kaymasına ait alansal ve hacimsel büyüklükler belirlenmiştir (Şekil 4.23-4.30). Ancak beklenen bu duraysızlığın ne zaman gerçekleşeceği sorusunun cevabı için hız ve ivmesel değişimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için modelden bulunan değerler üzerinde yapılan analizlerde, ilgilenilen noktanın konumsal yerdeğişimleri yerine (U_m), yine ölçüm sürecinde almış olduğu toplam mesafe değerlerinin ($\sum U_m$), kullanılması gerekmektedir. Belirtilen durum dikkate alınarak, model sonuçları yardımıyla hız ve ivme grafikleri hazırlanmıştır. OINK-1 kuyusundaki her bir alt istasyona ait hız davranışları Şekil 4.31'de sunulmuştur. Bütün alt istasyonlara ait ivmesel değişimler ise Şekil 4.32'de görülmektedir. Şekil 4.31 ve 4.32'nin daha iyi anlaşılabilmesi için OINK-1 kuyusundan, belirlenen olası kayma düzleminin geçeceği en kritik nokta (Şekil 4.21, Çizelge 4.12) olan OINK-1/12.0 alt istasyonuna ait hız ve ivme davranışları Şekil 4.33 ve 4.34'de verilmiştir.

Şekil 4.33'de ifade edilen hız davranışından, hareket eden bloğun, 37. günde şevin altındaki bloklar tarafından dengelendiği, ancak daha sonra deformasyon hızının tekrar arttığı ve aynı anda ivmenin sıfır olduğu görülmektedir (Şekil 4.34). İvmesel

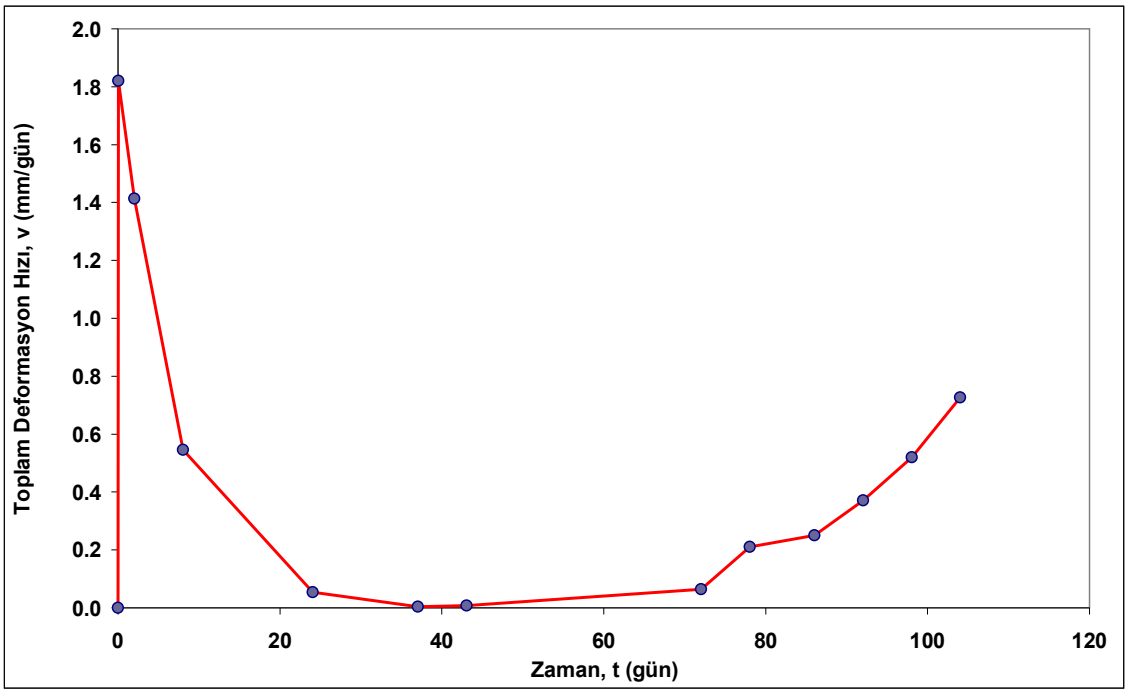
değerler, 72. gün (26.04.2013) tekrar artmaya başlamaktadır. Bahsedilen bu zaman, ocakta delme – patlatma çalışmalarının başladığı döneme karşılık gelmektedir. Daha önce yaşanan şev duraysızlıklarında genel olarak hız değerlerinin, 1mm/gün değerinin üzerine çıkılınca oluştuğu, literatür bilgilerden bilinmektedir. Tipik olarak verilen OINK-1/12 alt istasyonuna ait hız değeri, henüz 0.8 mm/gün seviyesindedir. Diğer kuyulara ait sonuçlar ise Çizelge 4.12'de görülmektedir. Bu koşullar altında, yakın gelecekte önlem alınmaz ise sahada önemli şev duraysızlıklarının yaşanması kaçınılmaz görünmektedir.



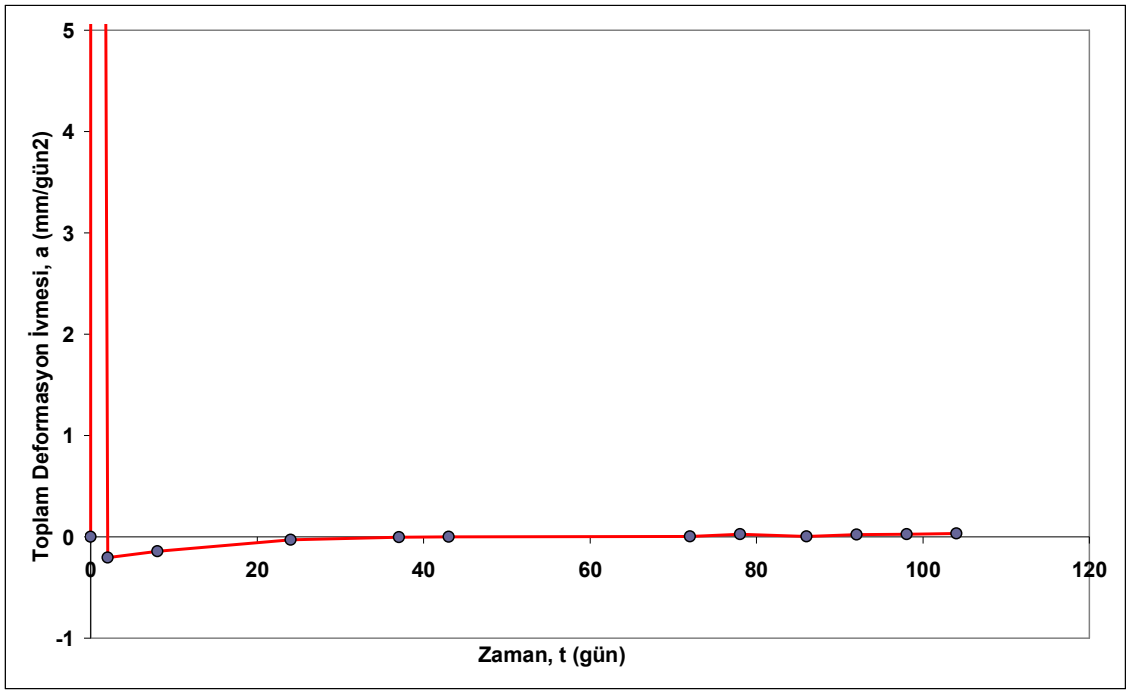
Şekil 4.31. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan hız-zaman davranışı



Şekil 4.32. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan ivme-zaman davranışı

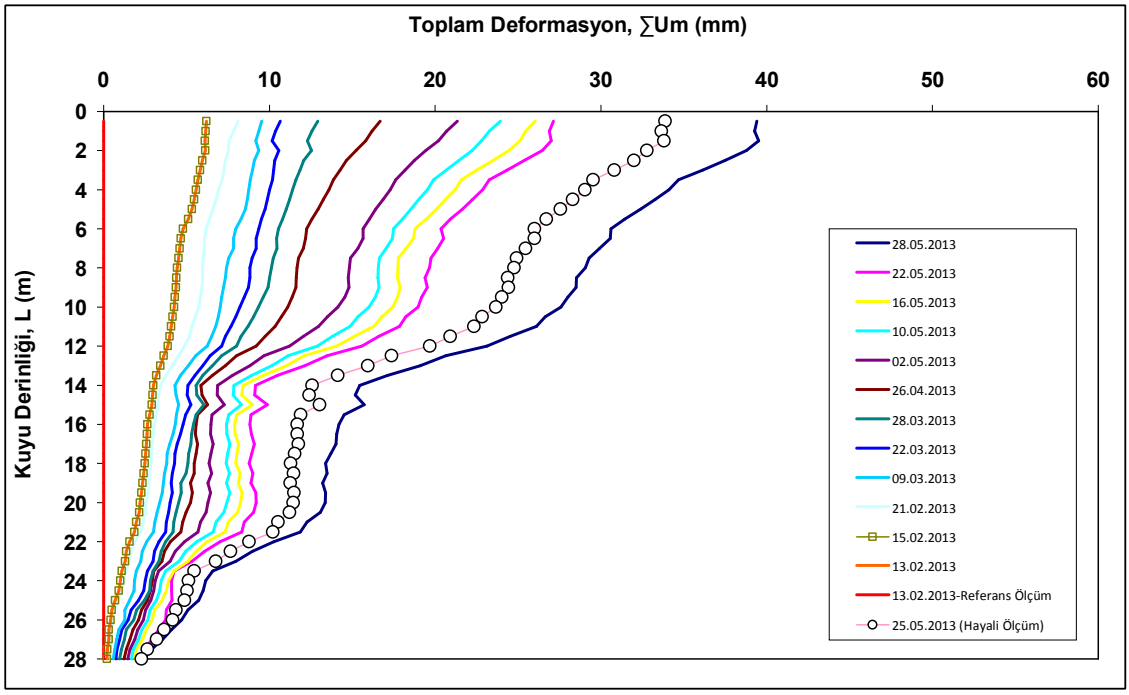


Şekil 4.33. OINK-/12.0 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan hız-zaman davranışı

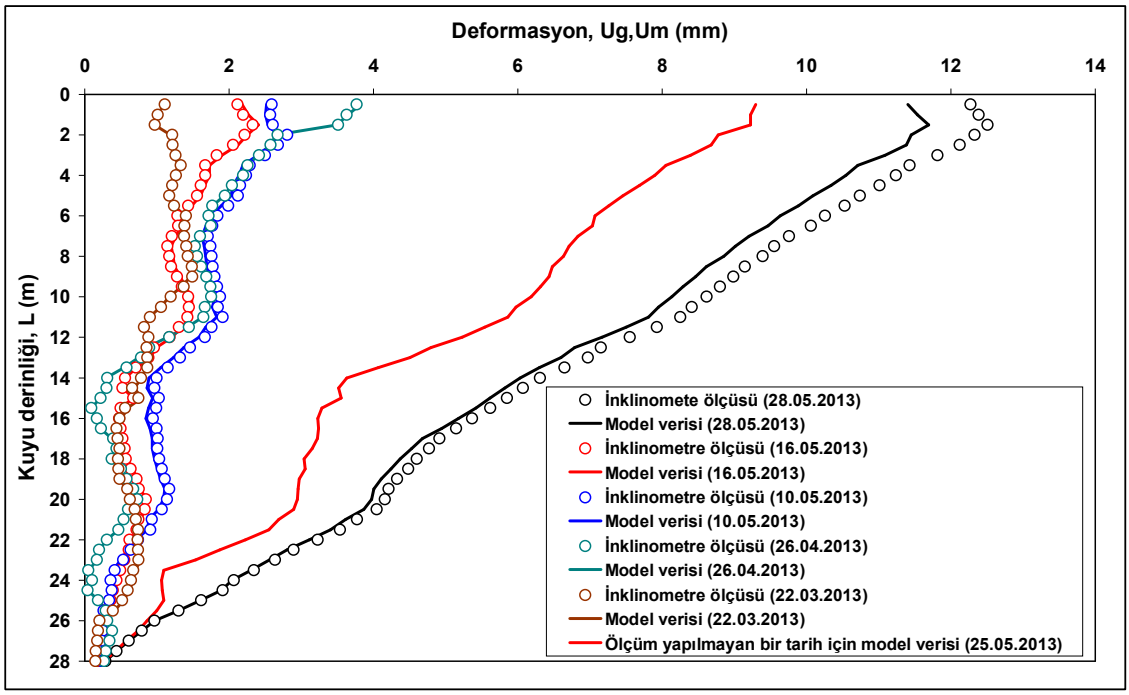


Şekil 4.34. OINK-/12.0 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan ivme-zaman davranışı

Yukarıda verilen tüm analiz sonuçlarına göre, geliştirilen modelin (Eşitlik 4.4) başarılı olduğu anlaşılmıştır. Ancak ölçüm yapılmayan bir tarihte model, gerçekçi sonuçlar üretebilecek mi sorusuna cevap aranmıştır. Bunun için rastgele seçilen bir tarihte, modelden bulunacak inklinometre verilerinin gerçek ölçüm tarihine göre, grafikte nasıl yer alacağı önemlidir. Bu kontrol için gerçek ölçümlerin yapıldığı 22.05.2013 ve 28.05.2013 tarihleri arasında kalan, 25.05.2013 tarihi seçilmiştir. Rastgele seçilen bu tarih için analizde kullanılacak zaman (t) 101. gün ve toplam yağış miktarı 262 mm'dir Girdi değerleri ve belirlenen istatiksel katsayılar (Çizelge 4.11) modelde yerlerine konularak, toplam deformasyon ($\sum U_m$) değerleri bulunmuş ve Şekil 4.35 hazırlanmıştır. Ayrıca toplam deformasyon değerleri ($\sum U_m$), k (düzeltme katsayısı) ile düzeltilmiş, bulunan U_m değerleri kullanılarak Şekil 4.36 hazırlanmıştır. Her iki şekilde de ölçüm yapılmamıştır ancak model yardımı ile tahmin edilen $\sum U_m$ ve U_m değerlerinin, kendisinden bir önceki (22.05.2013) ve bir sonraki (28.05.2013) tarihlerdeki ölçüm sonuçlarının arasında çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.35. OINK-1 kuyusundaki gerçek ölçümler ve 25.05.2013 tarihindeki model verisinden belirlenen toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı



Şekil 4.36. OINK-1 kuyusundaki gerçek ölçümler ve 25.05.2013 tarihindeki model verisinden düzeltilerek belirlenen yerdeğişim (U_m) davranışı

4.5. Çumra Tarım Havzasında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, ön analiz çalışmalarının gerçekleştirildiği Abditolu (ABT) kuyusundaki sonuçlara göre önerilen yeni eşitlik aşağıda sunulmuştur (Eşitlik 4.9). Çumra sahası (toprak ortam) için önerilen eşitliğin, Orhaneli sahası için önerilen eşitlikten (Eşitlik 4.4) küçük bir farkı bulunmaktadır. Eşitlik 4.4'de 673-y ifadesi yerine Çumra havzası için önerilen aşağıdaki eşitlikte 670-y ifadesi gelmektedir. Eşitlik 4.9'da kullanılan 670 rakamı aslında Çumra havzasına iki yıl boyunca düşen yağmur miktarına karşılık gelmektedir (Çizelge 4.15). Bir başka ifade ile havzaya 2 yılda 670 mm miktarında yağmur düşmektedir.

Çizelge 4.15. Çumra havzasına düşen yağış miktarı

Sıra	Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2000	75	43,9	24,6	31,8	114,8	34,5	0	1,9	1,8	33,7	1	28,1
2	2001	1,4	17,9	12,4	30,8	100,6	0	10,9	9,5	3	9,1	80,4	99,3
3	2002	29,8	12,1	22,3	91	22,8	13,2	27,1	16,4	56,9	14,7	22,1	57,7
4	2003	18,8	74,8	58,9	105	14,8	6,7	0	0	13,9	14,7	21,6	57,2
5	2004	51,7	33,9	9,6	38,4	12,2	14,4	12,8	0	0	1,6	72,3	5,5
6	2005	28,1	16,3	8,5	29,9	24,4	28,7	0,9	3,1	27,6	24,4	64,1	12,1
7	2006	32	16,8	19	25,8	28,5	15,2	6,2	13,4	24,6	36,7	24,3	0,2
8	2007	32,7	37,2	25,1	11,2	3,6	37,5	0	0,1	16,6	8,3	81,6	60,4
9	2008	22,5	23,9	40,3	9,1	23,3	8,2	0	0	42,7	21,2	25,2	48,8
10	2009	77,4	39,5	24,2	28,6	33,7	7,4	14,6	0	17,4	24,9	52	59,3
11	2010	43,6	33,3	12,1	67,4	12,4	47,9	0	0	1,6	62,6	4,2	106,8
12	2011	52,9	40,1	44,2	48	52,5	39,5		1	3,8	32,1	29,2	24,9
13	2012	37,1											
14	2013												
	Ort.(mm)	**38,69**	**32,48**	**25,10**	**43,08**	**36,97**	**21,10**	**6,04**	**3,78**	**17,49**	**23,67**	**39,83**	**46,69**
	Ort.(mm/gün)	1,248	1,160	0,810	1,436	1,192	0,703	0,195	0,122	0,583	0,763	1,328	1,506

$$U_m = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(670-y))^D] \quad (4.9)$$

Eşitlik 4.9'da A,B,C,D katsayıları istatistiksel sabitler olup, t zaman (gün) ve y toplam yağış miktarıdır(mm). U_m ise noktanın kat ettiği toplam mesafeyi tanımlayan, toplam deformasyon toplam deformasyondur (mm). Orhaneli için önerilen eşitlikte olduğu gibi eşitlik aslında iki temel parçadan oluşmaktadır.

$$U_{mt} = A\,[1-e^{(-t/B)}] \quad (4.10)$$

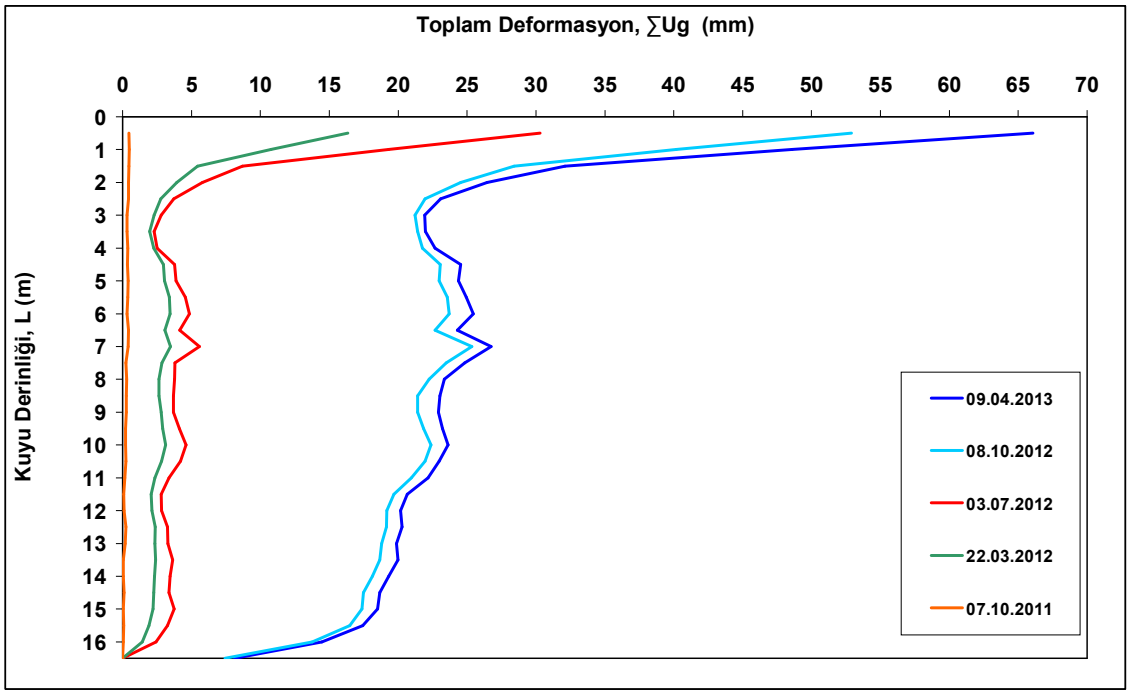
$$U_{my} = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[C(y/(670-y))^D] \quad (4.11)$$

Eşitlik 4.10 zamana (gün) bağlı olup, Eşitlik 4.11 ise toplam yağış miktarına (mm) bağlıdır. Eşitlik 4.12'de görüldüğü üzere her iki eşitlikten bulunan değerlerin toplamı, aranan toplam deformasyon değerini vermektedir.

$$U_m = U_{mt} + U_{my} \tag{4.12}$$

Bu bölümde modelin Çumra havzasına ait ölçüm kuyularından tipik bir örnek olarak Abditolu kuyusundaki analiz sonuçları verilecektir. Diğer 10 kuyuya ait sonuçlar tezin ekler bölümünde sırasıyla sunulmuştur.

INCLI-2 yazılım programı aracılığı ile alınan text verileri yardımıyla hazırlanan Şekil 4.37'de gösterilen, kat edilen mesafeyi tanımlayan toplam deformasyon değerleri ile hazırlanan veri tabanı kullanılarak Eşitlik 4.9'da belirtilen model SPSS V16 programında test edilmiştir. Kullanılan veri tabanına tipik bir örnek Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu çizelgede aynı zamanda modelden elde edilen veriler de görülmektedir. Abditolu kuyusuna ait istatistiksel sonuçlar topluca Çizelge 4.17'de sunulmuştur.



Şekil 4.37. Abditolu kuyusuna ait zamana bağlı toplam deformasyon davranışı

Çizelge 4.16. Abditolu kuyusunda konumlanan ABT/0.5 alt istasyonuna ait gerçek ve model verileri

Ölçüm tarihi	Zaman aralığı (gün)	Toplam Zaman, t (gün)	Toplam yağış, y (mm)	Deformasyon, U_g (mm)	Toplam Deformasyon, $\sum U_g$ (mm)	Modelden Toplam Deformasyon, $\sum U_m$ (mm)
07.10.2011	0	0	7,63	0,00	0,00	0,00
07.10.2011	0,04	0,04	7,63	0,45	0,45	0,46
22.03.2012	162,96	163	199,17	15,90	16,35	25,39
03.07.2012	103	266	308,165	13,96	30,31	35,39
08.10.2012	97	363	340,884	22,60	52,91	38,83
09.04.2013	183	546	522,664	13,41	66,31	69,66

Çizelge 4.17. Abditolu kuyusu için Eşitlik 4.8'e ait SPSS çıktıları

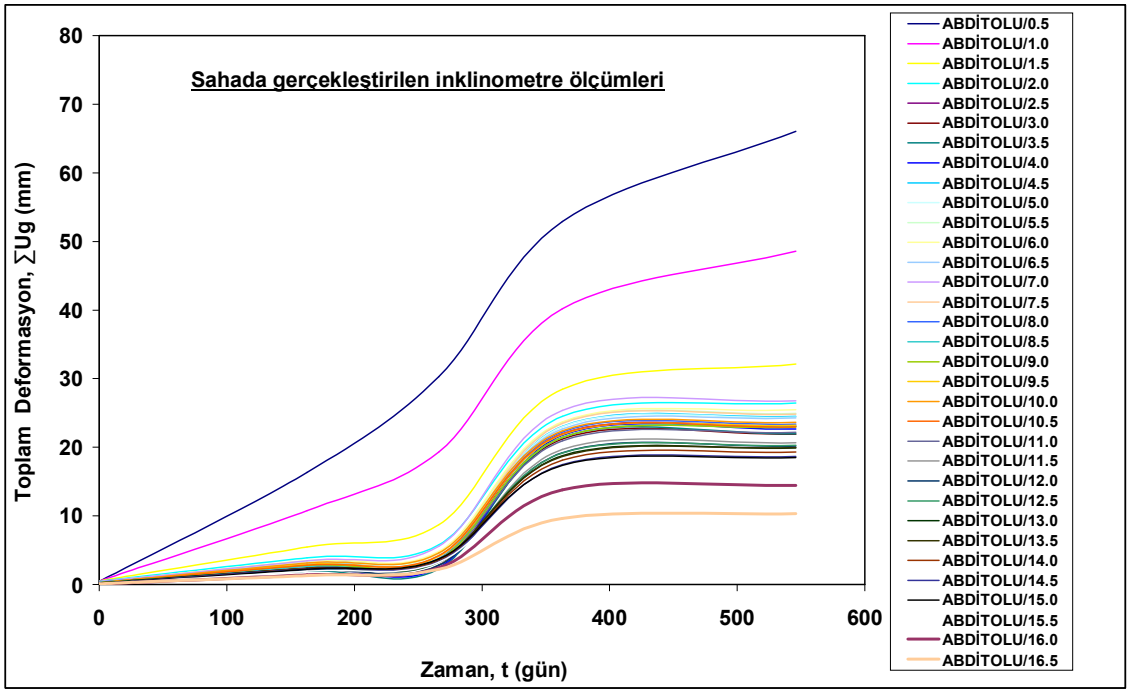
Derinlik (m)	Alt İstasyon no	A	B	C	D	R^2
0,5	ABT/0.5	0,024	0,383	1590,145	0,475	0,915
1.0	ABT/1.0	0,014	0,216	1958,345	0,504	0,883
1,5	ABT/1.5	0,007	0,096	2364,813	0,562	0,801
2.0	ABT/2.0	0,005	0,070	2644,979	0,579	0,754
2,5	ABT/2.5	0,004	0,046	3042,744	0,610	0,713
3.0	ABT/3.0	0,003	0,058	3364,701	0,626	0,689
3,5	ABT/3.5	0,003	0,053	3554,307	0,643	0,674
4.0	ABT/4.0	0,003	0,042	3420,978	0,642	0,686
4,5	ABT/4.5	0,004	0,064	2972,941	0,618	0,717
5.0	ABT/5.0	0,004	0,055	2912,779	0,612	0,718
5,5	ABT/5.5	0,004	0,070	2844,924	0,594	0,728
6.0	ABT/6.0	0,004	0,085	2796,521	0,597	0,739
6,5	ABT/6.5	0,004	0,052	2875,175	0,610	0,728
7.0	ABT/7.0	0,005	0,08	2868,959	0,585	0,736
7,5	ABT/7.5	0,004	0,105	3028,289	0,618	0,713
8.0	ABT/8.0	0,004	0,073	3094,734	0,613	0,712
8,5	ABT/8.5	0,004	0.001	3035,21	0,623	0,724
9.0	ABT/9.0	0,004	0,088	2931,924	0,616	0,724
9,5	ABT/9.5	0,004	0,133	2929,299	0,604	0,728
10.0	ABT/10.0	0,004	0,149	2840,776	0,590	0,773
10,5	ABT/10.5	0,004	0,112	2945,528	0,596	0,721
11.0	ABT/11.0	0,003	0,143	3258,382	0,624	0,712
11,5	ABT/11.5	0,003	0,315	3196,473	0,631	0,702
12.0	ABT/12.0	0,003	0,192	3226,945	0,627	0,705
12,5	ABT/12.5	0,003	0,088	3147,31	0,615	0,718
13.0	ABT/13.0	0,003	0,112	3137,063	0,612	0,719
13,5	ABT/13.5	0,003	0,412	2971,847	0,608	0,733
14.0	ABT/14.0	0,003	0,398	2941,656	0,608	0,73
14,5	ABT/14.5	0,003	0,201	2921,459	0,606	0,731
15.0	ABT/15.0	0,003	0,407	2991,093	0,597	0,739
15,5	ABT/15.5	0,003	0,267	3132,889	0,605	0,727
16.0	ABT/16.0	0,002	0,334	3360,432	0,618	0,714
16,5	ABT/16.5	0,002	0,112	2806,324	0,593	0,745

A,B,C ve D katsayıları genel olarak sırasıyla 0.002-0.024, 0.073-0.412, 1590.145-3554.307 ve 0.475-0.643 aralığında değişmektedir. İstatistiksel başarıyı gösteren R^2 değerleri ise genelde 0,7'den büyüktür.

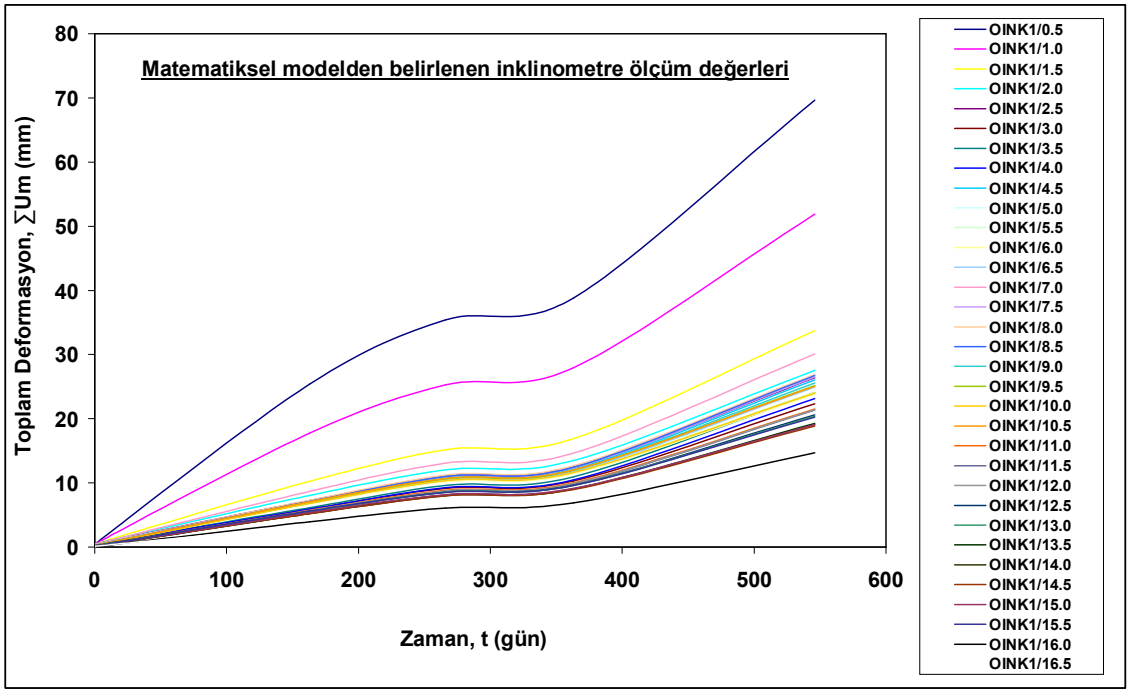
Abditolu kuyusuna ait tüm alt istasyonların zaman-toplam deformasyon davranışları topluca Şekil 4.38 (a)'da verilmiştir. Ayrıca matematiksel model yardımıyla, Abditolu kuyusuna ait bütün alt istasyonlar için bulunan zaman-toplam deformasyon davranışları, Şekil 4.38 (b)'de sunulmuştur. Sonuçların birbirleriyle uyumlu oldukları görülmektedir. Dikkate alınan Abditolu kuyusundan tipik olarak seçilen, ABT/0.5, ABT/10 VE ABT/16.5 numaralı alt istasyonların zaman-toplam deformasyon davranışları Şekil 4.25, 4.26 ve Şekil 4.27'de verilmiştir. Ayrıca bu grafiksel sunumlarda, model yardımıyla belirlenebilen, zamana bağlı U_{mt} ve yağışa bağlı U_{my} eğrileri de sunulmuştur. Grafiklerden görüldüğü üzere, zamana bağlı davranışların çok küçük ancak yağışa bağlı deformasyonların daha fazla olduğu görülmektedir. Bu ölçüm kuyularının, düz bir topografyada oldukları göz önüne alınırsa, zamana bağlı deformasyonların, yağışa bağlı deformasyonlardan daha az olması beklenen bir durumdur.

Eşitlik 4.9'da ifade edilen modelin başarısını görmek amacıyla Şekil 4.42 hazırlanmıştır. Şekil 4.42'de sunulan grafikten, gerçek toplam veriler ($\sum U_g$) ile modelden belirlenen $\sum U_m$ değerlerinin örtüştükleri görülmektedir.

Eşitlik 4.9'da belirtilen matematiksel model yardımıyla hazırlanan tüm ölçüm tarihlerine göre inklinometre sonuçları, Şekil 4.43'de topluca verilmiştir. Şekil 4.37, sahada gerçekleştirilen inklinometre ölçümleriyle hazırlanmış olan toplam deformasyon grafiği Şekil 4.43 ile karşılaştırıldığında gerçek sonuçlar ile model sonuçlarının uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

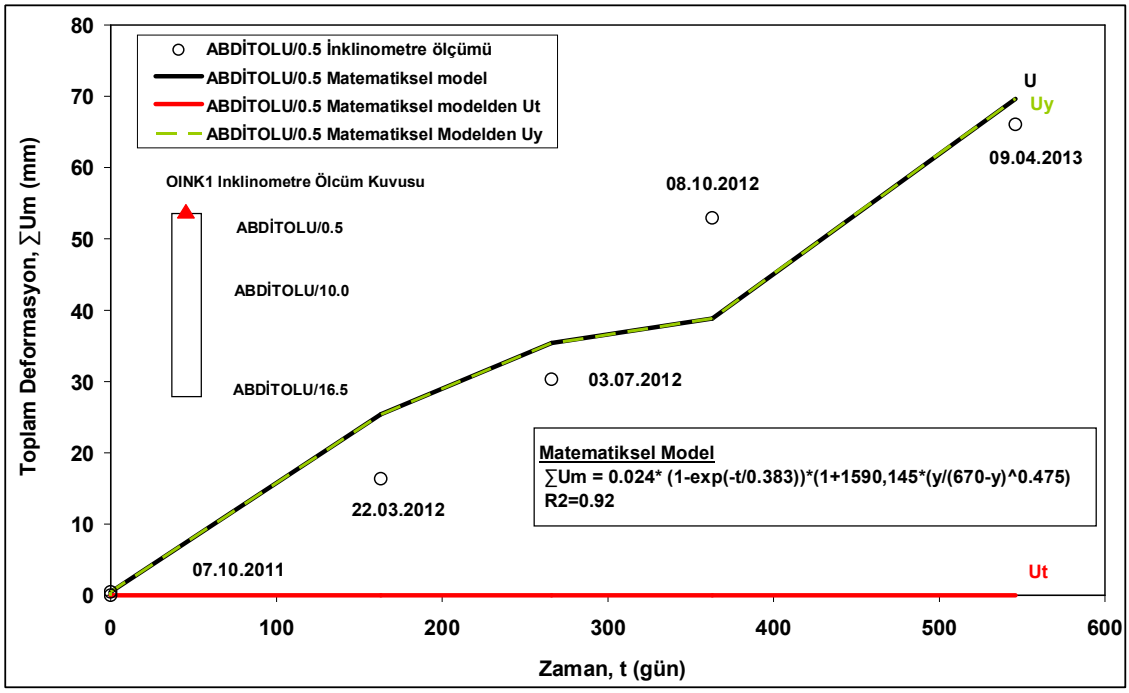


(a)-Abditolu kuyusu için alt istasyonlara ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

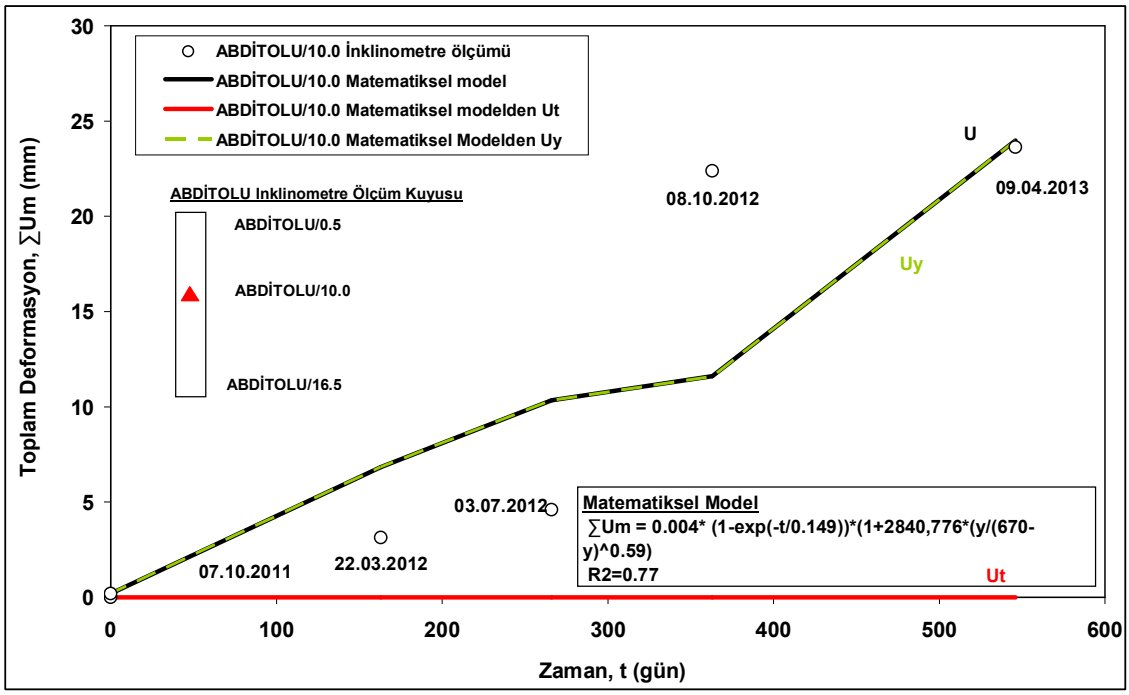


(b)- Abditolu kuyusu için alt istasyonlara ait modelden bulunan toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı

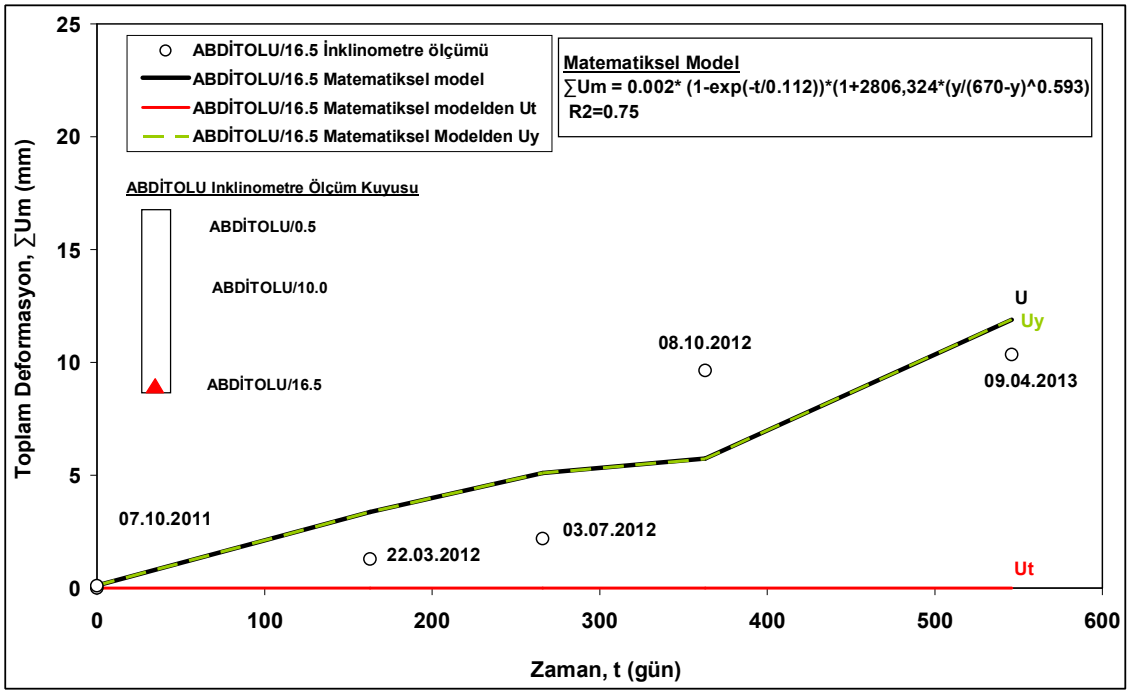
Şekil 4.38. Abditolu kuyusundaki alt istasyonlara ait inklinometre ölçümlerinden ve modelden belirlenen zaman- toplam deformasyon davranışı



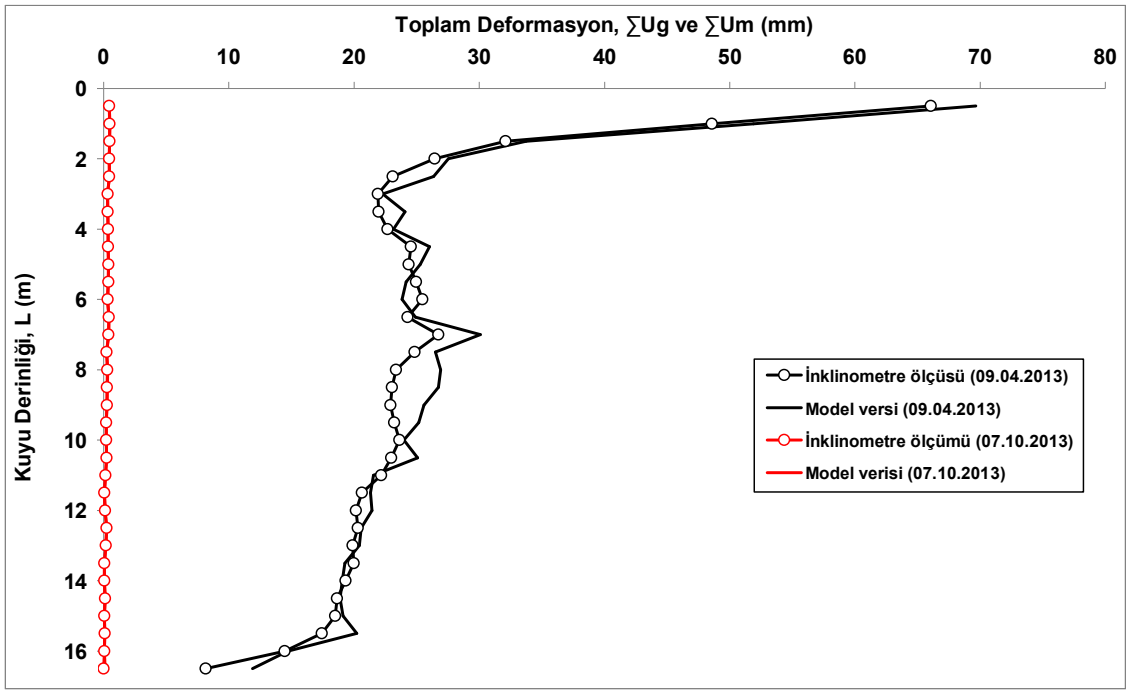
Şekil 4.39. ABT/0,5 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



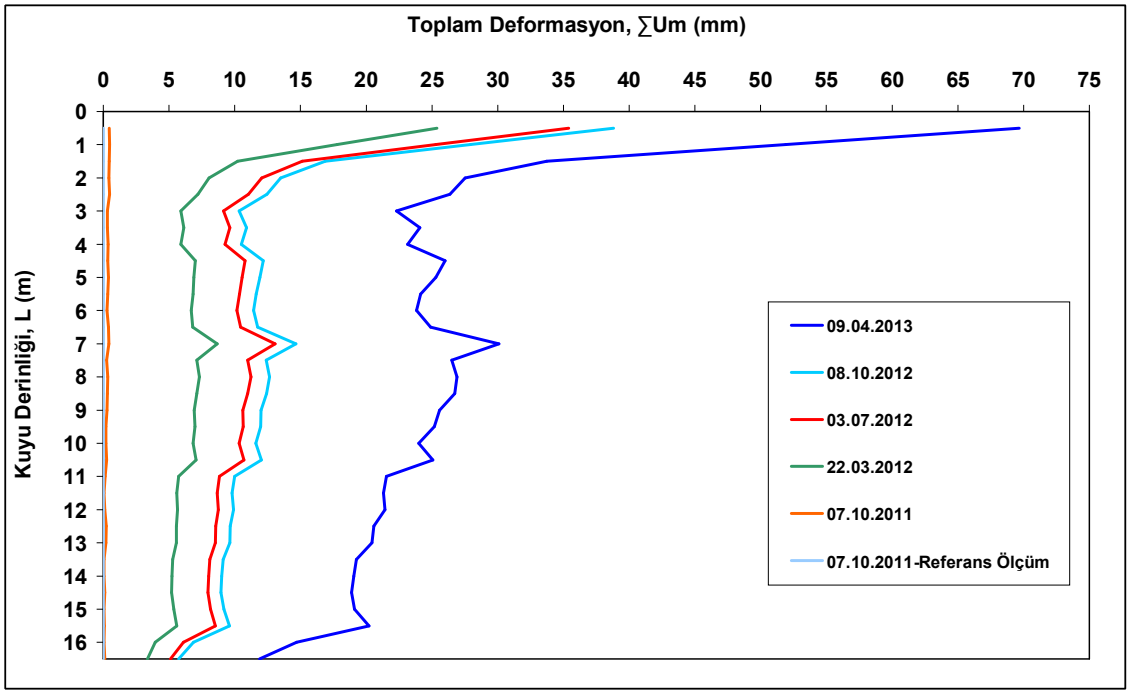
Şekil 4.40. ABT/10 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.41. ABT/28 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.42. ABT kuyusunda Eşitlik 4.9'un başarısı

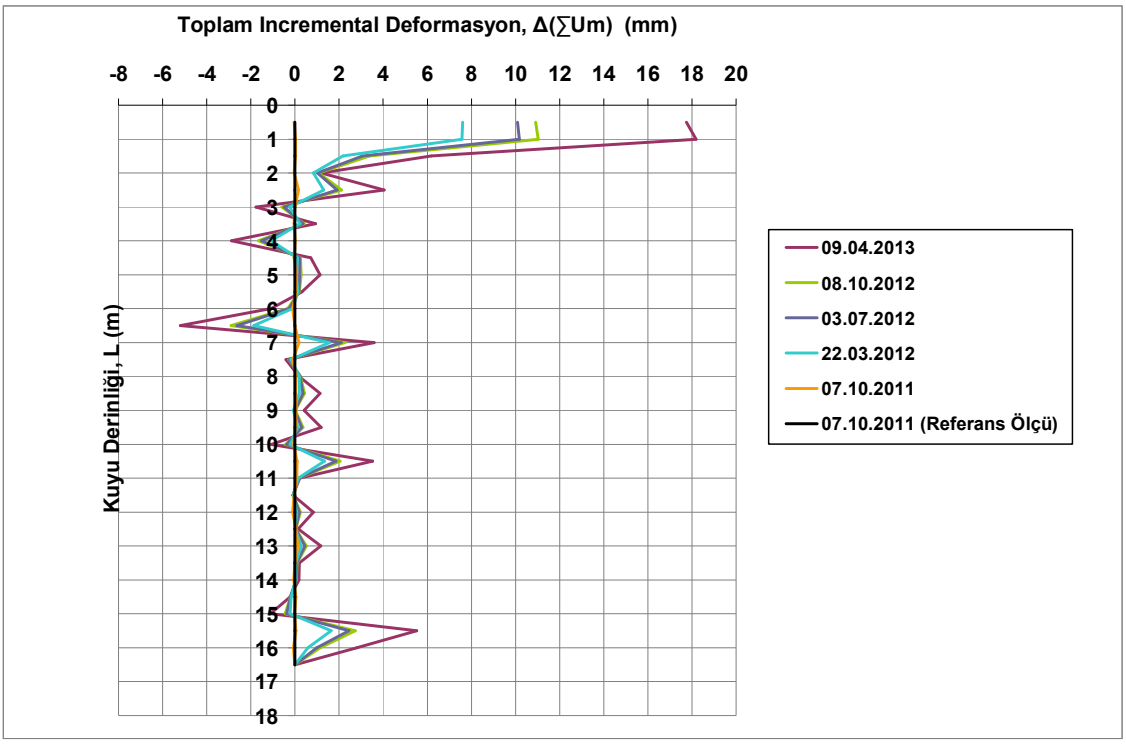


Şekil 4.43. Abditolu kuyusunun matematiksel model (Eşitlik 4.9) yardımıyla belirlenen toplam deformasyon davranışı

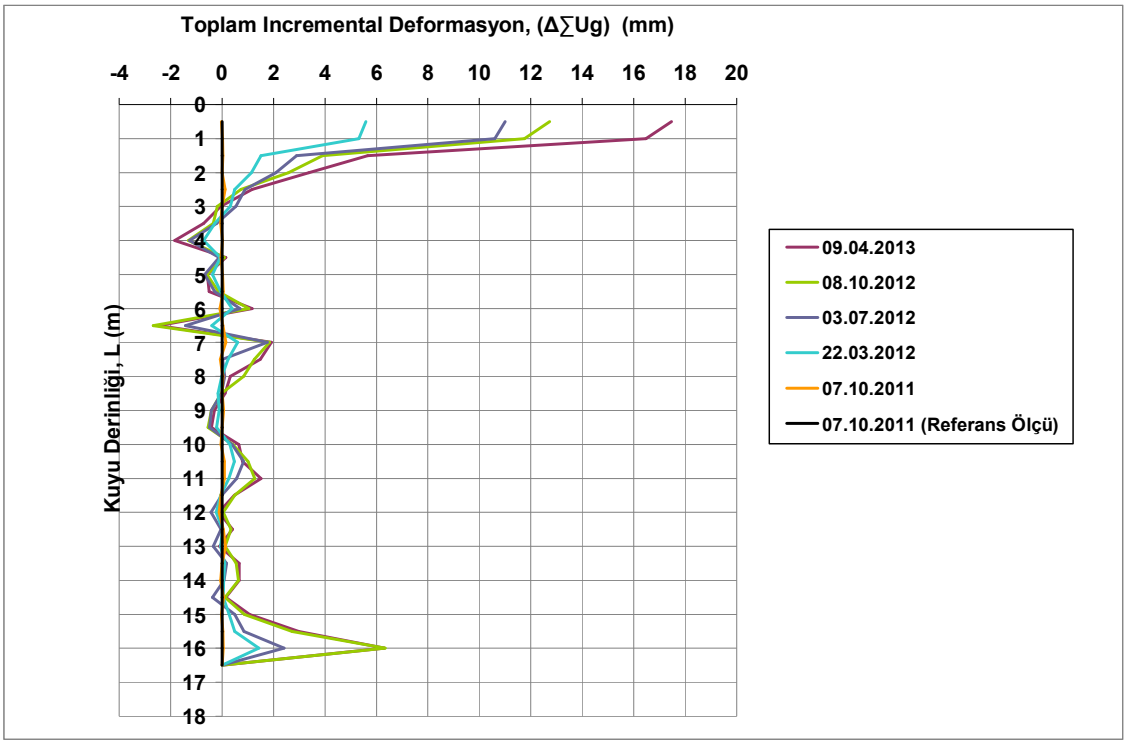
Matematiksel modelin başarısı teyit edildikten sonra ikinci aşama analizlerde, modelden belirlenen toplam deformasyon ($\sum U_m$) değerleri yardımıyla, artış deformasyon grafiği (ID) hazırlanmıştır (Şekil 4.44). Şekil 4.44'de verilen $\Delta\sum U_m$ grafiğinin gerçek ölçümlere dayalı ID grafiği olan, $\Delta\sum U_g$ grafiği (Şekil 4.45) ile karşılaştırılması yapılmıştır ve sonuçların örtüştüğü görülmüştür. Toplam deformasyona bağlı ID grafiklerinden (Şekil 4.44, 4.45) kuyunun 6,5. metresinde önemli bir sorunun olduğu kolaylıkla görülebilmektedir. Çizelge 4.18'de her bir ölçüm kuyusu için, sorun yaşanan derinlikler belirlenmiş ve sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Çumra tarım havzasına tesis edilen inklinometre ölçüm kuyularından belirlenen kritik derinlikler

Kuyu Adı	Ölçüm Kuyusu Derinliği	Kurulduğu Tarih ve Ölçüm Sayısı	Olası Büyük Kayma Derinliği	Def. Yönü
ABDİTOLU	16.5	Haziran/2011 6	15.50	GD
ALAKOVA	21.0	Haziran/2011 6	13.00	KB
ALİBEYH.	25.0	Haziran/2011 6	17.50	GB
ÇARIKLAR	18.5	Haziran/2011 6	10.50	GB
ÇENGİLTİ	22.5	Haziran/2011 6	5.00	GB
ERLER	18.5	Haziran/2011 6	17.50	GB
İSTİKLAL	23.5	Haziran/2011 6	15.00	GB
KÜÇÜKKÖY	19.5	Haziran/2011 6	13.00	KD
MUGUR	22.5	Haziran/2011 5	13.00	KD
ÇUMRA	20.0	Haziran/2011 3	Kuyu yok oldu	-
SARICALAR	22.5	Haziran/2011 6	22.00	GB



Şekil 4.44. Abditolu kuyusuna ait modelden bulunan ID deformasyon davranışı



Şekil 4.45. Abditolu kuyusuna ait ölçümlerden bulunan ID deformasyon davranışı

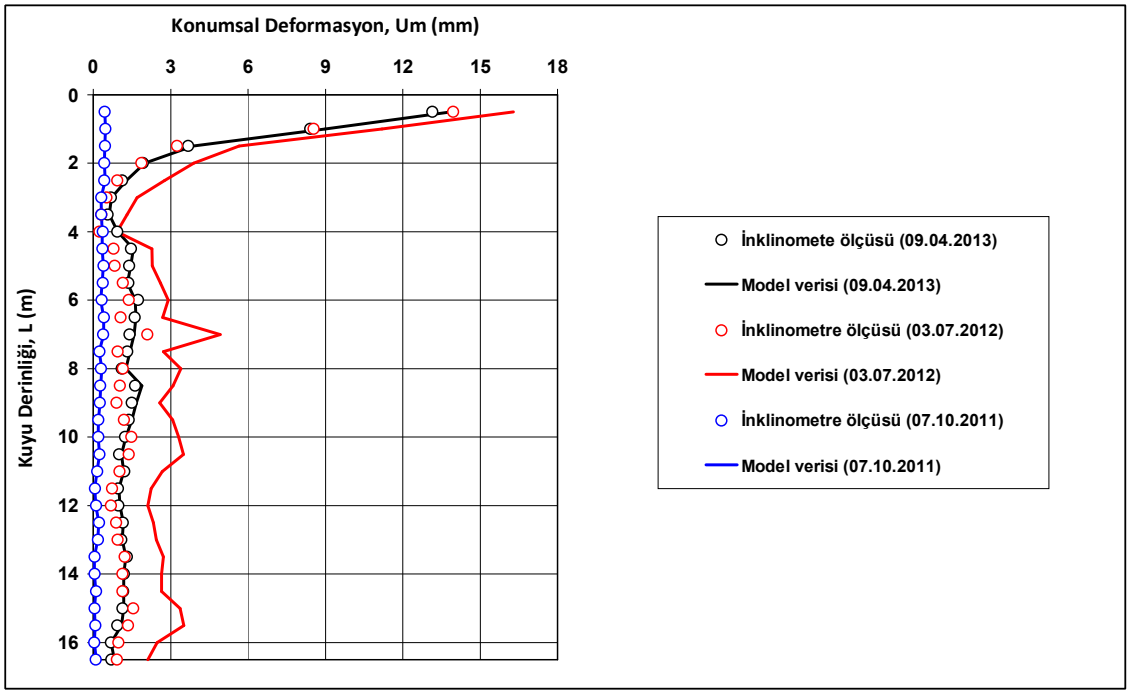
Yukarıda sunulan analizler, hep takip edilen noktanın kat ettiği mesafeyi dikkate alan toplam deformasyonlar ($\sum U_g$) üzerinden yapılmıştır. Ancak sahada izlenen noktanın son ölçüm tarihinde bulunduğu konum, bu grafikler ile belirlenmemektedir. Çünkü son ölçüm tarihindeki noktanın konumsal yer değişimi sonucunda gösterdiği son deformasyon değeri ile bu noktanın kat ettiği mesafenin ifade ettiği toplam deformasyon değeri aynı değildir. Orhaneli ile ilgili analizlerde değinildiği gibi, konumsal yerdeğişimini ifade eden deformasyonların, zamana bağlı davranışları belirli bir sistematik içermemektedir nokta düzensiz hareket etmektedir.

Bu gerekçeler ile toplam deformasyon ($\sum U_g$) değerleri analizlerde kullanılmıştır. Ancak modelden belirlenen sonuçlar sahadaki gerçek durumu yansıtmamaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek amacıyla; Orhaneli analizlerinde olduğu gibi, Eşitlik 4.8'de sunulan düzeltme katsayısı (k) değerleri belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bu k değerleri, modelden belirlenen $\sum U_m$ değerleri ile çarpılarak U_m değerlerine ulaşılmıştır. Bu sözel anlatıma tipik olarak bir örnek Abditolu/6.5 alt istasyonu için verilmiştir (Çizelge 4.19). Bu alt istasyonun seçilmesindeki gerekçe, Şekil 4.44'den en kritik noktanın Abditolu/6.5 olarak belirlenmiş olmasıdır.

Çizelge 4.19. Abditolu/6.5 alt istasyonu için modelden bulunan toplam deformasyon değerinin ($\sum U_m$), konumsal saha yerdeğişim (U_m) değerlerine dönüştürülmesi

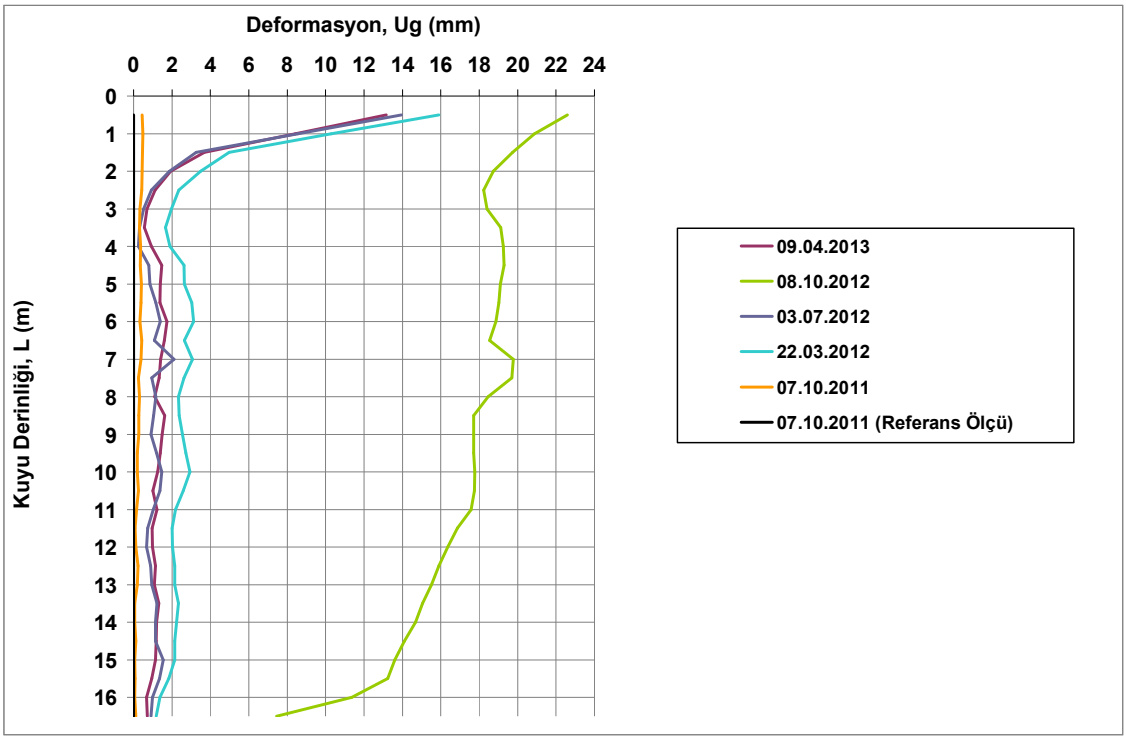
Ölçüm Tarihi	İstatistiksel Analizde Kullanılan Veri				Modelden Bulunan $\sum U_m$ (mm)	Düzeltme Katsayısı, k	Düzeltilmiş Model Verisi U_m (mm)
	Top.Zaman t, (gün)	Top.Yağış y, (mm)	Deformasyon, U_g (mm)	Top. Deformasyon, $\sum U_g$ (mm)			
07.10.2011	0.00	7.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
07.10.2011	0.04	7.63	0.45	0.45	0.46	1.00	0.46
22.03.2012	163.0	199.17	15.90	16.35	25.39	0.97	24.63
03.07.2012	266.0	308.165	13.96	30.31	35.39	0.46	16.28
08.10.2012	363.0	340.844	22.60	52.91	38.83	0.43	16.70
09.04.2013	546.0	522.664	13.40	66.31	69.66	0.202	14.07

Tipik bir örnek olarak verilen Çizelge 4.19'daki model verisine ait düzeltme çalışmaları, sahada 11 ölçüm kuyusundaki tüm alt istasyonlarda yapılmıştır. Düzeltilmiş model verisi kullanılarak, kuyu derinliğine bağlı deformasyon davranışlarını gösteren grafikler hazırlanmıştır. Abditolu kuyusuna ait hazırlanan grafik, tipik bir örnek olarak Şekil 4.46'da sunulmuştur.



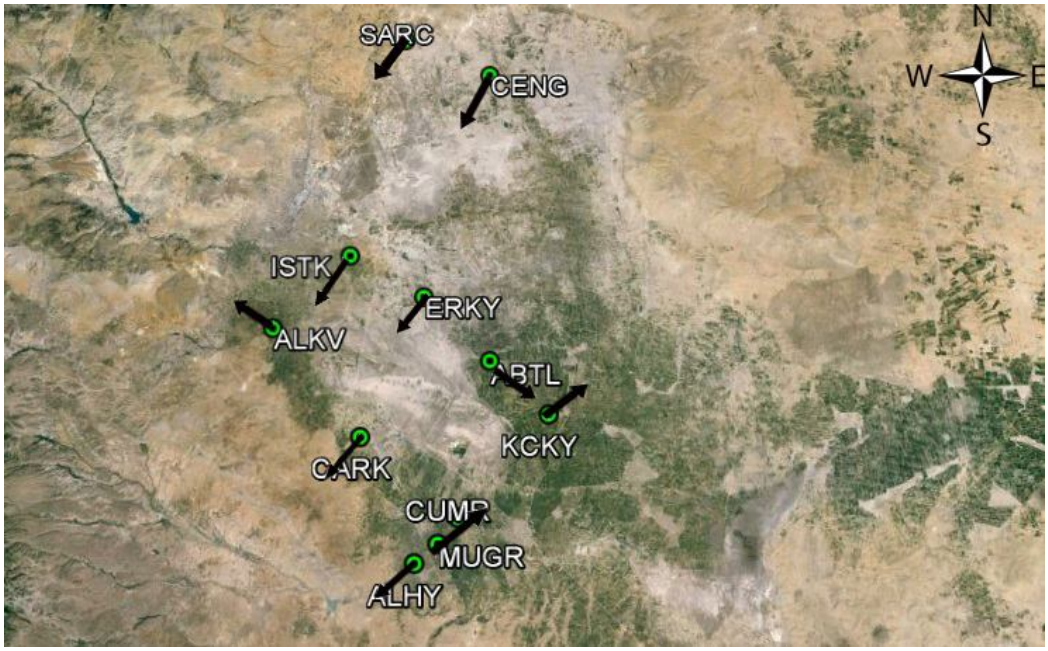
Şekil 4.46. Abditolu kuyusuna ait düzeltilmiş model verileri ile hazırlanan yer değişim davranışı

Matematiksel model (Eşitlik 4.9) yardımıyla bulunan model sonuçlarının, k katsayıları (Çizelge 4.19) ile düzeltilmesiyle bulunan sonuçlarının (U_m) gösterildiği Şekil 4.46 grafiği, ölçümlerden bulunan, sahadaki yerdeğişim miktarları (U_g) ile hazırlanan Şekil 4.47 ile karşılaştırıldığında, sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir.



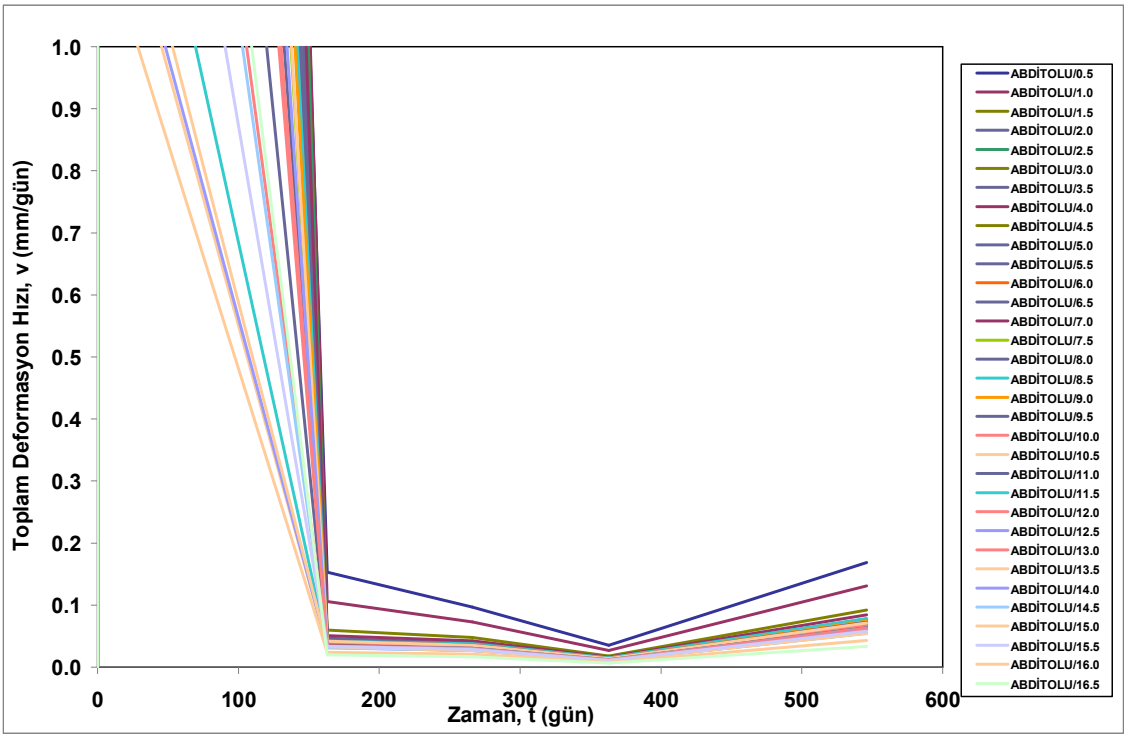
Şekil 4.47. Abditolu kuyusuna ait inklinometre ölçümlerinden belirlenen yer değişimi (U_g) davranışı

Yukarıda sunulan analizler neticesinde, daha önce hazırlanan Çizelge 4.18'in verileri kullanılarak, sahadaki yer değişimi davranışı, problemli noktalar bazında Google Earth çıktısı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.48).

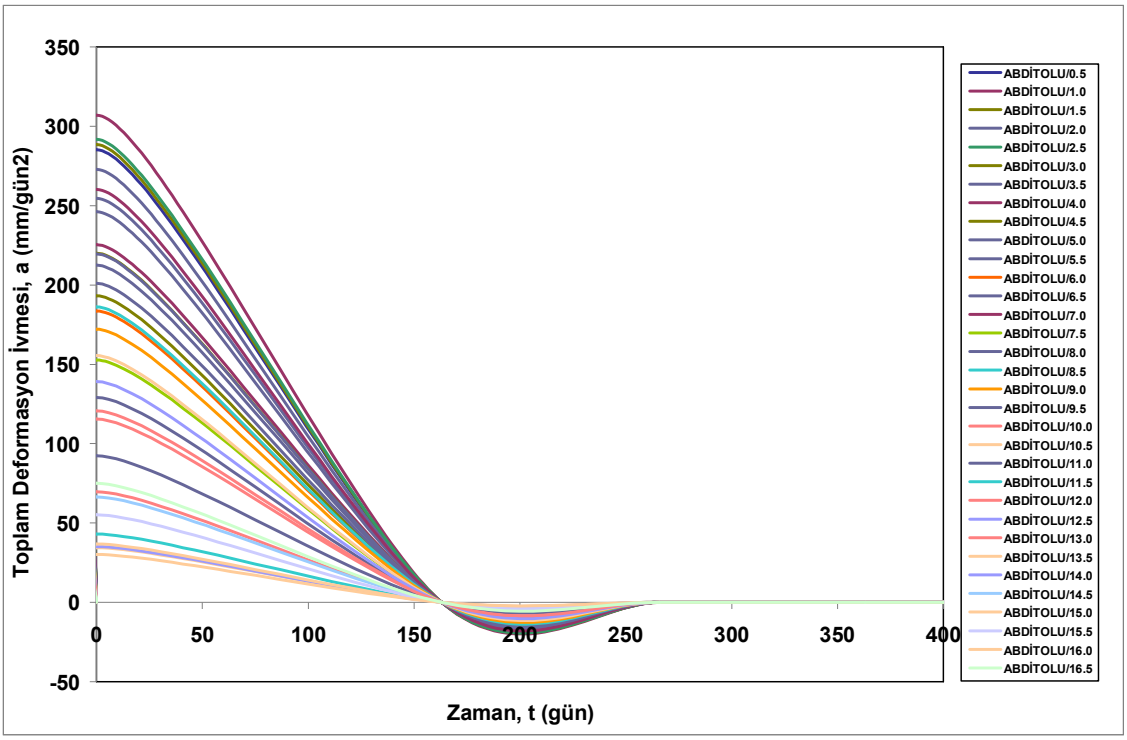


Şekil 4.48. Çumra tarım havzasında belirlenen kritik noktalar bazında yer değişimi davranışı

Geliştirilen matematiksel model yardımıyla hız ve ivme değişimleri belirlenmiştir. Bu değişimlerin, Abditolu kuyusunun tüm alt istasyonlarına ait zamana bağlı hız ve ivme davranışları topluca Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de görülmektedir. Deformasyonların ilk ölçüldüğü tarih itibari ile hız değerlerinin aniden arttığı, daha sonra azalarak sıfır değerlerine ulaştığı, takibinde ise hızların tekrar arttığı görülmektedir (Şekil 4.49). İvmesel davranışları gösteren Şekil 4.50 grafiğinde ise pozitif yönde ivmenin ilk başta arttığı, daha sonra azalarak sıfır olduğu, takibinde ise negatif bir değer olarak sıfıra doğru arttığı anlaşılmaktadır.

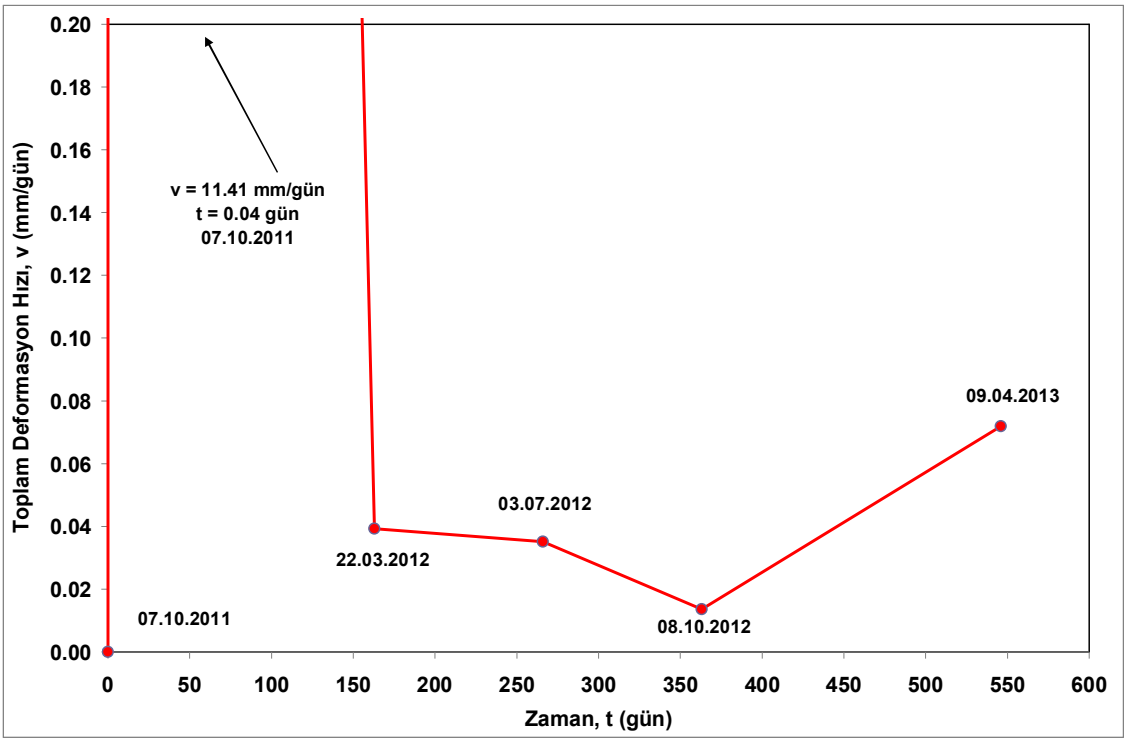


Şekil 4.49. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan hız-zaman davranışı

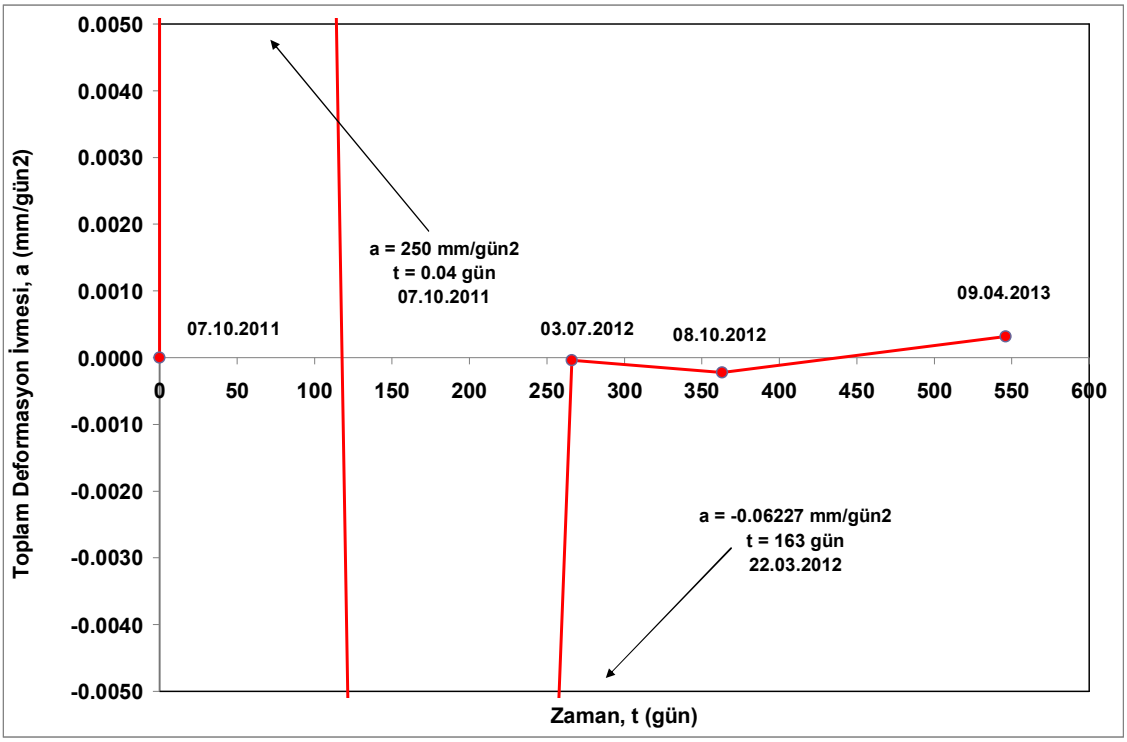


Şekil 4.50. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan ivme-zaman davranışı

Şekil 4.44'de sunulan grafiksel değerlendirmede, daha önce Abditolu kuyusunun 6.5. metresinde önemli gelişmelerin olduğu belirlenmişti. Sadece bu alt istasyon noktasına ait model verileri kullanılarak hız ve ivme analizleri gerçekleşmiştir. Bu analizler için hazırlanan grafikler Şekil 4.51 ve 4.52'de sunulmuştur. Yaz sezonuna karşılık gelen 22.03.2012-08.10.2012 tarihler arasında yeraltı suyunun kullanımına bağlı olarak deformasyon hızının azaldığı buna karşılık kış aylarında ise (08.10.2012-09.04.2013) yağışlara bağlı olarak deformasyon hızlarının arttığı görülmektedir. İvmesel davranış ise bu gelişmeye paraleldir. Genel olarak yaz aylarında, toprak malzemesinin gözeneklerinde ve bünyesinde olan yeraltı suyunun tarımsal faaliyetlerden dolayı çekilmesiyle malzemede deformasyonlar olduğu ancak hızın zamanla azaldığı görülmektedir. Buna karşın yağışlı mevsimlerde yüzey sularının yeraltına geçmesiyle malzemede daha fazla deformasyona uğradığı belirlenmiştir. Aslında bu tez çalışmasına konu olan ölçüm zaman aralığı sadece bir mevsimsel periyodu göstermektedir. Daha fazla ölçüm periyotlarının izlenmesi yerinde olacaktır.

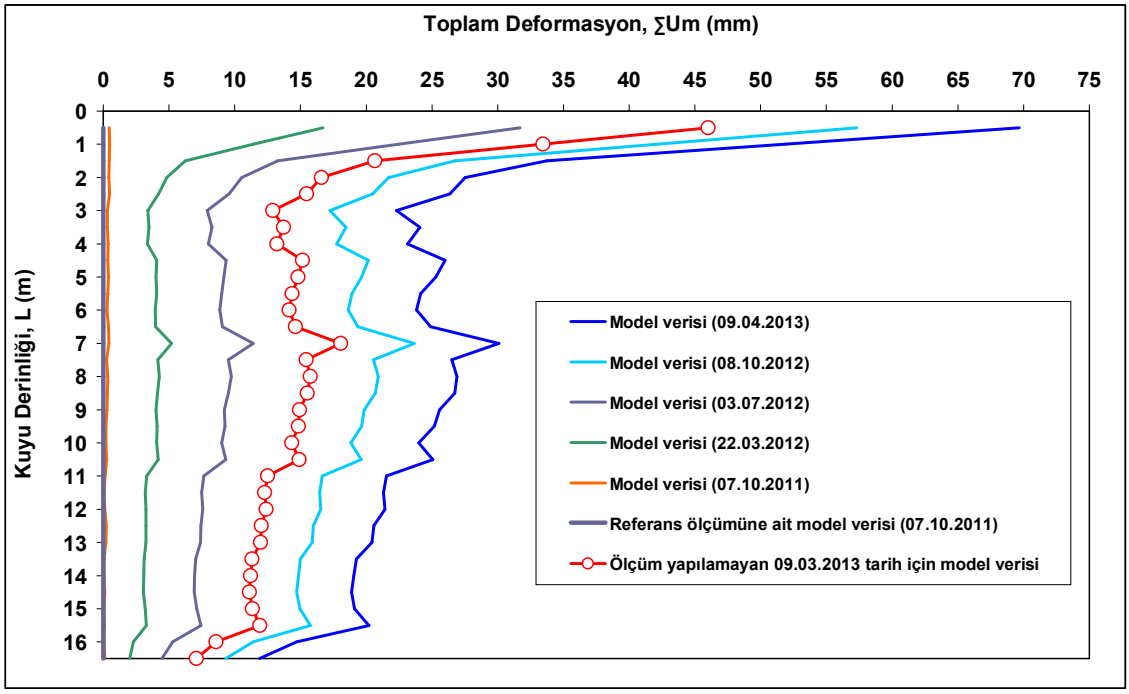


Şekil 4.51. ABT/6.5 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan hız-zaman davranışı

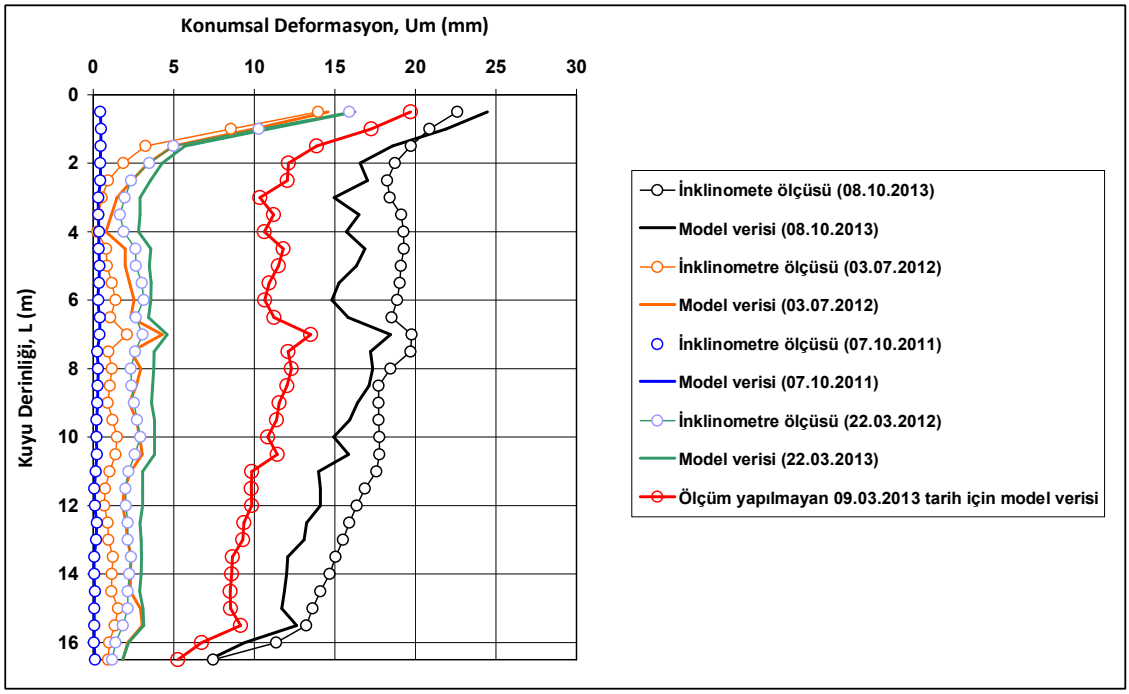


Şekil 4.52. ABT/6.5 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan ivme-zaman davranışı

Yukarıda verilen tüm analiz sonuçlarına göre, modelin başarılı olduğu anlaşılmıştır. Ancak rastgele seçilen bir tarihte modelden bulunacak inklinometre verilerinin gerçek ölçüm tarihine göre, grafikte nasıl yer alacağı önemlidir. Bunun için Abditolu kuyusunda gerçek ölçümlerin yapıldığı 09.04.2013 ve 08.10.2012 tarihleri arasında ölçüm yapılmayan bir tarih olarak, ölçüm zamanı 321. gün ve toplam yağış miktarı 317 mm olan 09.03.2013 tarihi dikkate alınmıştır. Eşitlik 4.9'da ifade edilen matematiksel model kullanılarak, toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı ve düzeltme işlemi (Çizelge 4.19) ile belirlenen yer değiştirme (U_m) davranışları sırasıyla Şekil 4.53 ve Şekil 4.54'de verilmiştir. Belirtilen bu şekiller göz önüne alındığında (Şekil 4.53-Şekil 4.54), modelden bulunan sonuçların, gerçek ölçüm sonuçları arasında konumlandığı görülmektedir.



Şekil 4.53. Abditolu kuyusundaki gerçek ölçümler ve 09.03.2013 tarihindeki model verisinden bulunan toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı



Şekil 4.54. Abditolu kuyusundaki gerçek ölçümler ve 09.03.2013 tarihindeki model verisinden bulunan düzeltilmiş yerdeğiştirme (U_m) davranışı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Genel

TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli linyit açık maden ocağında ve Konya Çumra tarım havzasında gerçekleştirilen bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar ve benzer çalışmalara ışık tutacak öneriler bu bölümde sunulmuştur.

5.2. Sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında, Bursa Orhaneli ve Konya Çumra bölgelerinde kurulan inklinometre ölçüm sonuçlarına ait analizler yapılmıştır. Bursa Orhaneli sahası kaya, Konya Çumra tarım bölgesi ise toprak ortam özelliği taşımaktadır. Her iki saha için yapılan çalışmalar ve sonuçlar aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

1. TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli çalışma sahası

1.1. Kaya ortamlar için Orhaneli sahasında gerçekleştirilen çalışmalar;

i) Çalışma sahasında kurulacak olan inklinometre kuyularının yer tespiti için yerdirenci ölçümleri yapılmıştır.
ii) Yerdirenci ölçümleri neticesinde ocağı etkileyen bir takım fay sistemlerine bağlı kritik bölgeler belirlenmiştir.
iii) Şev kayma olayının beklendiği kritik bölgelerde 9 adet sondaj kuyusu açılmıştır.
iv) Açılan sondaj kuyularında inklinometre ölçüm sistemi kurulmuştur.
v) Toplam 9 adet ölçüm kuyusunda yapılan ölçümler neticesinde olası kayma hatları belirlenmiştir.
vi) Ölçümler 105 gün boyunca gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçüm kuyusundan ortalama 8 kez ölçüm yapılmıştır.
vii) INCLI-2 yazılımı yardımıyla birikimli deformasyon (CD) ve artışlı deformasyon (ID) grafikleri alınmıştır.

viii) INCLI-2 grafiksel sunumlarında kullanılan verilerin, konumsal yer değişimi olduğu zaman, izlenen noktanın kat ettiği toplam mesafe olmadığı anlaşılmıştır.

ix) Özkan ve Özşen (2009) tarafından yağış durumu ve zamana dayalı geliştirilen model, Orhaneli sahasında tesis edilen OINK-1 ölçüm kuyusuna ait veriler üzerinde test edilmiştir.

1.2. Çalışmalara ait sonuçlar;

i) Özkan ve Özşen (2009) tarafından geliştirilen modelin Orhaneli linyit açık ocağında tam olarak anlamlı olmadığı, bazı ölçümlerde model ile gerçek verilerin birbirleriyle örtüşmediği belirlenmiştir.

ii) Özkan ve Özşen (2009) tarafından gerçekleştirilen model yine temel alınarak, Orhaneli sahası için yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model zamana ve yağış miktarına bağlıdır.

iii) Geliştirilen model, sahadaki tüm inklinometre kuyularına ve her bir kuyunun alt istasyonuna uygulanarak, Orhaneli bölgesindeki kuyulara ait istatistiksel katsayılar belirlenmiştir.

iv) Orhaneli için belirlenen modele ait istatistiksel katsayılar kullanılarak, gerçek ölçüm sonuçları tahmin edilebilmektedir.

v) Zahmetli ve zor bir saha çalışması olan inklinometre ölçümlerinde ölçüm sıklığı önemlidir. Ölçümlerin yapılamadığı tarihler için ölçüm sonuçları geliştirilen matematiksel yaklaşım yardımıyla kolaylıkla tahmin edilebilmektedir.

vi) Saha mühendisleri için analiz yaklaşımı geliştirilmiştir.

vii) Orhaneli sahasında beklenen olası kayma düzlemleri, iki boyutlu analizlerle belirlenmiştir.

viii) Orhaneli sahasında beklenen olası kayma bölgesine ait alansal ve hacimsel büyüklükler belirlenmiştir.

2. Konya Çumra çalışma sahası

2.1. Toprak ortamlar için Çumra tarım havzasında gerçekleştirilen çalışmalar;

i) Çumra tarım havzasında TUBİTAK (101Y129) projesi kapsamında araştırmacıların belirledikleri bölgelerde karotsuz sondajlar yapılmış ve 11 adet inklinometre ölçüm istasyonu tesis edilmiştir.
ii) Tüm kuyulardan alınan toprak örnekleri yardımıyla jeolojik istifleme logları hazırlanmıştır.
iii) Bölgede kurulan 11 adet ölçüm kuyusundan toplam 617 gün boyunca 6 kez ölçüm yapılmıştır.
iv) INCLI-2 yazılımı ile birikimli deformasyon (Cumulative Displacement-CD) ve artışlı deformasyon (Incremental Displacement- ID) grafikleri alınmıştır.
v) INCLI-2 grafiksel sunumlarında kullanılan verilerin, izlenen noktanın kat ettiği mesafe olmadığı, sadece ilk ölçüm tarihine göre nihai yer değişimleri olduğu tespit edilmiştir.
vi) Bölgedeki zemin hareketlerini incelemek amaçlı kurulan bu inklinometre ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler Özkan ve Özşen (2009) tarafından gerçekleştirilen model ile teste tabi tutulmuştur.

2.2. Çalışmalara ait sonuçlar;

i) Özkan ve Özşen (2009) tarafından geliştirilen modelin, Çumra Tarım havzasında geçerli olan toprak ortamda tam olarak anlamlı olmadığı, bazı ölçümlerde model ile gerçek verilerin birbirleriyle örtüşmediği belirlenmiştir.
ii) Özkan ve Özşen (2009) tarafından geliştirilen model yine temel alınarak, Çumra tarım sahası için yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model zamana ve yağış miktarına bağlıdır.
iii) Toprak ortamlar için belirlenen model ile kaya ortamları için önerilen matematiksel model, genel anlamda benzerlik göstermiştir.

iv) Yeni geliştirilen model, sahadaki tüm inklinometre kuyularına ve her bir kuyunun alt istasyonuna uygulanmış ve Çumra sahasındaki kuyulara ait model için istatistiksel katsayılar belirlenmiştir.

v) Çumra tarım sahası için geliştirilen model kullanılarak, inklinometre ölçüm sonuçları tahmin edilebilmektedir.

vi) İnklinometre ölçümlerinde ölçüm sıklığı önemlidir. Zaman alıcı ve zor bir ölçüm yöntemi olan inklinometre ölçümlerinde, ölçümlerin yapılamadığı tarihler için ölçüm sonuçları geliştirilen matematiksel yaklaşım yardımıyla kolaylıkla tahmin edilebilmektedir.

vii) Sahadaki deformasyon değerleri kullanılarak, Çumra havzasındaki zemin hareketlerine ait vektörel büyüklükler belirlenerek, plan harita üzerine işlenmiştir.

3. Saha mühendislerinin, inklinometre analizlerinde kullanmaları amacıyla aşağıdaki analiz yöntemi, bu tez çalışmasıyla geliştirilmiştir.

i) Ölçüm kuyusu içerisindeki alt istasyonlara ait ölçüm tarihlerindeki konumsal yer değişimini ifade eden deformasyon değerleri (U_g) belirlenir.

ii) Her bir alt istasyon için belirlenen Ug değerleri, ölçüm tarihleri dikkate alınarak toplanır ve kat edilen mesafeyi gösteren toplam deformasyon ($\sum U_g$) değerleri belirlenir.

iii) Toplam deformasyon değerleri ($\sum U_g$), kuyu derinliği bazında sıralandıktan sonra, 0.5 m aralıklarda konumlanan alt istasyon noktalarındaki deformasyon değerleri ($\sum U_g$) birbirlerinden çıkarılır. Bu işlem için, üst derinlik noktasından bir alt derinlik noktasına ait değer çıkarılır ve böylece her bir derinlik için ΔU_g değerleri belirlenir.

iv) Kuyu ekseni boyunca, derinlik bazında sıralanan ΔU_g değerleri yardımıyla çizilen grafik, olası kayma düzleminin geçeceği derinliği belirlemektedir. Diğer ölçüm kuyularında belirlenen bu noktalar yardımıyla saha mühendisi, şev kayma bölgesini hem topografik alan (m^2) bazında hem de derinlik (m) bazında tanımlayarak,

problem yaratacak olan kaya kütlesinin hacim büyüklüğünü (m^3) belirlemiş olacaktır.

v) Eğer saha mühendisi arzu ederse, kaya ve toprak ortam için, bu tez çalışmasında geliştirilen modeli (Eşitlik 4.4) kullanarak, sahasına ait son istatistiksel sabitleri belirleyebilir. Bu sabitler yardımıyla ölçüm yapılmayan tarihlerdeki inklinometre değerlerini tahmin edebilecektir.

5.3. Öneriler

Bu tez çalışmasından ulaşılan sonuçlar yardımıyla aşağıdaki öneriler yapılmıştır.

i. Kaya ve toprak ortamlar için geliştirilen matematiksel modelin, farklı sahalarda kurulan, daha fazla sayıdaki inklinometre ölçüm kuyularından alınan veriler üzerinde denenmesi ve modelin sınırlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılması önerilir.

ii. Modelde kullanılan istatistiksel sabitlerin kaya ve toprak malzeme özellikleri, kaya kütle sınıflama sonuçları, madencilik çalışmaları (delme-patlatma çalışmaları, kazı çalışmaları) ve ocak geometrileri ile ilişkilendirilmesine yönelik çalışmaların yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

Ağan, C., 2009, Farklı geoteknik yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanımı ve karşılaştırmalı analiz: Zonguldak ili kozlu ilçesinde örnek bir çalışma, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 3-4.

Akat, U., Çağlayan, A. Ve İvak, M., 1978, Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki bölgenin jeolojisi. *MTA Rapor No. 6618*, 120-131.

Cai, F., Ugai, K., Wakai, A. and Li, Q., 1998, E.ects of horizontal drains on slope stability under rainfall by three-dimensional finite element analysis, *Computers and Geotechnics,* 23, 255-275.

Cernica, J. N., 1995, Geotechnical Engineering: Soil Mechanics: John Wiley & Sons, New York, NY, 11-40.

Çevik, S.Y. ve Ulusay, R., 2004, Babadağ (Denizli) ilçesini etkileyen uzun süreli kaya şevi duraysızlığının statik ve dinamik koşullar açısından araştırılması, *VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Sivas, 267-276.

Coates, D.F., 1970, *Rock Mechanics Principles*, Dept.of Energy, Mines and Resources, Mines Branch Monograph 677-742.

Connor, K.M.O. and Murphy, E.W., 1997, Tdr monitoring as a component of subsidance risk assessment over abondened mines, *İnt. J. Rock Mech. and Min. Sci.,* 34, 3-4.

Corsini, A., Pasuto, A., Soldati, M. and Zannoni, A., 2004, Field monitoring of the Corvara landslide (Dolomites, Italy) and its relevance for hazard assessment, *Geomorphology*, 66, 149-165.

Das, B.M., 1994, *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS Publishing Company, USA, 54-62.

Dobreva, N.D. and Kostak, B., 2000, Monitoring tectonic movements in the Simitli Graben, SW Bulgaria, *Engineering Geology*, 57, 179-192.

Ertürk, E., 1996, Şevlerde hareketlerin izlenmesi için inklinometre aletinin kullanımı ve örnek bir uygulama, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 48, 58-60.

Graham, P.J., 1989, GTİLT Inklinometer data reduction coputer program, *Miltre Software Corporation 9336*, *Canada*, 53.

Goodman, R.E. and Bray, J.W., 1976, Toppling of Rock Slopes, Proc. Conf. on Rock Engineering For foundations and Slopes, ASCE, Boulder, Colo. (USA), Vol. 2, pp. 201-234

Gökay, M.K., Özkan, İ., Özşen, H., Doğan, K. ve Mesutoğlu, M., 2013, TKİ-GLİ Müessesesi BLİ Müdürlüğüne ait Gümüşpınar, Sağırlar ve Çivili Sektörlerindeki Kömür Sahalarının Optimum Değerlendirilme Koşullarının Belirlenmesi, Sağılar ve Çivili Sektörlerindeki Yeraltı Rezervlerinin İşletilmesine Yönelik Avan Projelerin Hazırlanması, TKİ Ara raporu, *Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü,* Konya

Hatzor, Y.H. and Feintuch, A., 2004, The validity of dynamic block displacement prediction using DDA, *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 38, 599-606.

Herrera, G., Fernandez, J.A., Merodo, J.A., Mulas, J., Pastor, M., Luzi, G. and Monserrat, O., 2009, A landslide forecasting model using ground based SAR data: The Portalet case stud, *Engineering Geology*, 105, 220-230.

Hill, C. D. and Sippel, K. D. (2002). "Modern Deformation Monitoring: A Multi Sensor Approach." FIG XXII International Congress, Washington DC, USA, 101-119.

Hoek, E., 1970, Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines, *Institution of Mining and Metallurgy*, A105-A132.

Hoş, T., 1995, Tarsus ayrımı-Mersin otoyolundaki yarma ve dolguların jeoteknik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 52.

Hutchinson, J.N., 1968, Mass 'Movement, *Encyclopedia of Geomorphology* (Editor: R.E. Fairbridge), Reinhold, pp. 688-695.

ISRM, 2007, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: Suggested method prepared by the ISRM commissions on testing methods, Ulusay R. and Hudson J.A., *International Society for Rock Mechanics*, Ankara, 211.

Jennings, J.E., 1970, A Mathematical Theory For the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, Proc. Symp. on *Open Pit Mine Planning, Johannesburg*, pp. 87-102.

Kalkan, Y., Alkan R. M., Baykal, O., Yanalak, M., Erden, T. ve Yıldırım, H. 2002, Heyelanların jeodezik ve geoteknik yöntemlerle izlenmesi: Ambarlı Liman bölgesinde bir uygulama, *İTÜ 80626*, *İstanbul,* 91,103.

Karpuz, C., Koçyiğit, A., Tutluoğlu, L., Düzgün, Ş., Koçal, A., Erdem, E.ve Alkılıçgil, Ç., 2005, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu TKİ, Orhaneli işletmesi açıkocakları panolarında şev tasarımı ve dragline çalışma sisteminin belirlenmesi, TKİ projesi nihai raporu, *OTDÜ, Maden ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara* 100s.

Kennedy, B. A. and Niermeyer, K.E., 1970, Slope Monitoring systems used in the prediction of a major slope failure at the chuquicamata mine, *Symposium on the Theoritical Background to the Planning of Open Pit Mines with Special Reference to Slope Stability*, Johannesburg, 215-225.

Kuang, S., 1996, Geodetic network analysis and optimal design, *Ann Arbor Press, Inc*., ISBN 1-57504-044-1.

Kulaksız, S., Gürer, İ., Şentürk, A., Görmüş, S., Şahbaz, A. ve Aksoy, H., 1991, TKİ-MLİ Orhaneli bölgesi açık ocak işletmesi jeoloji, hidrojeoloji ve zemin etütleri, TKİ nihai rapor, *Hacettepe Üniversitesi*, *Ankara* 52s.

Kumsar, H., Aydan, Ö., Tano, H. ve Atak, O., 2004, Uzun süreli babadağ (denizli) heyelanının kaya mekaniği açısından incelenmesi, *VII.Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Sivas, 277-287.

Knill, J.L., 1967, Types of Slope Failures in Rock, *Geological Society of London*, Engineering Group, Symp. on Rock Slopes, Imperial College, London, 87-139.

Laman, M. ve ark., 2006, Şev stabilitesinin laboratuar model deneyleri ve sayısal yöntemlerle incelenmesi *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi*, 7-8 Eylül, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 6-44.

Lebourg, T., El Bedoui, S. and Hernandez, M., 2009, Control of slope deformations in high seismic area: Results from the Gulf of Corinth observatory site (Greece), *Engineering Geology*, 108, 295-303.

Lee, C.C., Yang, C.H., Liu, H.C., Wen, K.L., Wang, Z.B. and Chen, Y.J., 2008, A Study of the hydrogeological environment of the lishan landslide area using resistivity image profiling and borehole data, *Engineering Geology*, 98, 115-125.

Liu, D.A., Yang, Z.F., Tang, C.H., Wang, J. and Liu, Y., 2004, An automatic monitoring system for the siplock slope of wuqiangxi hydropower station, *Engineering Geology*, 76, 79-91.

Machan, G. and Bennett, V. G., 2008, Use of inclinometers for geotechnical instrumentation on transportation projects, *Transportation Research Board of The National Academies*, Washington, 19.

Mıh, M., 2010, TKİ-GLİ-Ilgın Linyit İşletmesi ÇG-1 Panosunda İnklinometre ve Manyetik Oturma Kolon Ölçer Cihazları ile Şev Duraysızlığının İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 3-12

Mierlo, J.V., Oppen, S. and Vogel, M., 1996, Monitoring of recent crustal movements in the eastern Alps with the Global Positioning System (GPS), *Tectonophysics*, 275, 273-283.

Mora, P., Baldi, P., Casula, G., Fabris, M., Ghirott, M., Mazini, E. and Pesci, A., 2003, Global positioning systems and digital photogrammetry for the monitoring of mass movements: application to the Ca' di Malta landslide (northern apennines, Italy), *Engineering Geology*, 68, 103-121.

Özkan, İ. ve Özşen, H., 2009, Şev yer değişimlerinin bir açık maden ocağı için uzun dönemde izlenmesi ve modellenmesi, *TÜBİTAK araştırma projesi 106M126*, Selçuk Üniversitesi, Nihai rapor, Konya, 13-93.

Özkan, İ., Özşen, H., Oltulu, F. and Boztaş, S., 2010, Mathematical model based on long term inclinometer measurements at an open pit limestone mine, 2nd Conference on Slope Tectonics, Vienna, Austria, 1-5.

Özkan, İ., 2010, Madencilik çalışmalarında arazi ölçüm yöntemleri, Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı yüksek lisans ders notu, Konya, 100s.

Pektaş, A., 2005, TKİ Ilgın Linyit açık ocağı'nda zayıf, tabakalı, kil içerikli ve anisotropik kaya kütle karakteristiğinin belirlenmesi ve şev duraylılık analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-2.

Petley, D.N., Mantovani, F., Bulmer, M.H. and Zannoni, A., 2004, The use of surface monitoring data for the interpretation of landslide movement patterns. *Geomorphology*, 66, 133-147.

Peyret, M., Djamour, Y., Rizza, M., Ritz, J.F., Hurtrez, J.E., Goudarzi, M.A., Nankali, H., Chery, J., Le Dortz, K. and Uri, F., 2008, Monitoring of the large slow Kahrod landslide in Alborz mountain range (Iran) by GPS and SAR interferometer, *Engineering Geology*, 100, 131-141.

Piteau, D.R., 1970, Engineering Geology Contribution to the Study of Stability of Slopes in Rock with Particular Reference to De Beers Mine, *ph. D. Thesis Univ. of the Witwatersrand*, Johannesburg, 4-7.

Richards, L.R., 1975, The Shear Strength of Joints in Weathered Rock, Ph. D. Thesis, Univ. of London (Imperial College), 265-266.

Rizzo, V., 2002, GPS monitoring and new data on slope movements in the Maratea Valley (Potenza, Basilicata), *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, 1535-1544.

Sendir, H. ve Yılmaz, I., 2001, Koyulhisar (Sivas) heyelanlarının incelemesi, *Yer Bilimleri Dergisi,* 18(1), 47.

Sherman, C.W., Elements of Soil Mechanics, *SME Mining Engineering Handbook*, AIME, Sect. 6, 1973, pp. 8-11.

Sisgeo, 2006, INCLIN96, Inclinometric data storage and processing program (Instruction manual) [online], İtaly, http://www.sisgeo.com [01 Haziran 2011].

Tarchi, D., Casagli, N., Fanti, R., Leva, D.D., Luzi, G., Pasuto, A., Pieraccini, M. and Silvano, S., 2003, Landslide monitoring by using ground-based SAR interferometry: an example of application to the Tessina landslide in Italy, *Engineering Geology*, 68, 15-30.

Tuncay, E., 1999, TKİ-Himmetoğlu linyit açık işletmesindeki şevlerin duraylılığının deterministik ve olasılığa dayalı yöntemlerle değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara ,167.

Tunç, A.C., 1995, Toprakkale-İskenderun otoyolu güzergâhındaki heyelan problemlerinin araştırılması, Yüksel Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 15.

Uçaku, B., 2000, Orhaneli linyitlerinin enerji alanında kullanılması, *Haber bülteni.* 2-4.

Ujvari, G., Mentes, G., Banyai, L., Kraft, J., Gyimothy, A. and Kovacs, J., 2009, Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcso, Hungary, *Geomorphology*, 109, 197-209.

Ulusay, R., 1989, Pratik jeoteknik bilgiler, Levent Yener, *Teknomad Yayınları*, Ankara, 141-144.

Uslu, S., 2005, TKİ-GELİ-Yatağan Eskihisar Linyit açık ocağında kaya kütle karakteristiğinin belirlenmesi ve şev duraylılık analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 164.

Ünlü, K., 2010, Bir demiryolu tünelinin tahkimat analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 30.

Üstün, A., Bildirici Ö., Eren, Y., Özdemir, A., Özkan, İ., 2013, Konya kapalı havzasında zemin çökmelerinin jeodezik yöntemlerle izlenmesi ve nedenlerinin araştırılması, TUBİTAK ara raporu (110Y121), Selçuk Üniversitesi, Konya, 85s.

Varnes, D.J., 1978, Slope movement types and processes, *TRB 176*, Washington, 12-33.

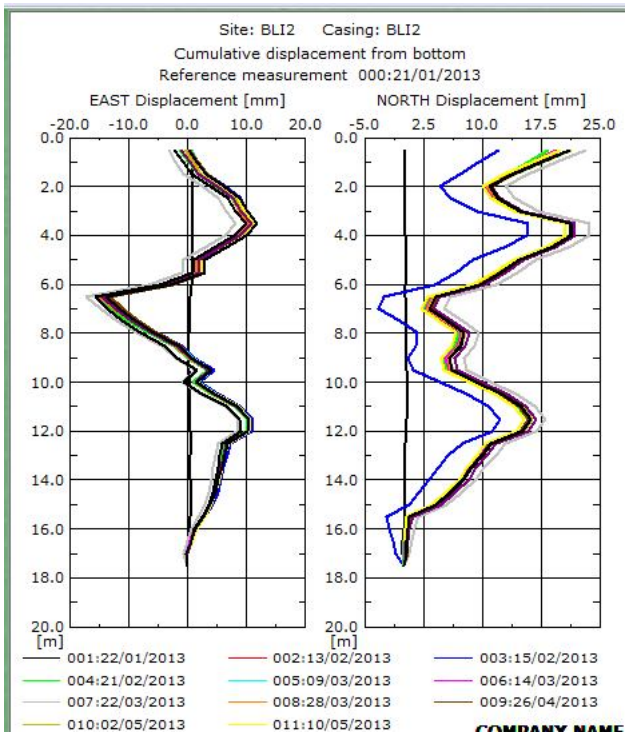
Yoleri, F.M., 1995, TKİ-Geli Eskihisar (Yatağan-Muğla) linyit açık işletmesi pasa yığınları şev duraylılığı çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, Ankara, 129.

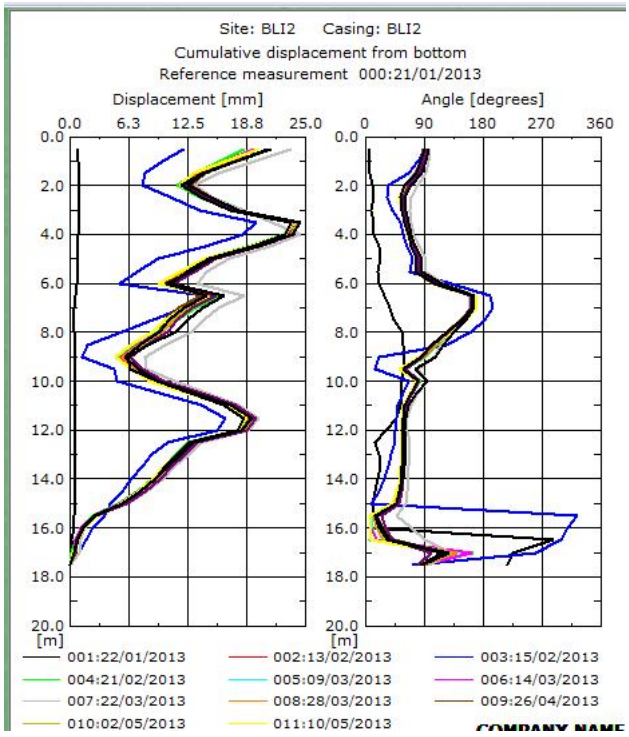
Zvelebil, J. and Moser, M., 2001, Monitoring based time-prediction of rock falls: three case-histories, *Phys. Chem. Earth*, 26, (2), 159-167.

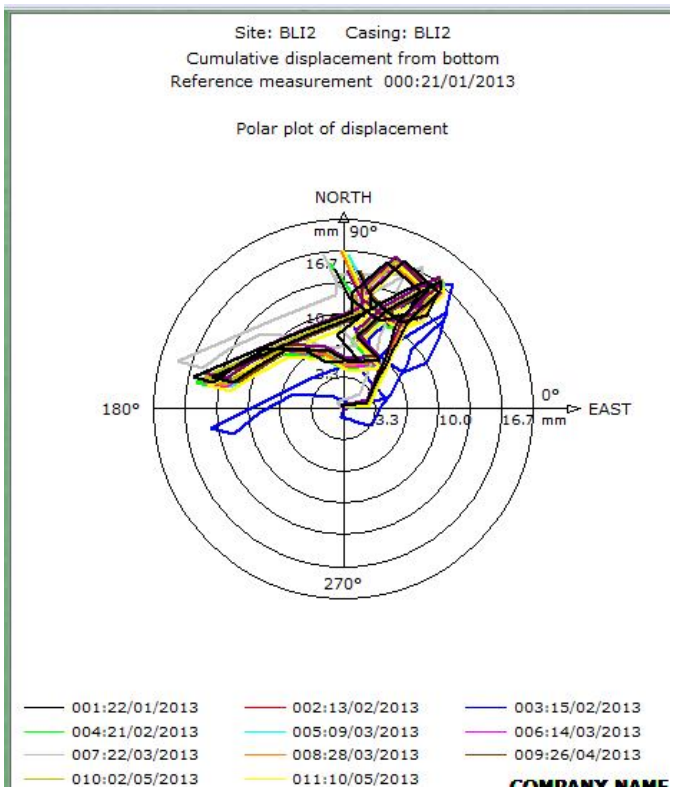
EKLER

EK-1 Orhaneli kömür sahası ölçüm kuyularının INCLI-2 çıktıları

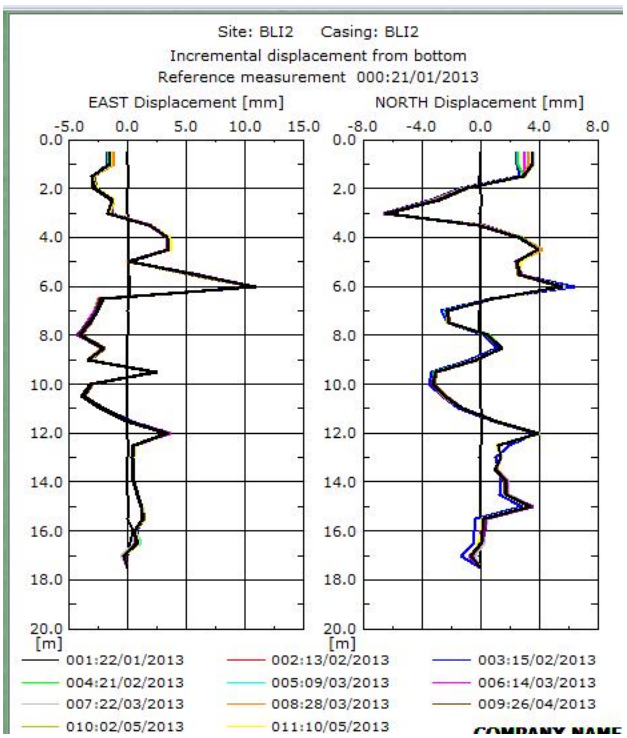
OINK-2 (CD)

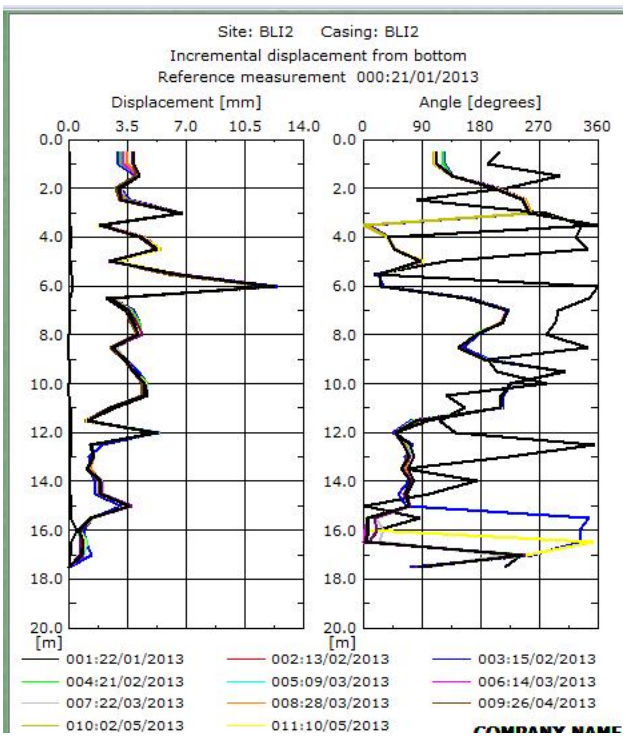


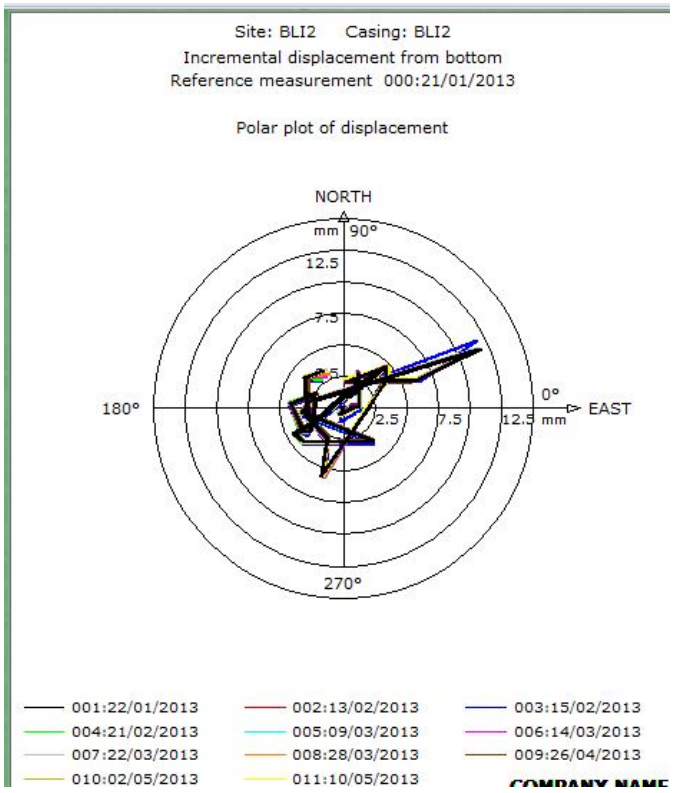




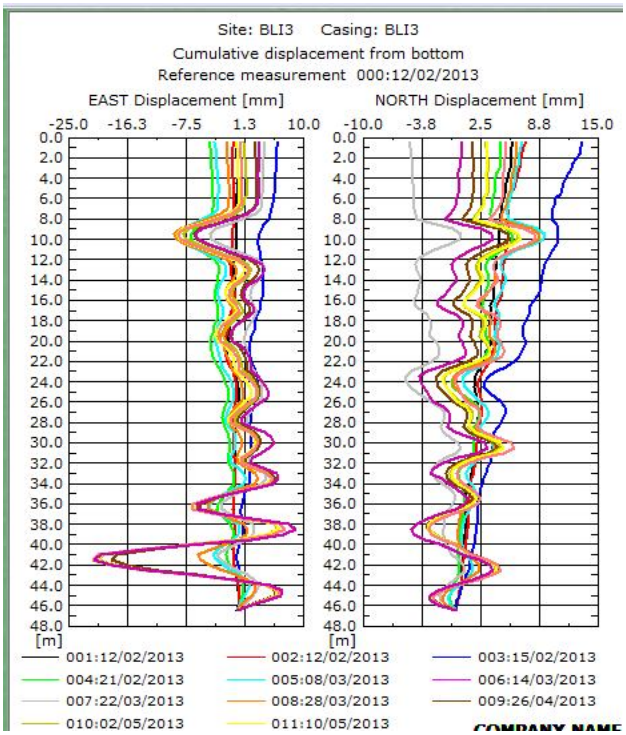
OINK -2 (ID)

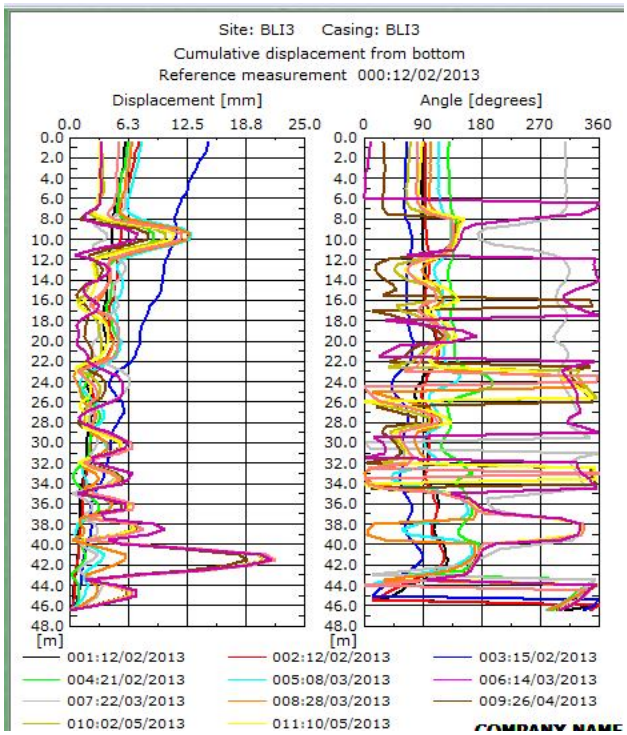

Site: BLI2 Casing: BLI2
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:21/01/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:22/01/2013
002:13/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:09/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

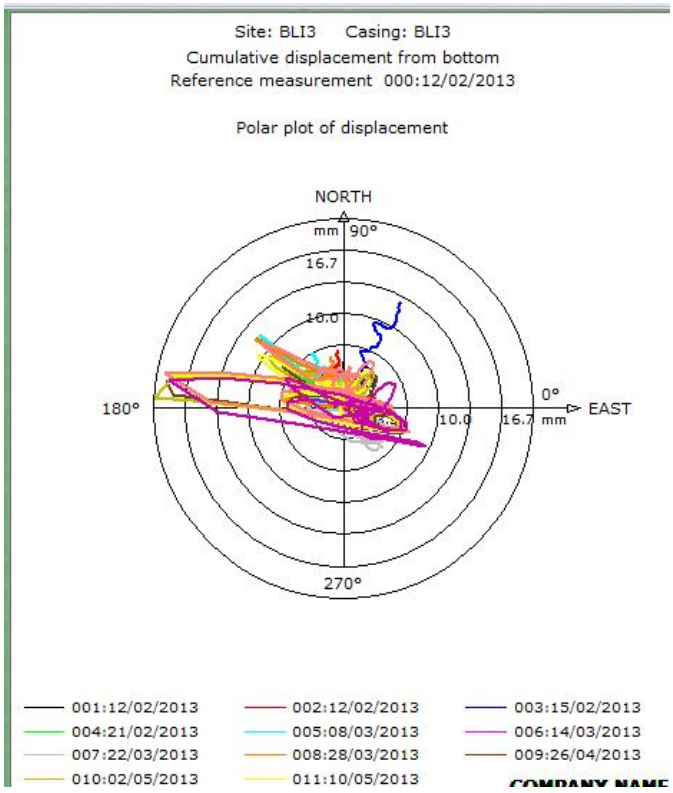

Site: BLI2 Casing: BLI2
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:21/01/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:22/01/2013
002:13/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:09/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI2 Casing: BLI2
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:21/01/2013
Polar plot of displacement
NORTH
EAST
mm
001:22/01/2013
002:13/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:09/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

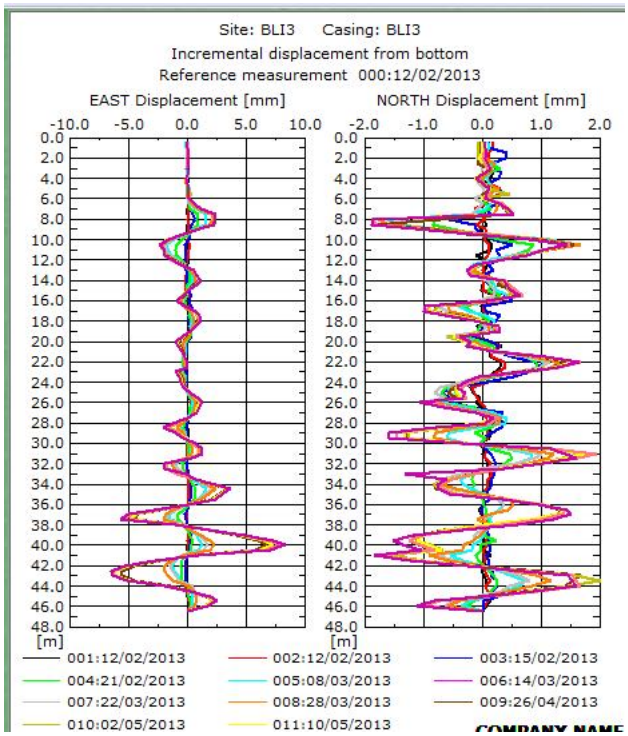
OINK -3 (CD)

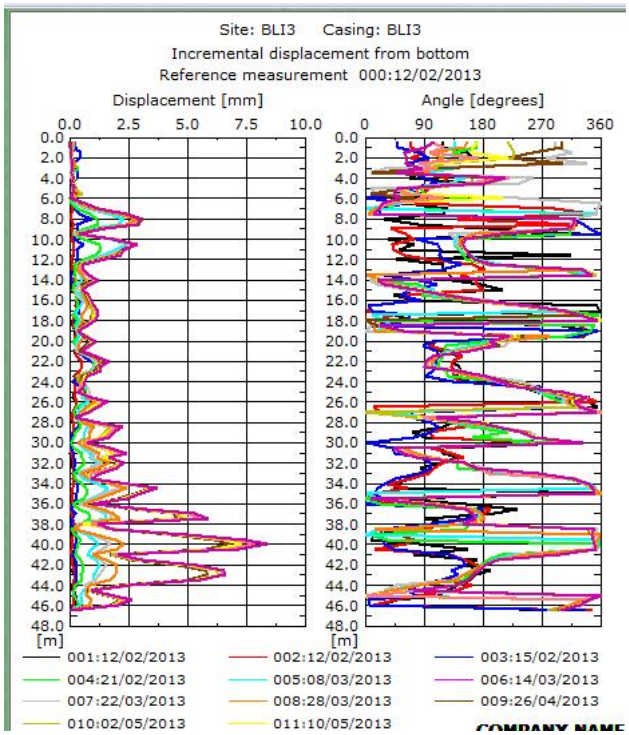

Site: BLI3 Casing: BLI3
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-25.0 -16.3 -7.5 1.3 10.0
-10.0 -3.8 2.5 8.8 15.0
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013

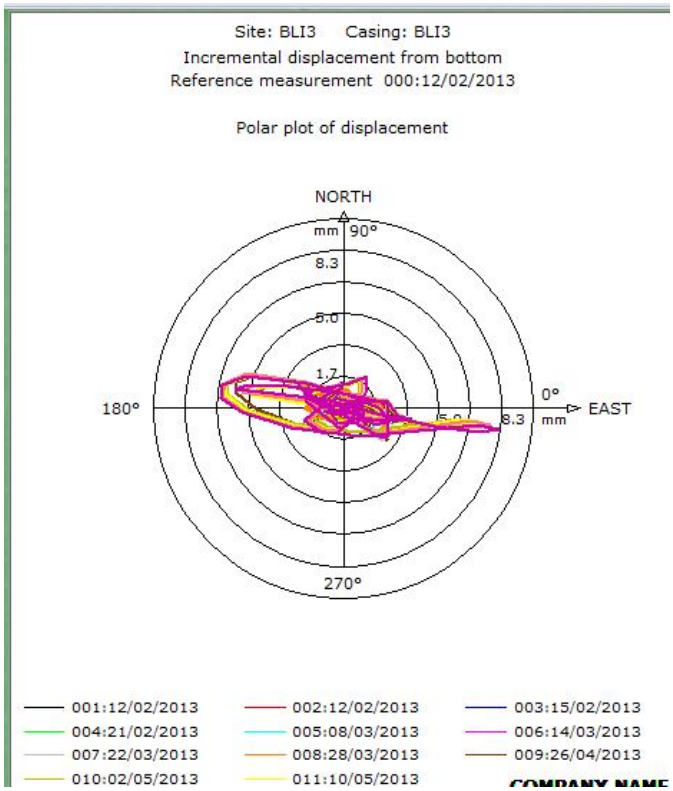

Site: BLI3 Casing: BLI3
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 6.3 12.5 18.8 25.0
0 90 180 270 360
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013


Site: BLI3 Casing: BLI3
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
16.7
10.0
180°
0°
EAST
10.0
16.7 mm
270°
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013

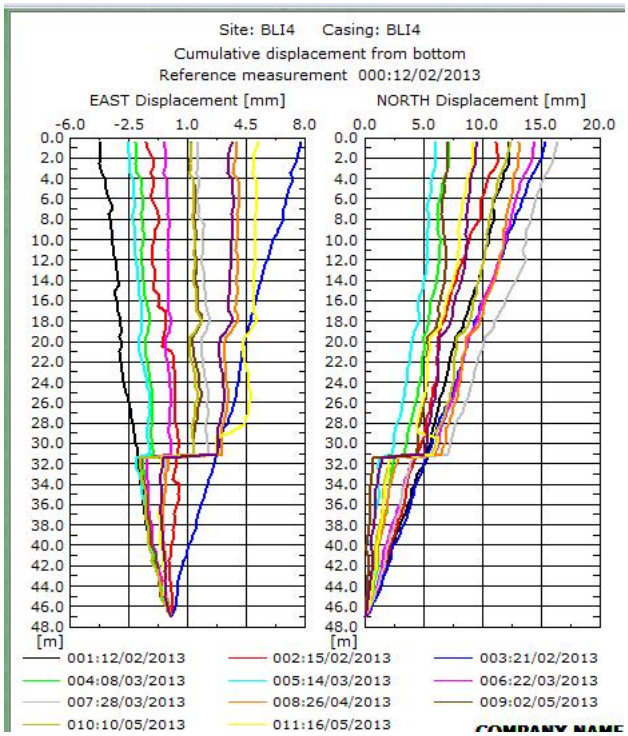
OINK -3 (ID)

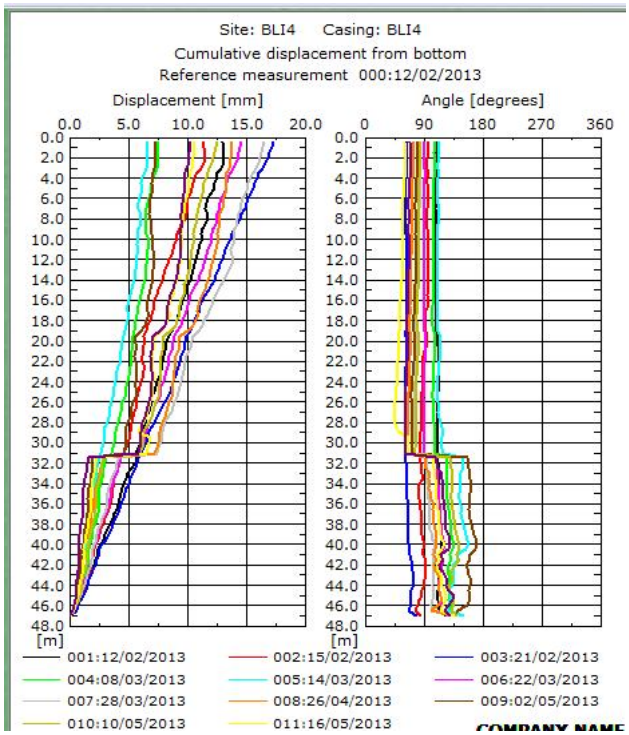

Site: BLI3 Casing: BLI3
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

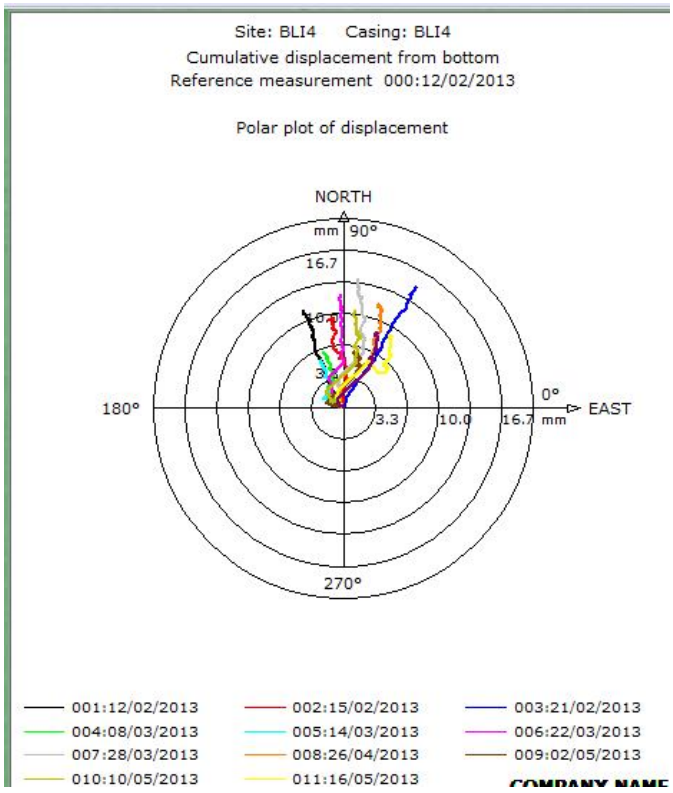

Site: BLI3 Casing: BLI3
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 2.5 5.0 7.5 10.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI3 Casing: BLI3
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
8.3
5.0
1.7
180°
0°
EAST
8.3 mm
270°
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

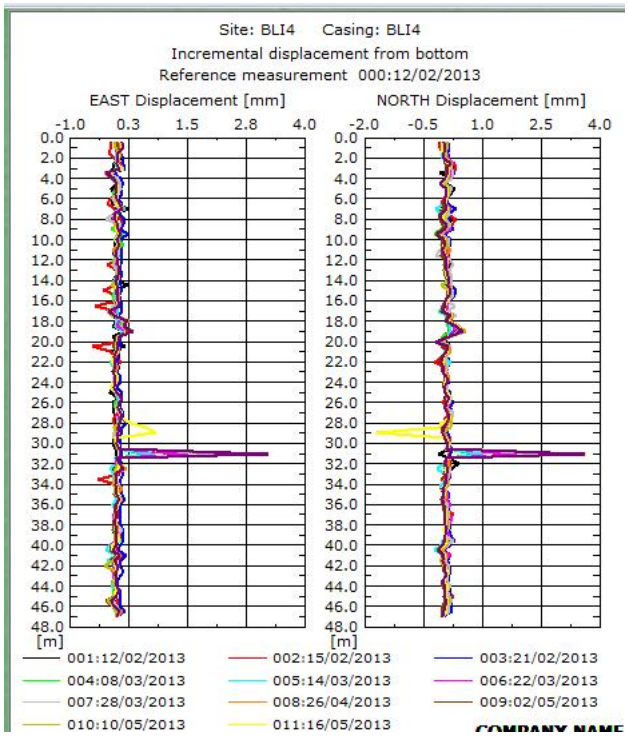
OINK -4 (CD)

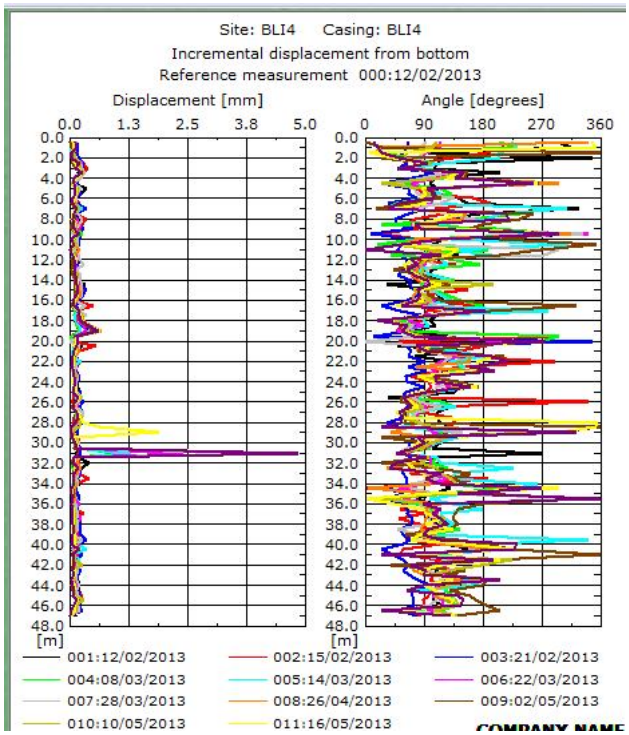

Site: BLI4 Casing: BLI4
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-6.0 -2.5 1.0 4.5 8.0
0.0 5.0 10.0 15.0 20.0
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

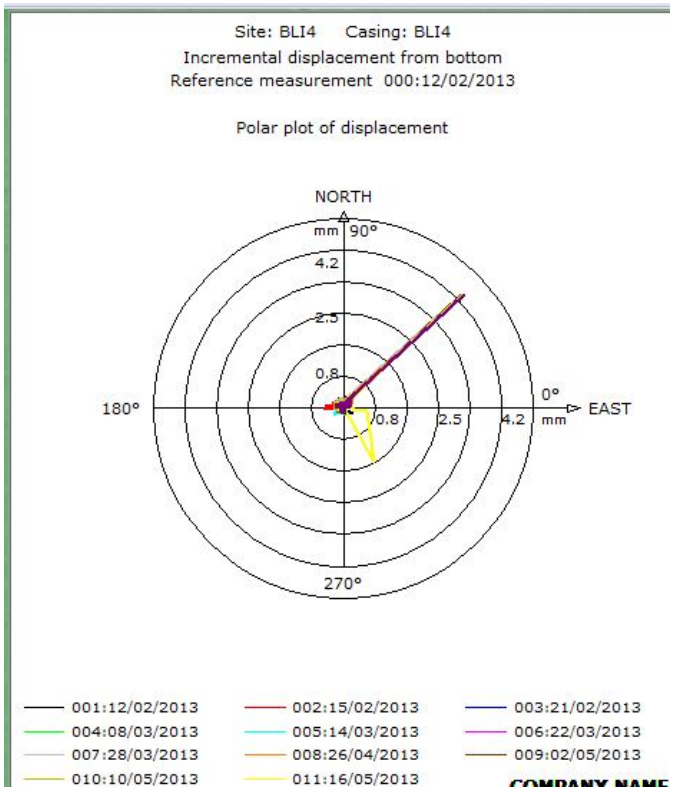

Site: BLI4 Casing: BLI4
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 5.0 10.0 15.0 20.0
0 90 180 270 360
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI4 Casing: BLI4
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
16.7
3
180°
0°
EAST
3.3
10.0
16.7 mm
270°
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

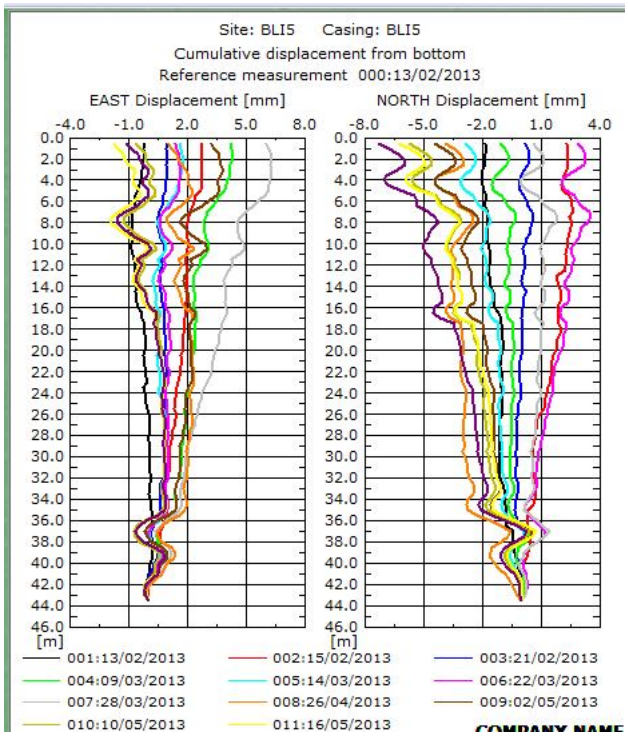
OINK -4 (ID)

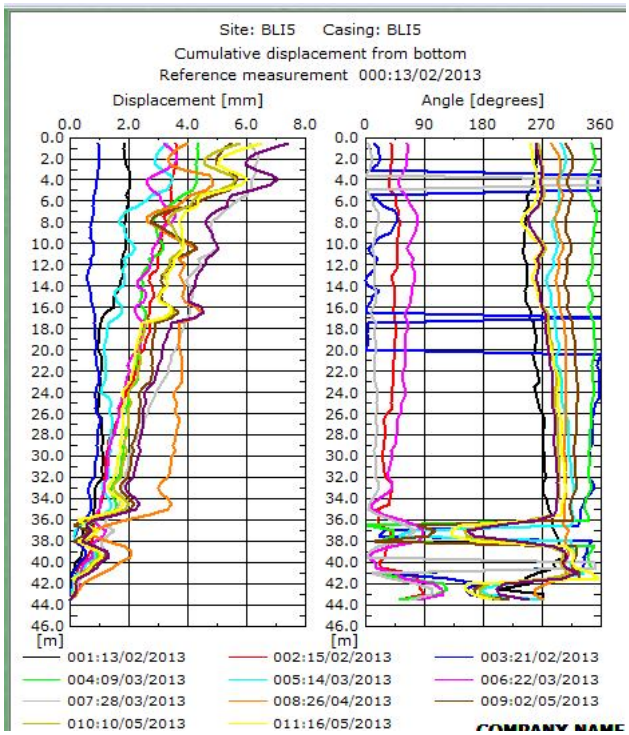

Site: BLI4 Casing: BLI4
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

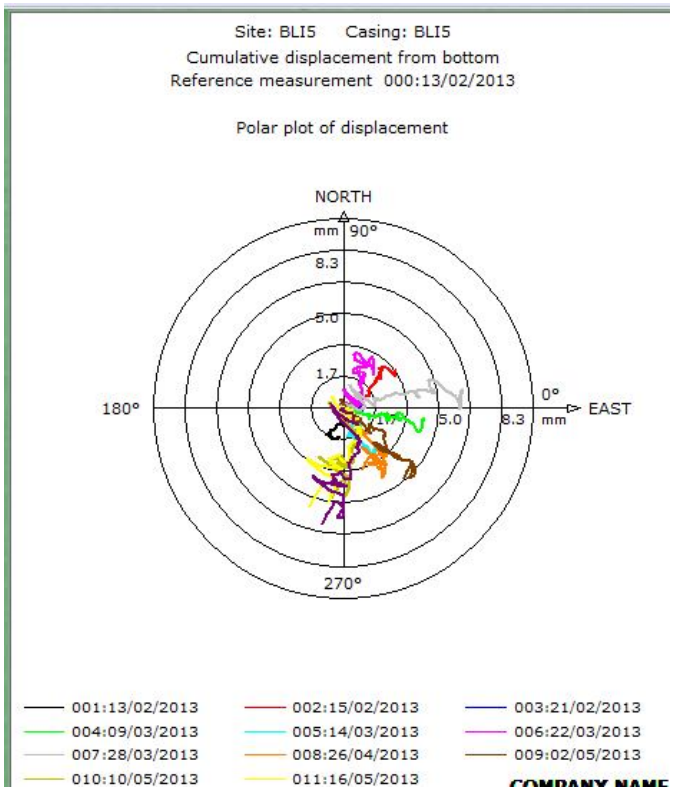

Site: BLI4 Casing: BLI4
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI4 Casing: BLI4
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
180°
270°
0°
EAST
mm
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

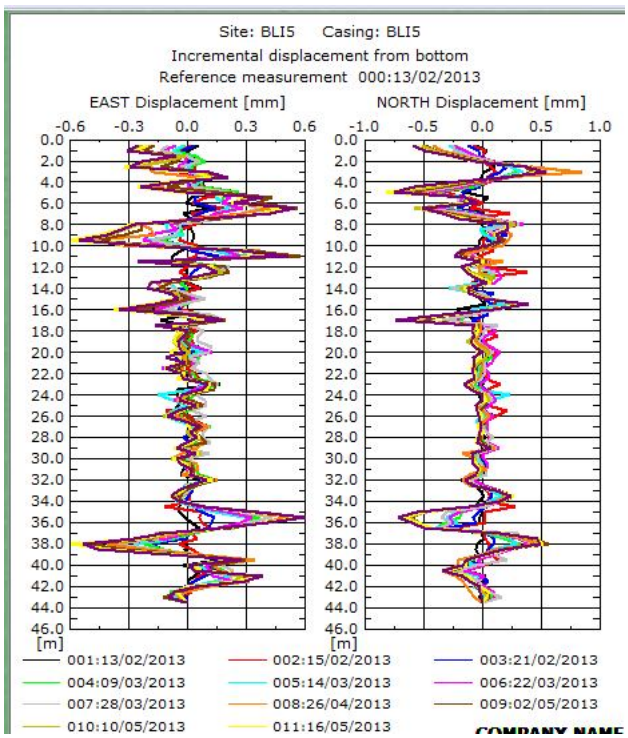
OINK -5 (CD)

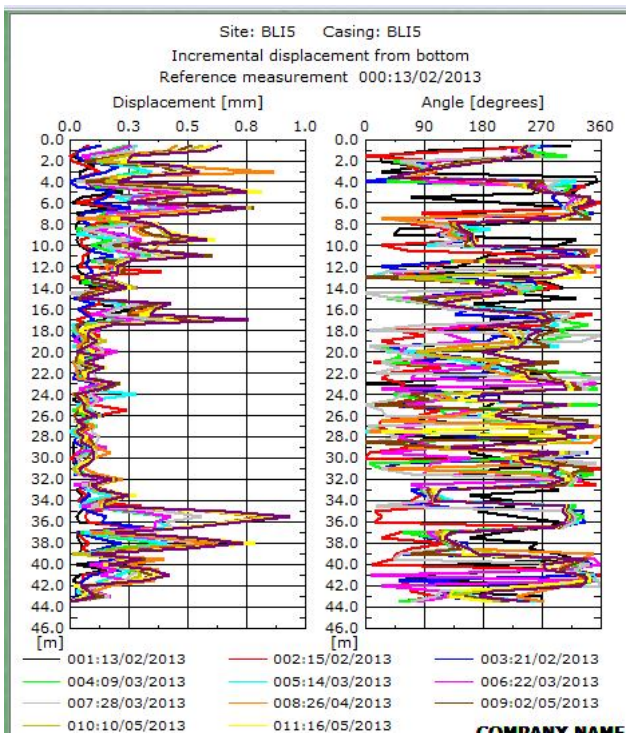

Site: BLI5 Casing: BLI5
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013

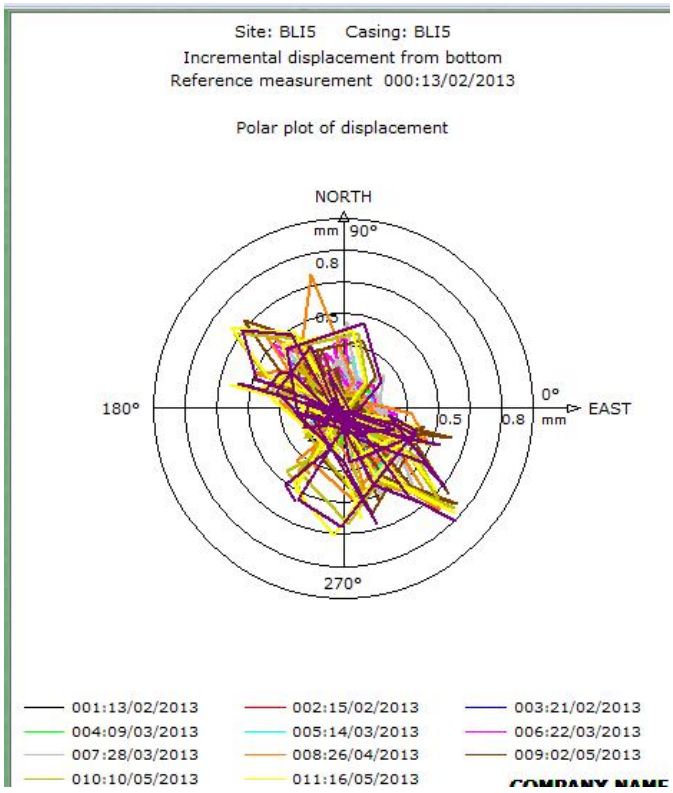

Site: BLI5 Casing: BLI5
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013


Site: BLI5 Casing: BLI5
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
180°
270°
0°
EAST
mm
8.3
5.0
1.7
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013

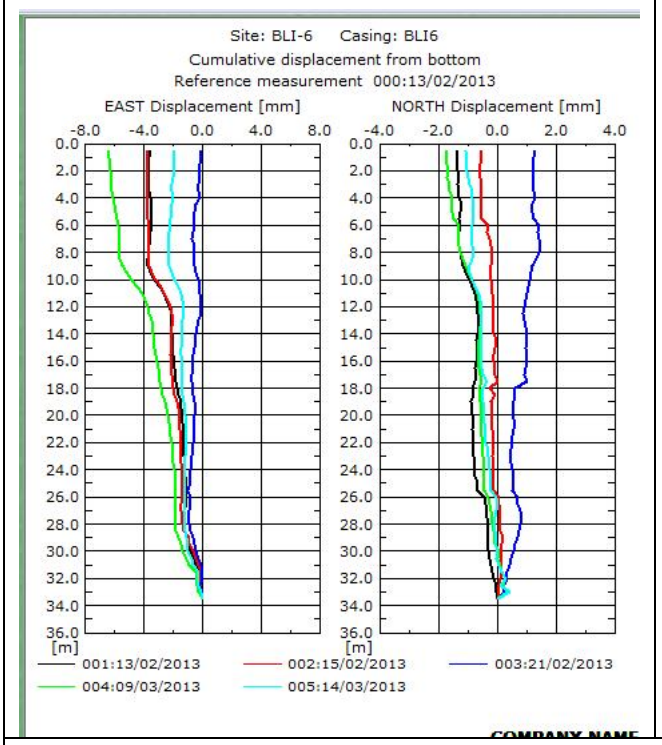
OINK -5 (ID)

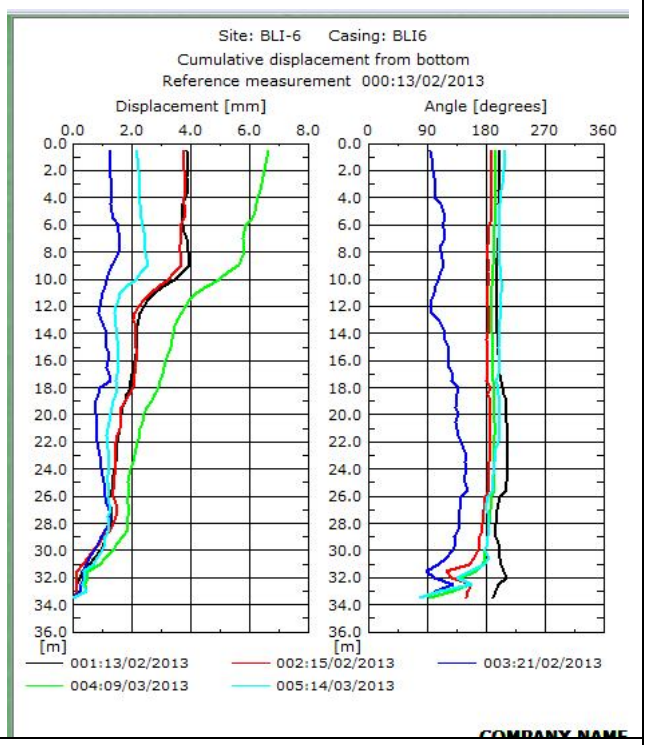

Site: BLI5 Casing: BLI5
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-0.6 -0.3 0.0 0.3 0.6
-1.0 -0.5 0.0 0.5 1.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

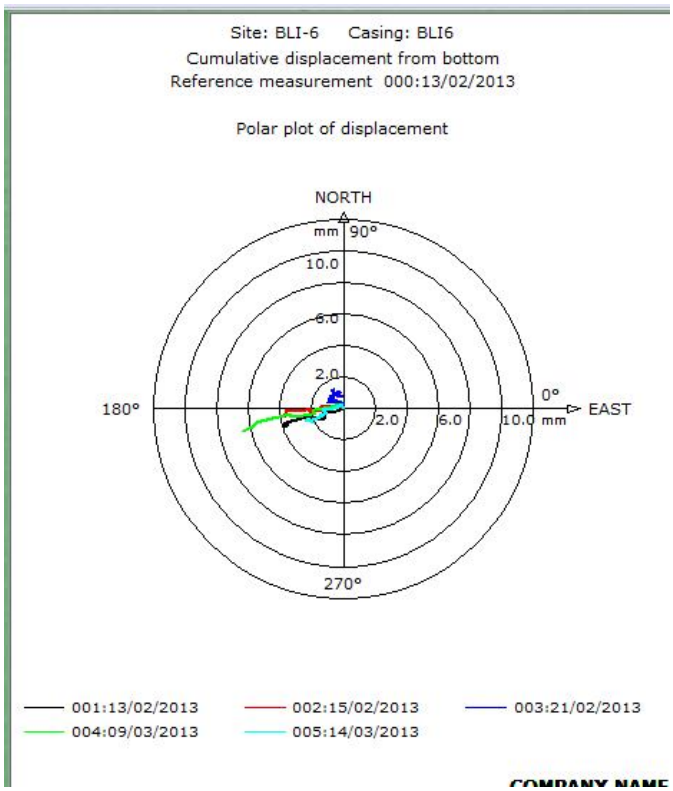

Site: BLI5 Casing: BLI5
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.3 0.5 0.8 1.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI5 Casing: BLI5
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
0.8
0.5
180°
0°
EAST
0.5
0.8
mm
270°
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

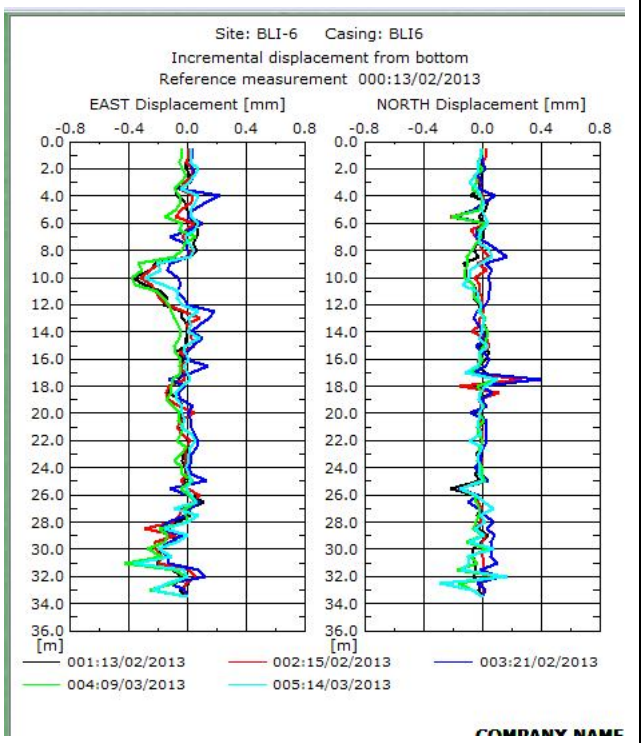
OINK -6 (CD)

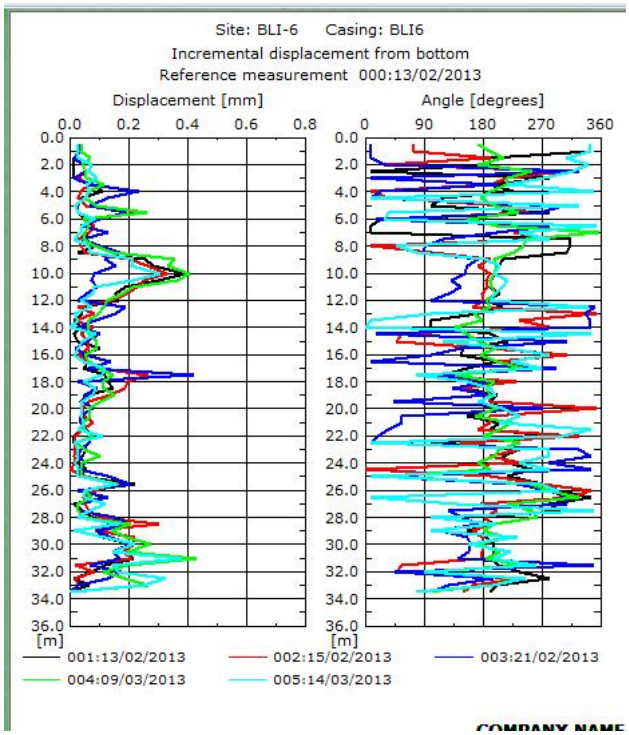

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

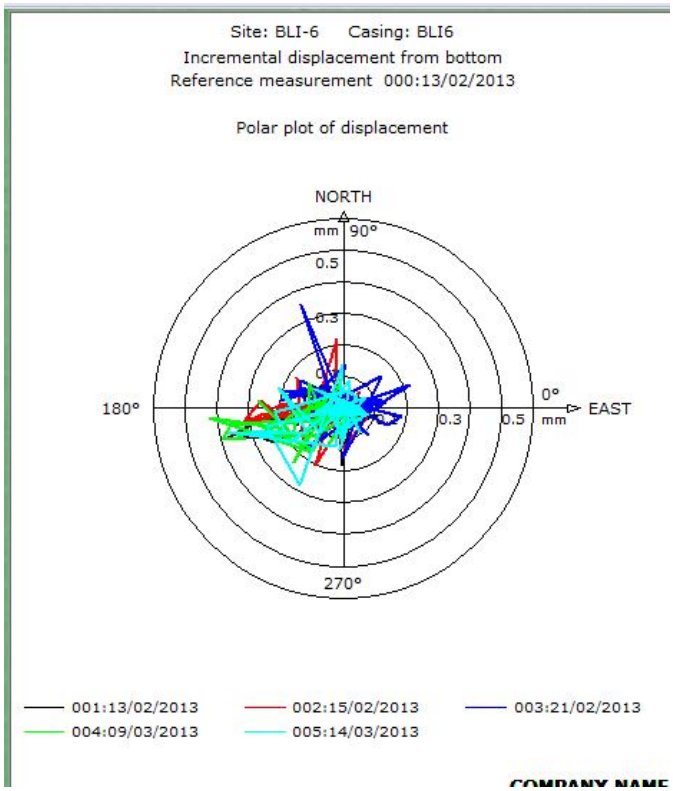

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME


Site: BLI-6 Casing: BLI6
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
EAST
180°
270°
mm
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

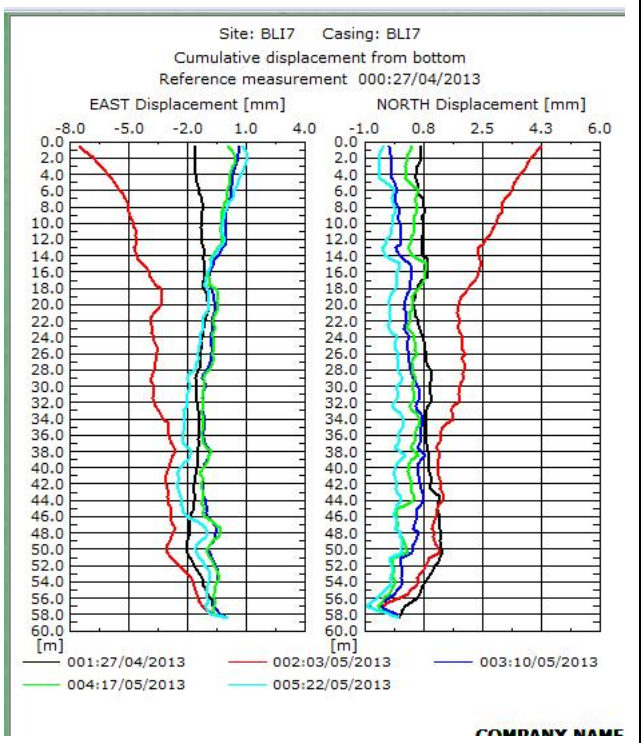
OINK -6 (ID)

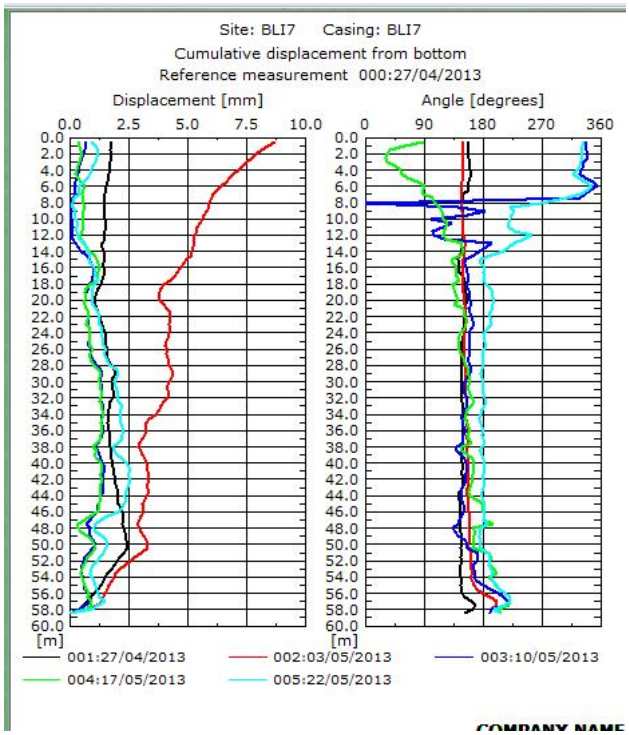

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-0.8 -0.4 0.0 0.4 0.8
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

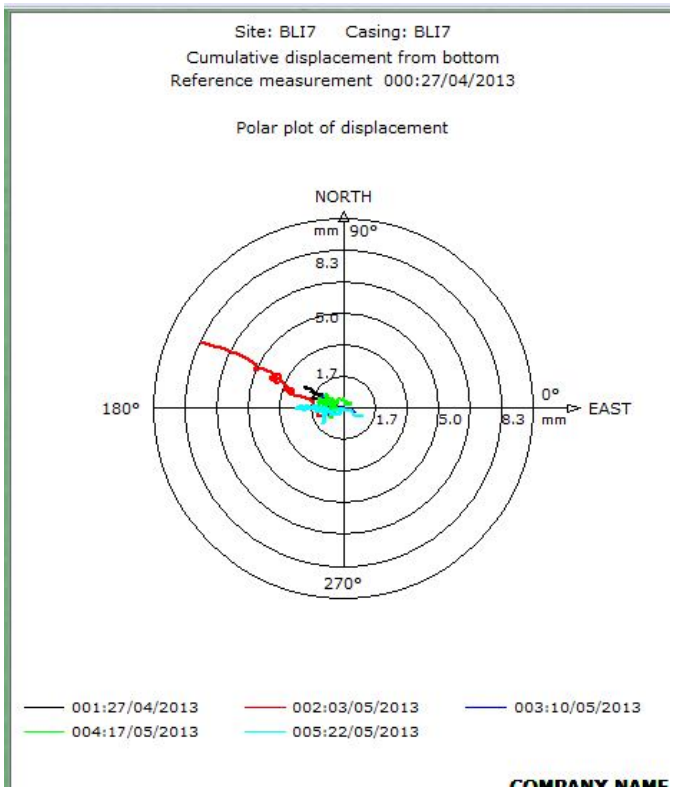

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME


Site: BLI-6 Casing: BLI6
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
0.5
0.3
180°
0°
EAST
0.3
0.5
mm
270°
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

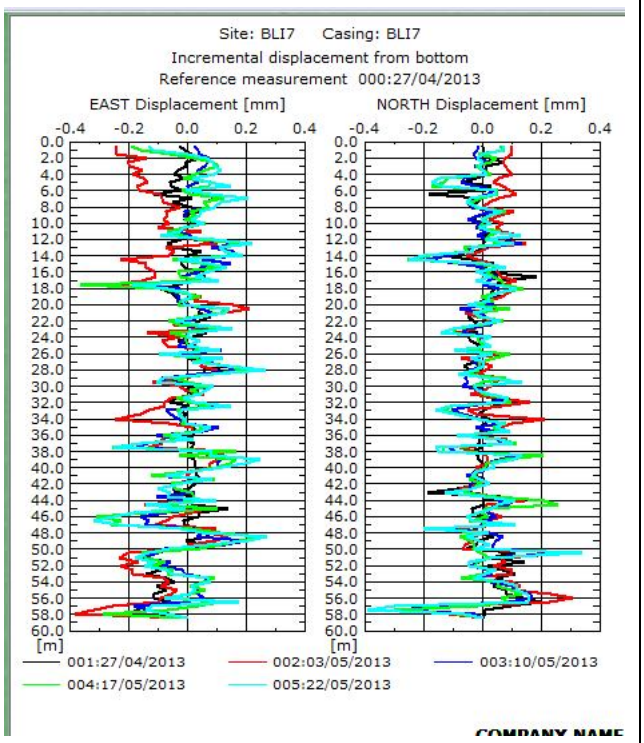
OINK -7 (CD)

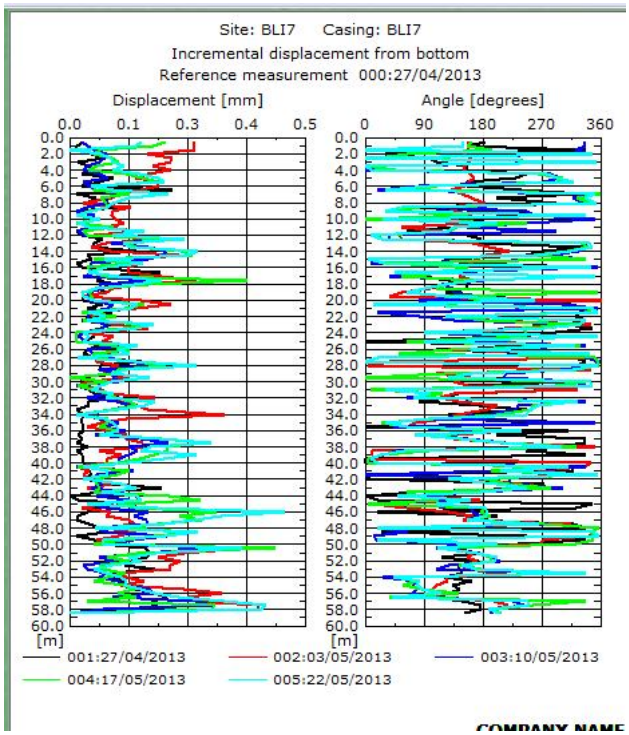

Site: BLI7 Casing: BLI7
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-8.0 -5.0 -2.0 1.0 4.0
-1.0 0.8 2.5 4.3 6.0
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

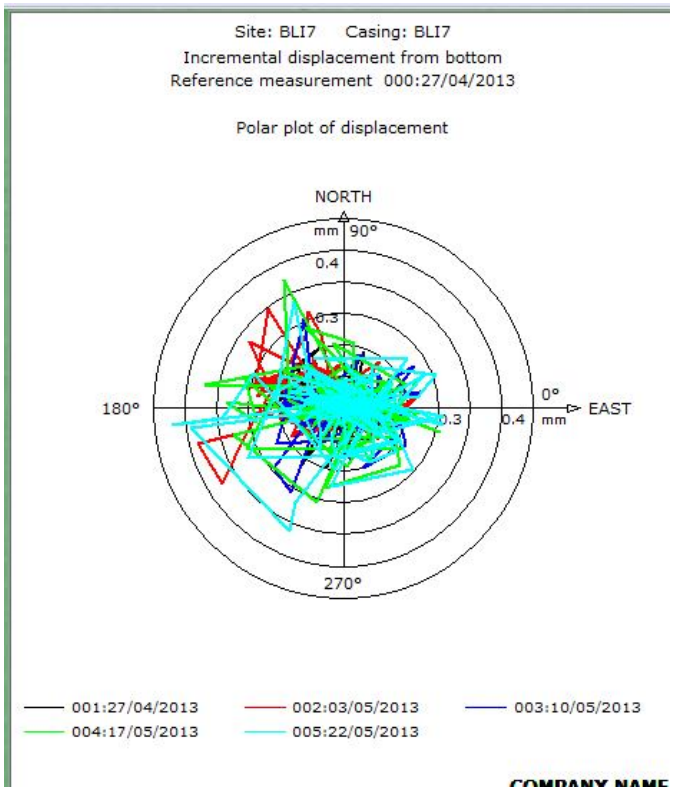

Site: BLI7 Casing: BLI7
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 2.5 5.0 7.5 10.0
0 90 180 270 360
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI7 Casing: BLI7
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
8.3
5.0
1.7
180°
0°
EAST
1.7
5.0
8.3
mm
270°
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

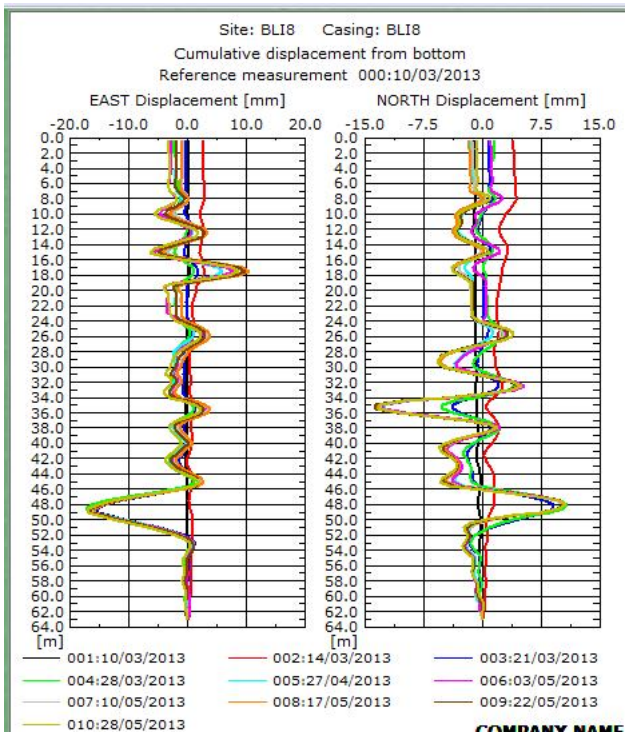
OINK -7 (ID)

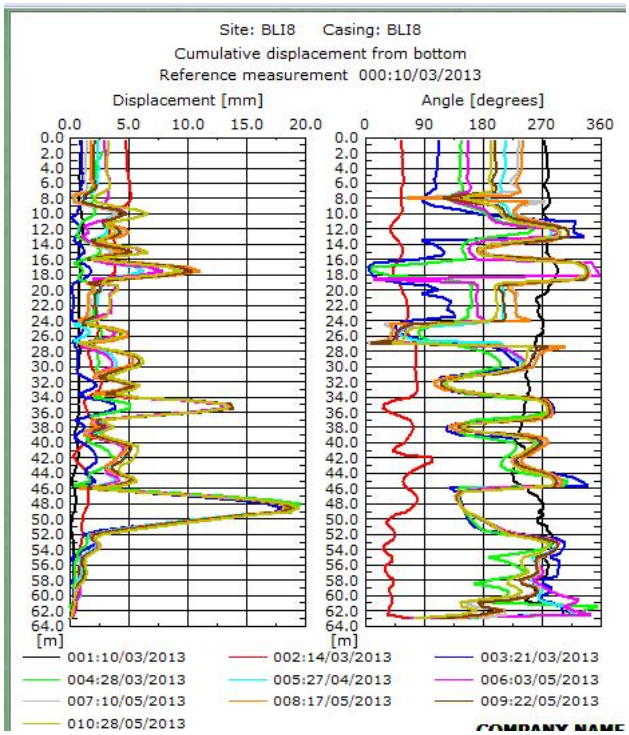

Site: BLI7 Casing: BLI7
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-0.4 -0.2 0.0 0.2 0.4
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

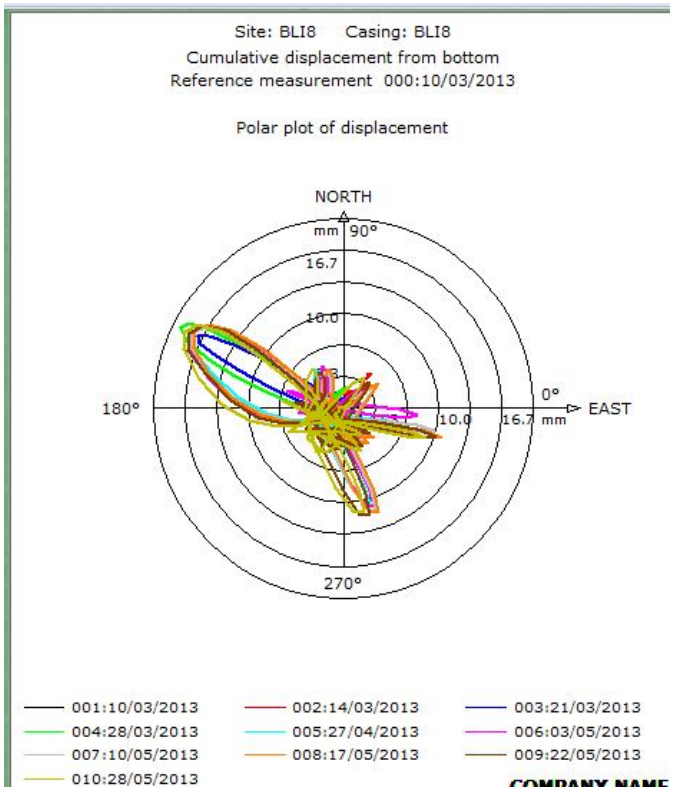

Site: BLI7 Casing: BLI7
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.1 0.3 0.4 0.5
0 90 180 270 360
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI7 Casing: BLI7
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
0.4
0.3
180°
0°
EAST
270°
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

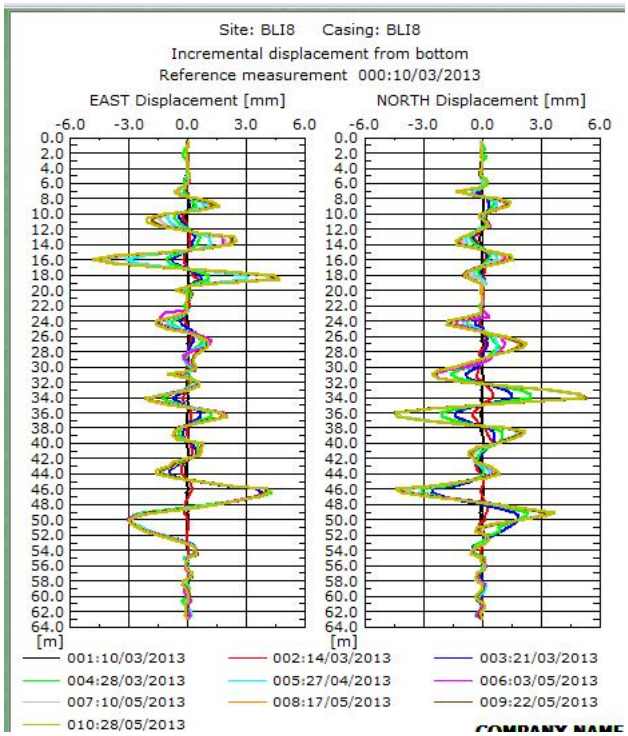
OINK -8 (CD)

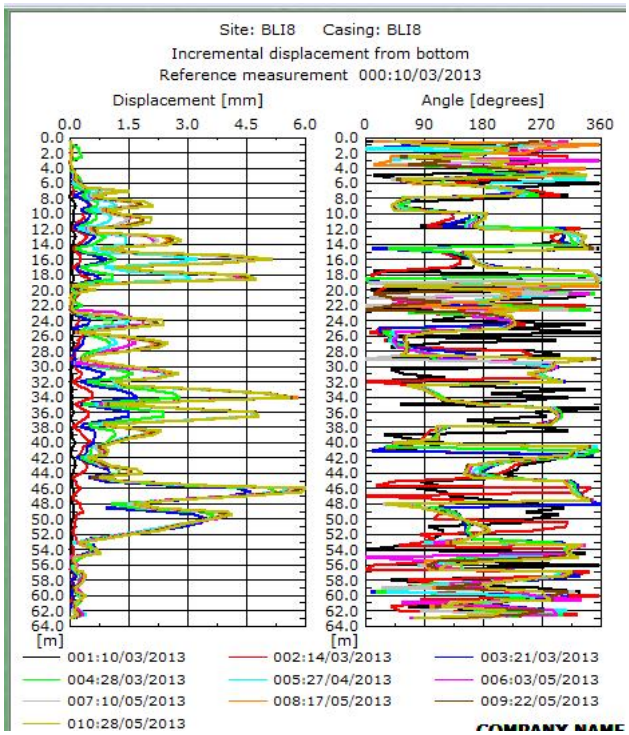

Site: BLI8 Casing: BLI8
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

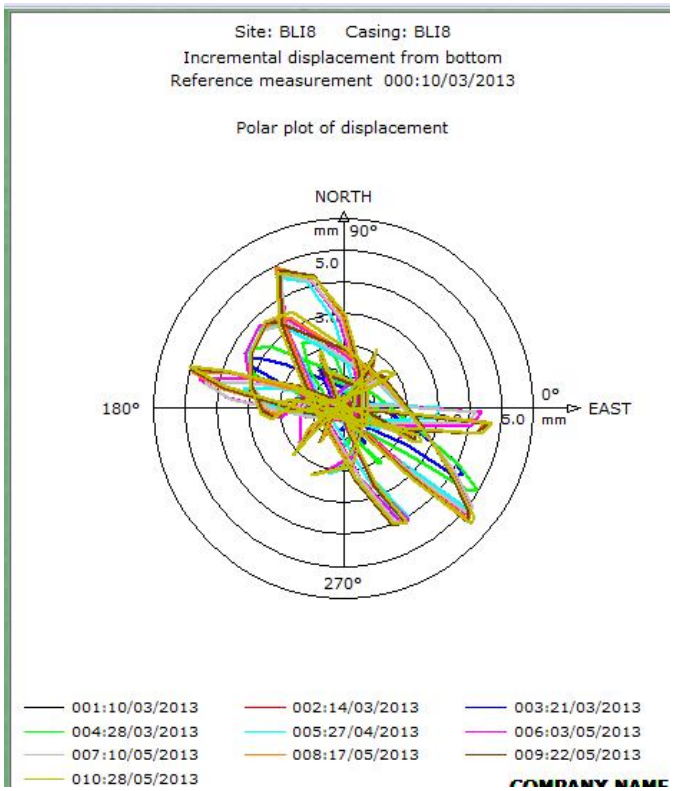

Site: BLI8 Casing: BLI8
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI8 Casing: BLI8
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
16.7
10.0
0°
EAST
180°
270°
mm
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

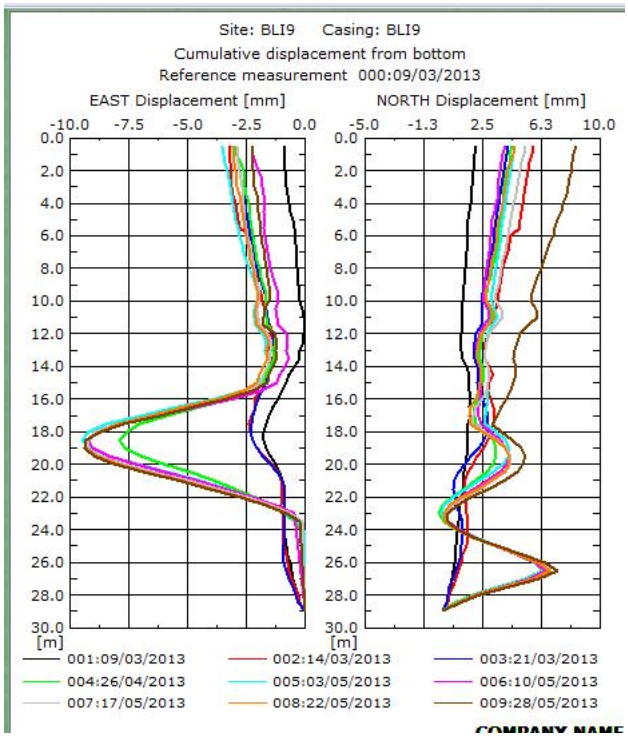
OINK -8 (ID)

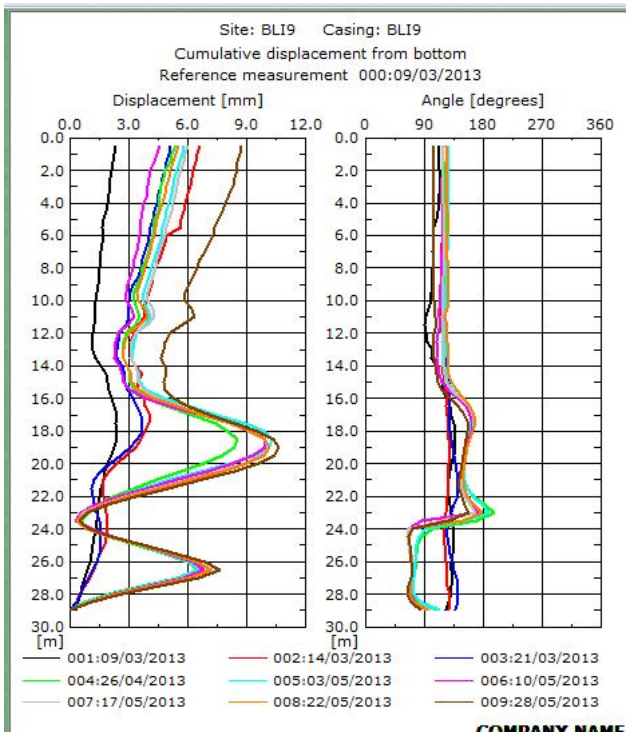

Site: BLI8 Casing: BLI8
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-6.0 -3.0 0.0 3.0 6.0
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

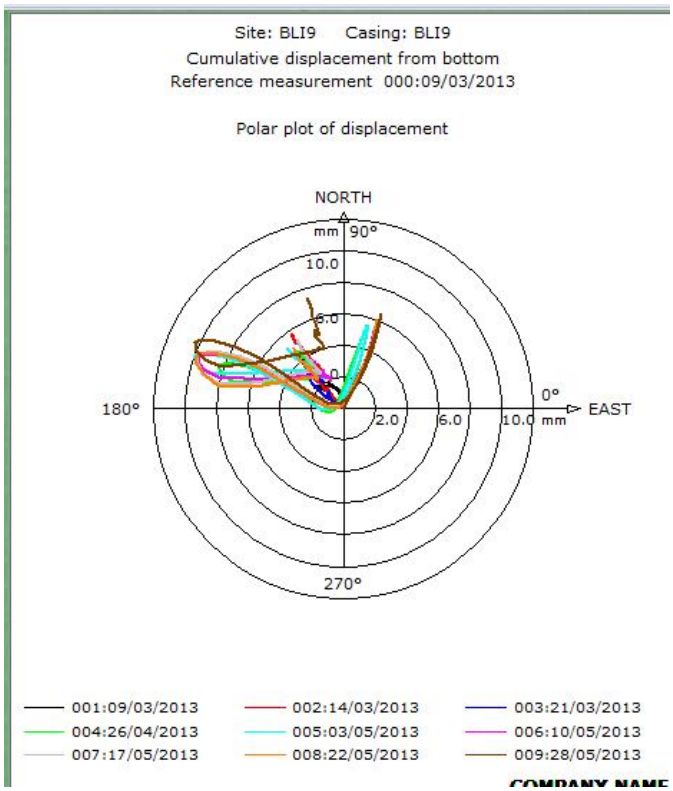

Site: BLI8 Casing: BLI8
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.5 3.0 4.5 6.0
0 90 180 270 360
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI8 Casing: BLI8
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
5.0
180°
0°
EAST
5.0
mm
270°
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

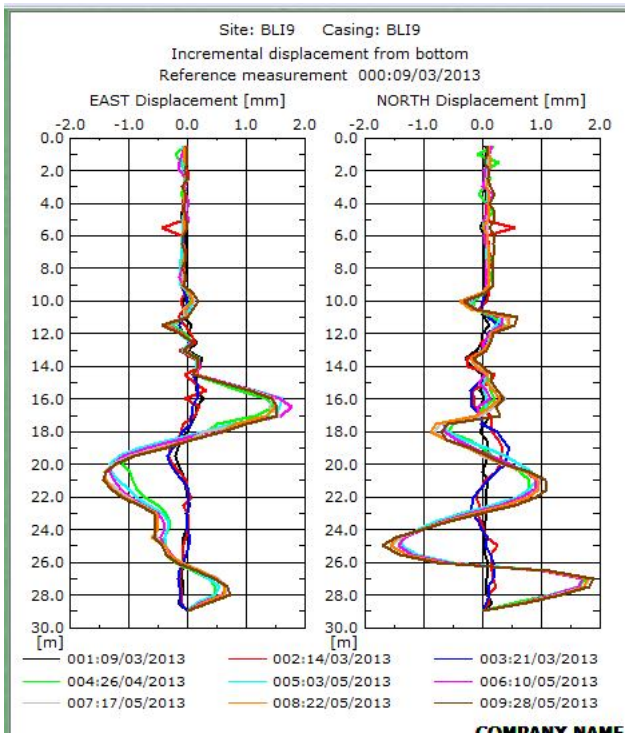
OINK -9 (CD)

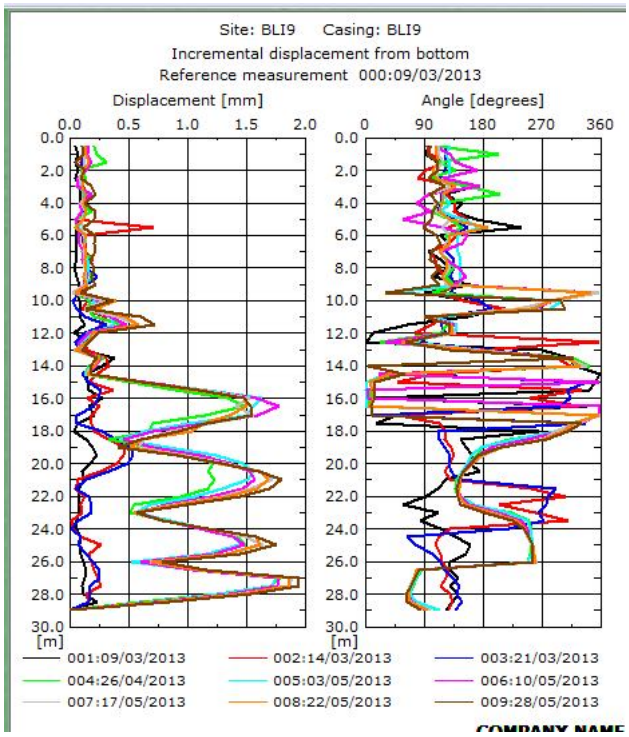

Site: BLI9 Casing: BLI9
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-10.0 -7.5 -5.0 -2.5 0.0
-5.0 -1.3 2.5 6.3 10.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

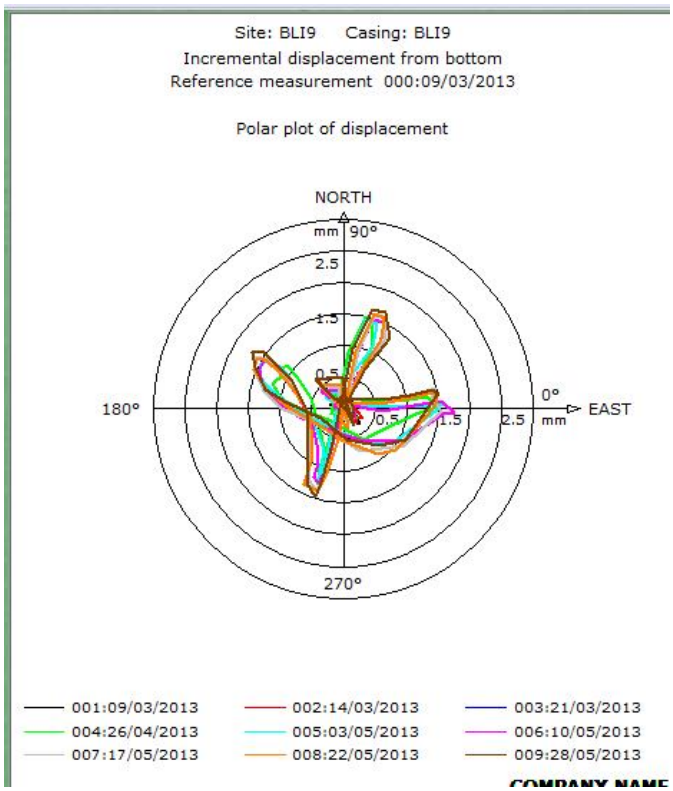

Site: BLI9 Casing: BLI9
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 3.0 6.0 9.0 12.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI9 Casing: BLI9
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
10.0
6.0
2.0
0°
EAST
180°
270°
2.0 6.0 10.0 mm
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

OINK -9 (ID)

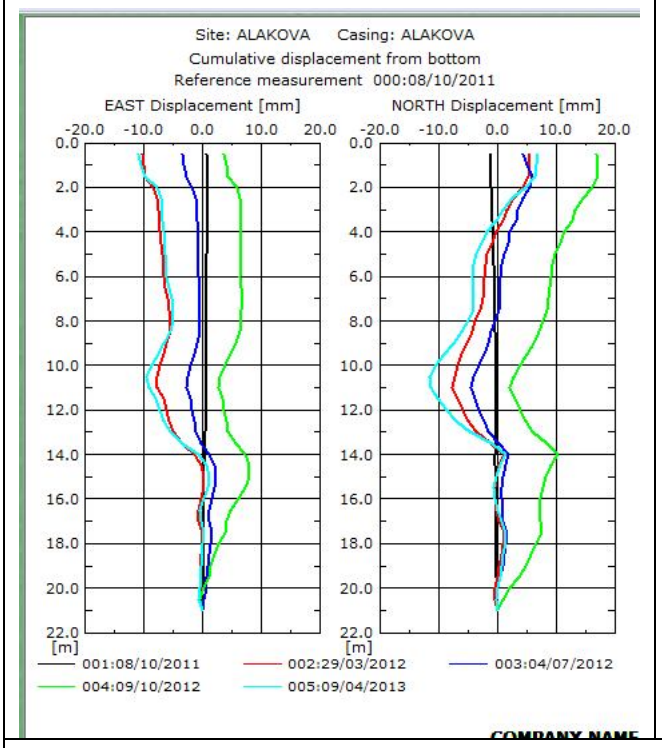

Site: BLI9 Casing: BLI9
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

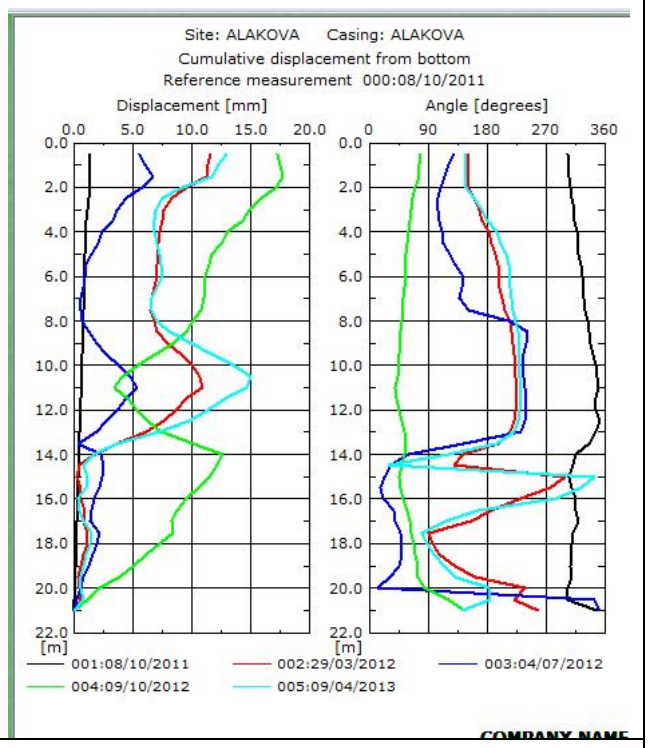

Site: BLI9 Casing: BLI9
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

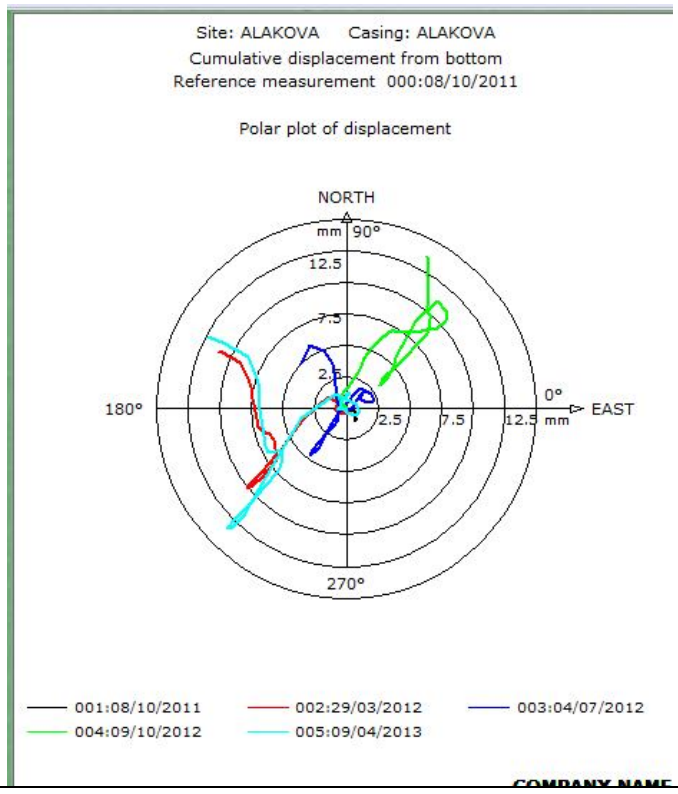

Site: BLI9 Casing: BLI9
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
2.5
1.5
0.5
0°
EAST
180°
270°
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

EK-2 Konya Çumra tarım havzasındaki ölçüm kuyularının INCLI-2 çıktıları

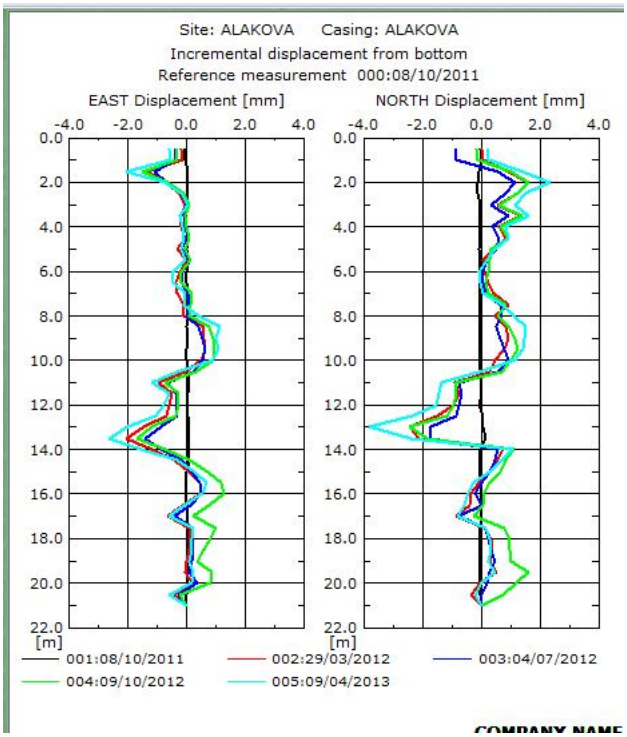
ALAKOVA (CD)

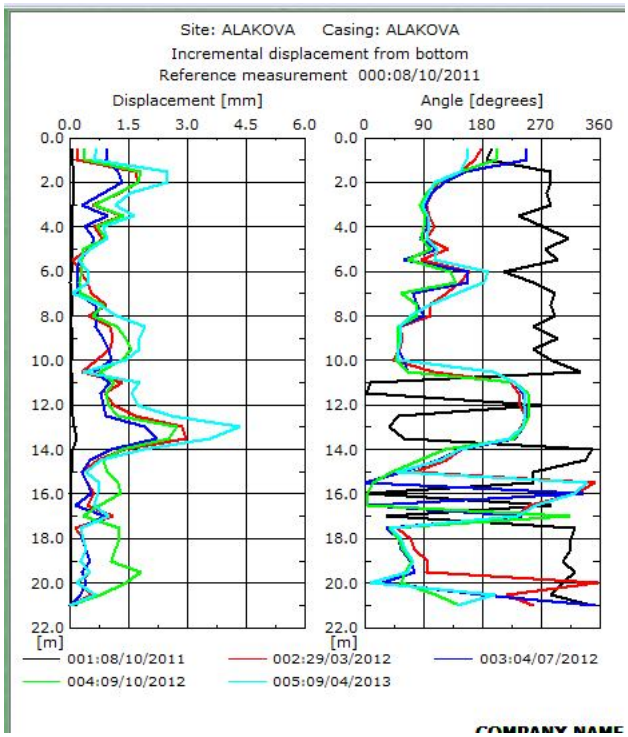


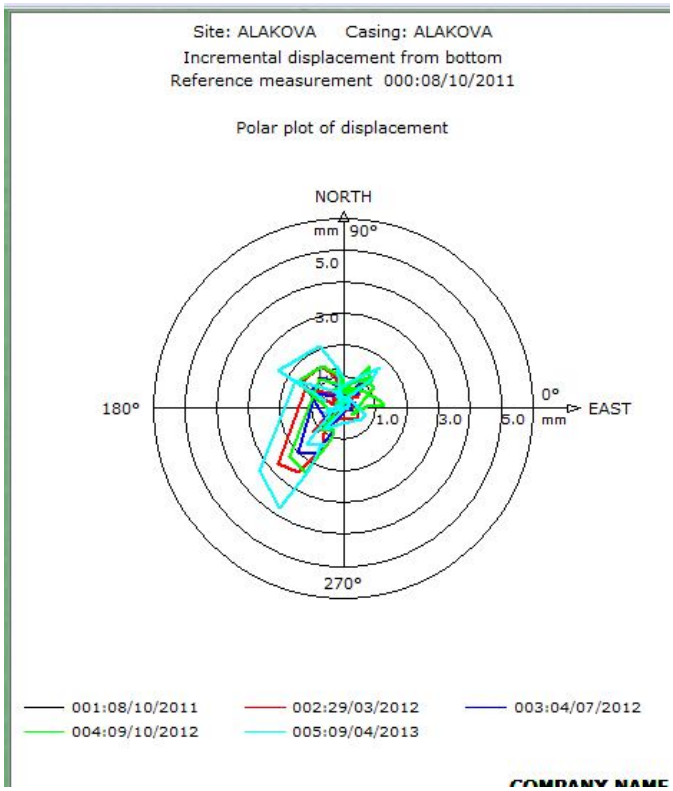




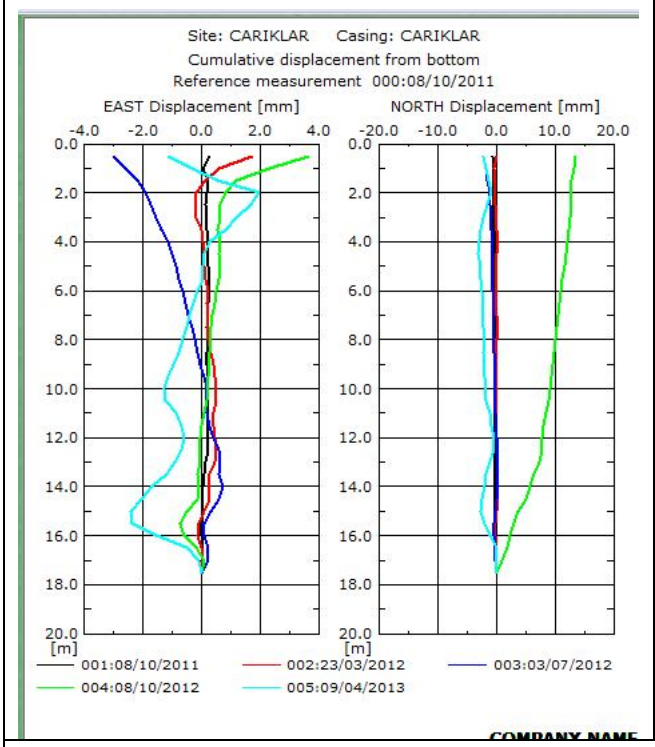
ALAKOVA (ID)

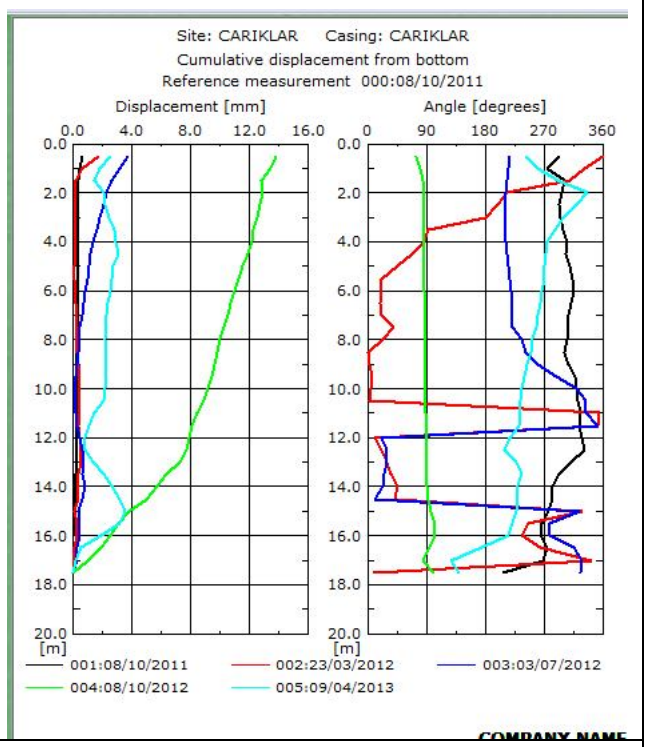

Site: ALAKOVA Casing: ALAKOVA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:08/10/2011
002:29/03/2012
003:04/07/2012
004:09/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

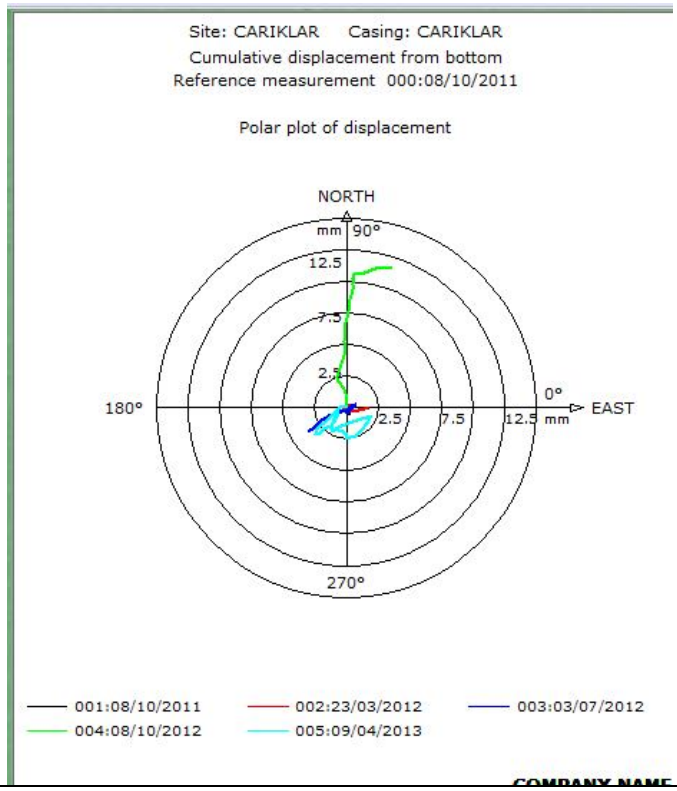

Site: ALAKOVA Casing: ALAKOVA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.5 3.0 4.5 6.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:08/10/2011
002:29/03/2012
003:04/07/2012
004:09/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: ALAKOVA Casing: ALAKOVA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
5.0
3.0
180°
0°
EAST
1.0
3.0
5.0
mm
270°
001:08/10/2011
002:29/03/2012
003:04/07/2012
004:09/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

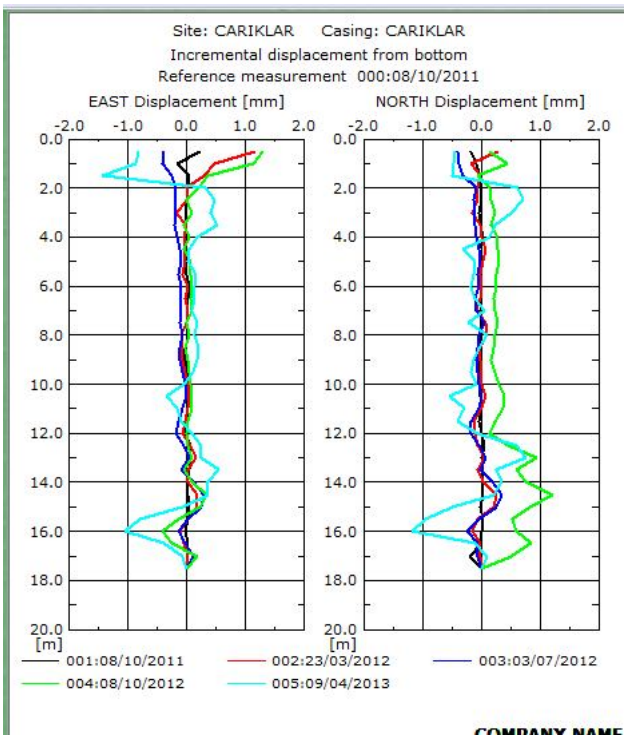
ÇARIKLAR (CD)

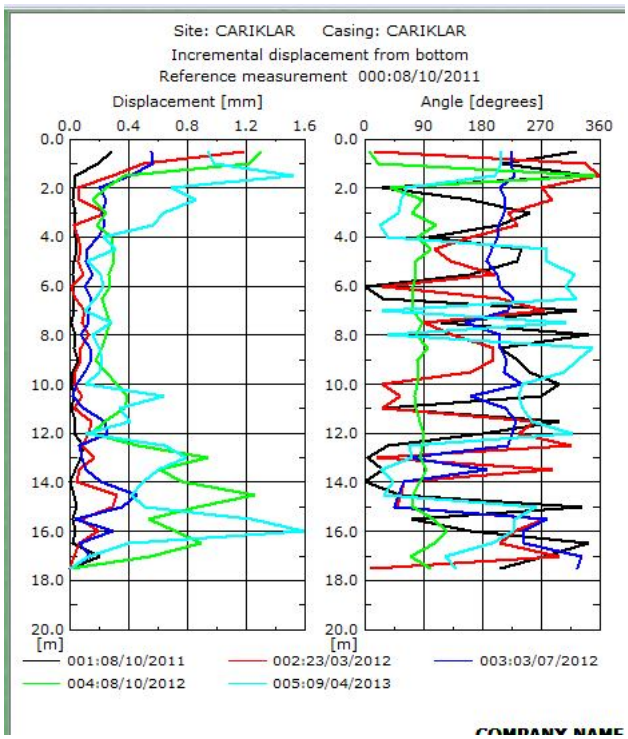

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
-20.0 -10.0 0.0 10.0 20.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

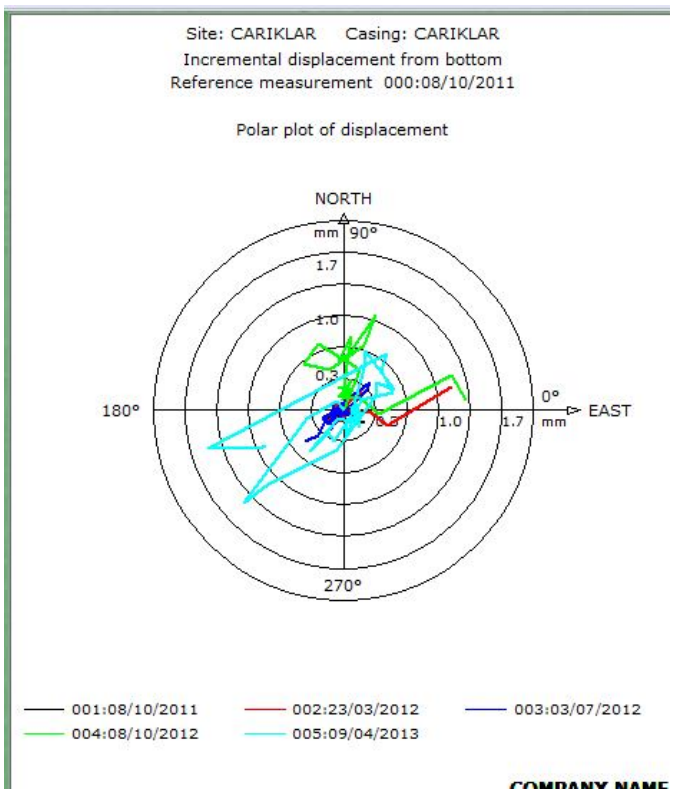

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 4.0 8.0 12.0 16.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
12.5
7.5
2.5
180°
0°
EAST
2.5 7.5 12.5 mm
270°
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

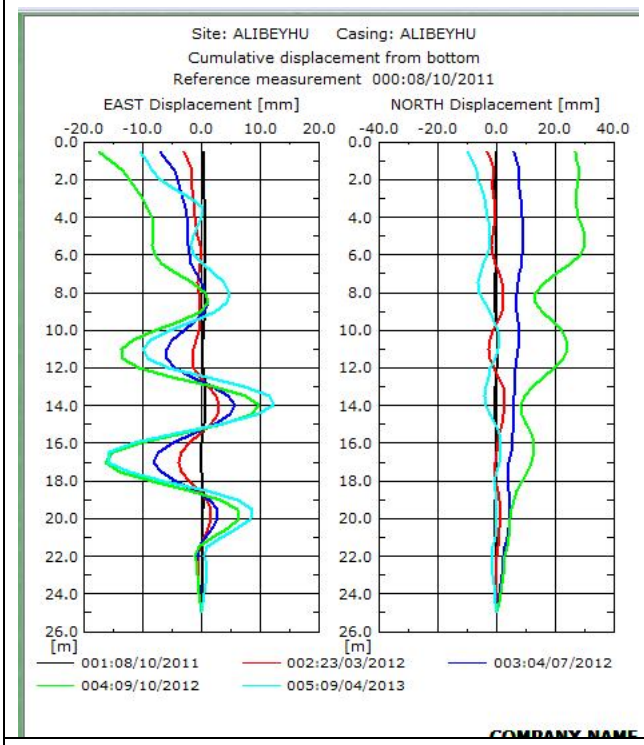
ÇARIKLAR (ID)

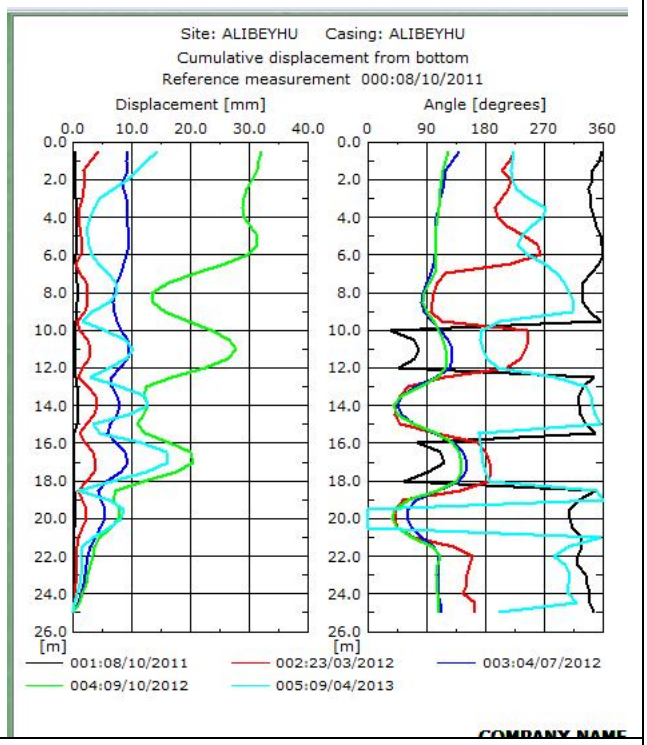

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

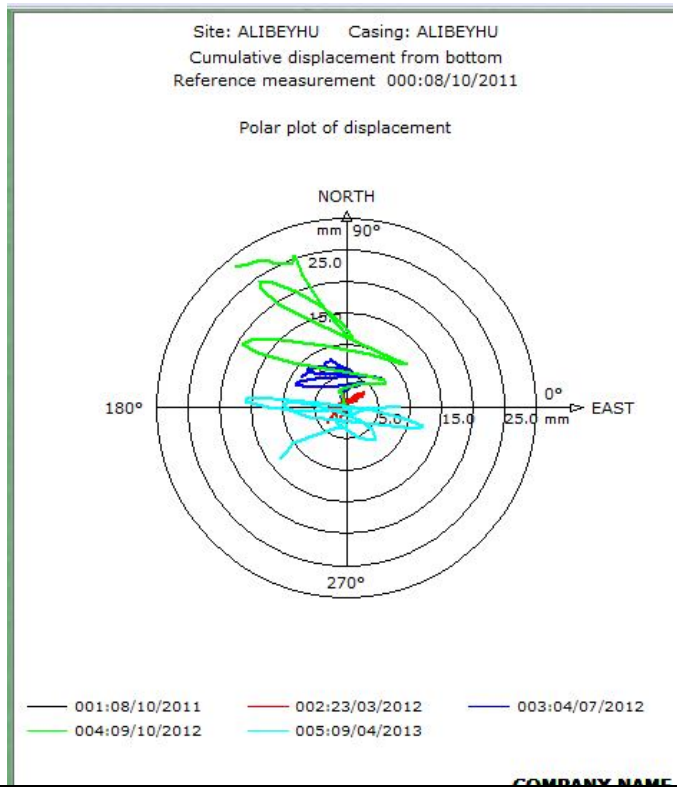

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.4 0.8 1.2 1.6
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
1.7
1.0
0.2
180°
0°
EAST
1.0
1.7
mm
270°
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

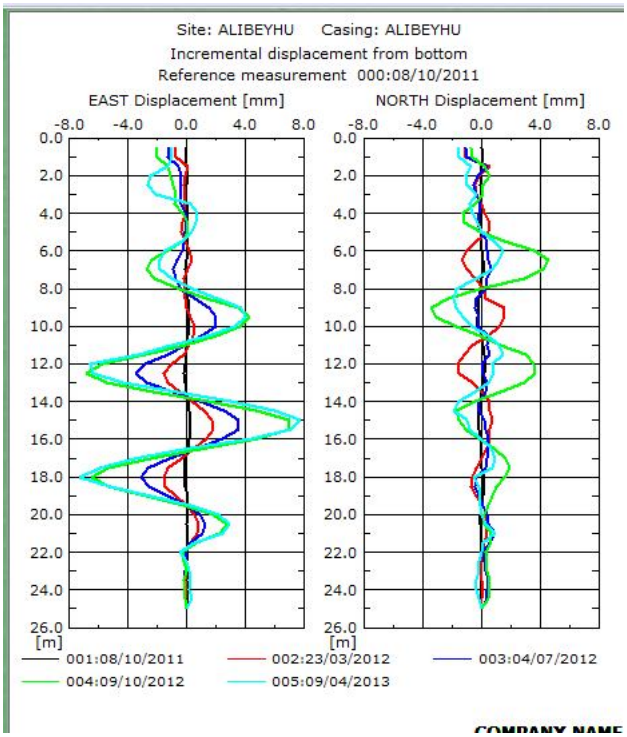
ALİBEYHÜYÜĞÜ (CD)

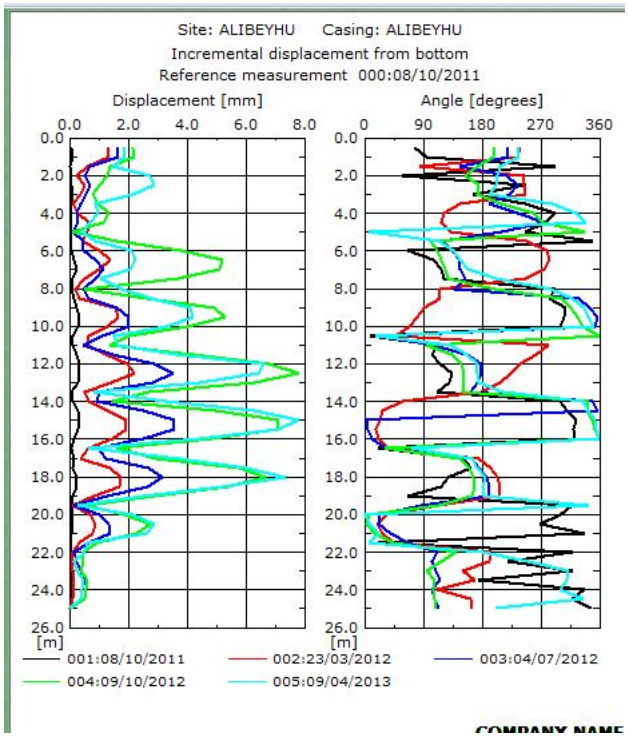


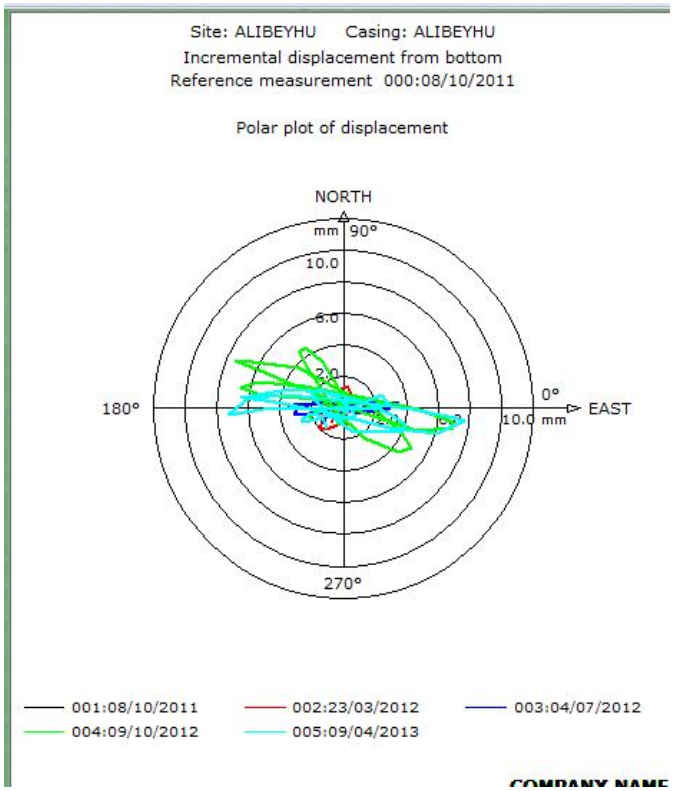




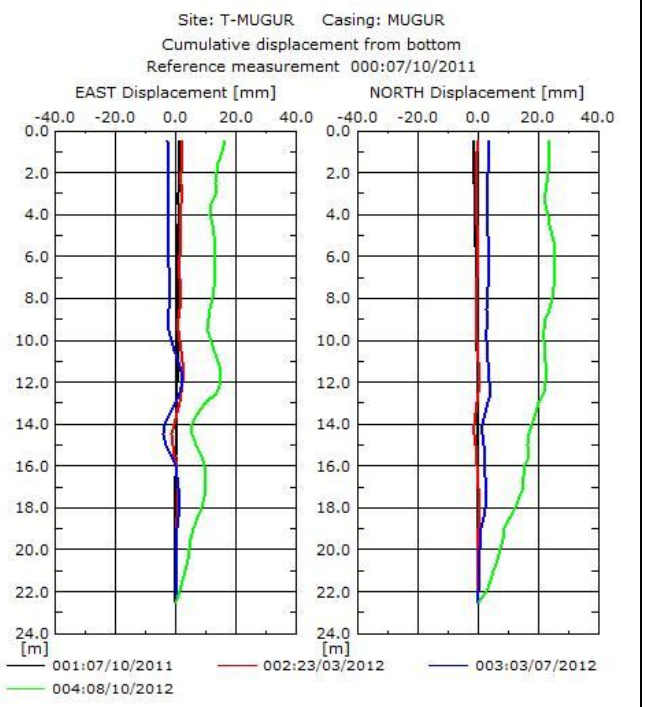
ALİBEYHÜYÜĞÜ (ID)

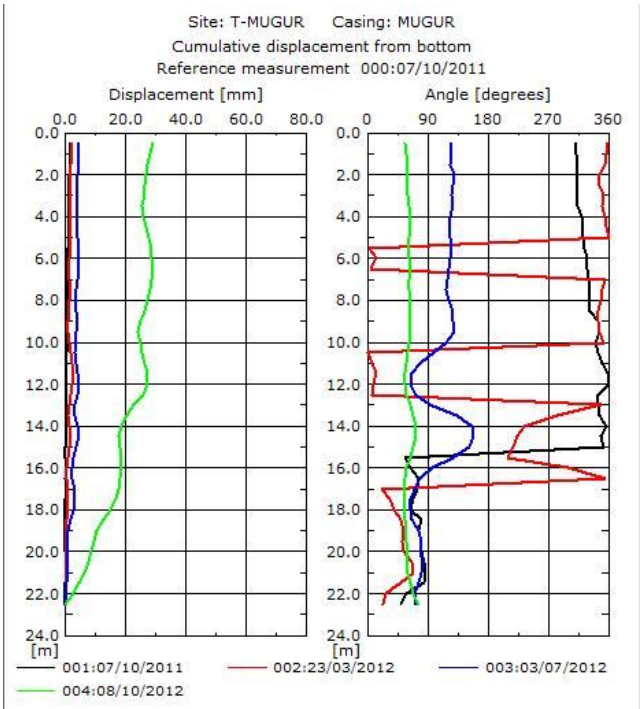


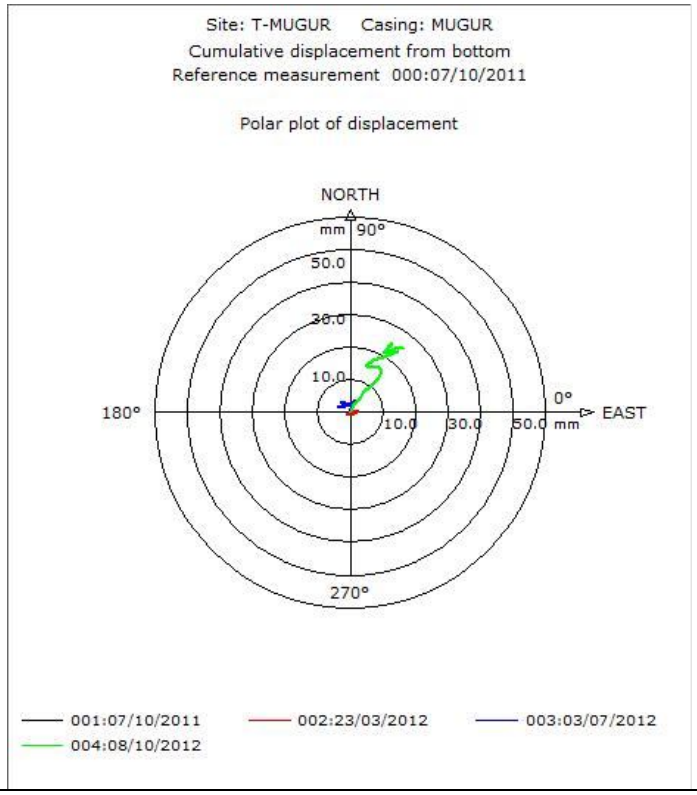




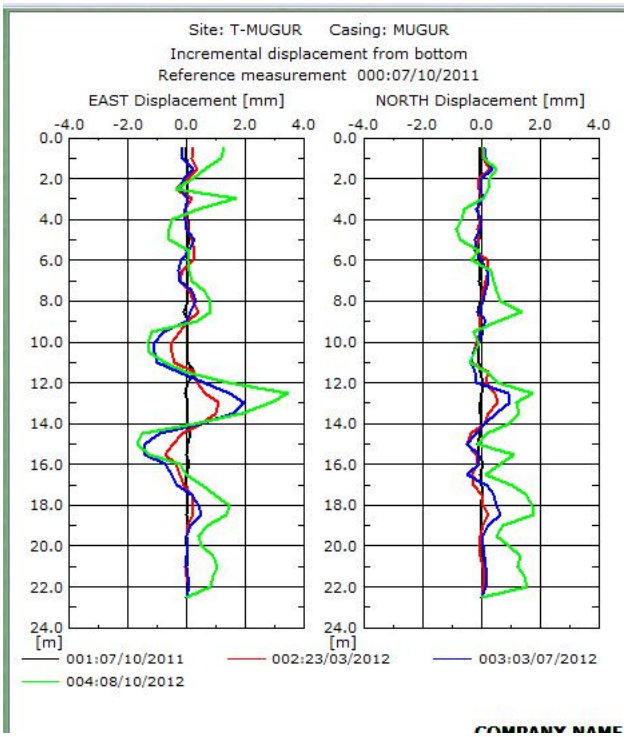
MUGUR (CD)

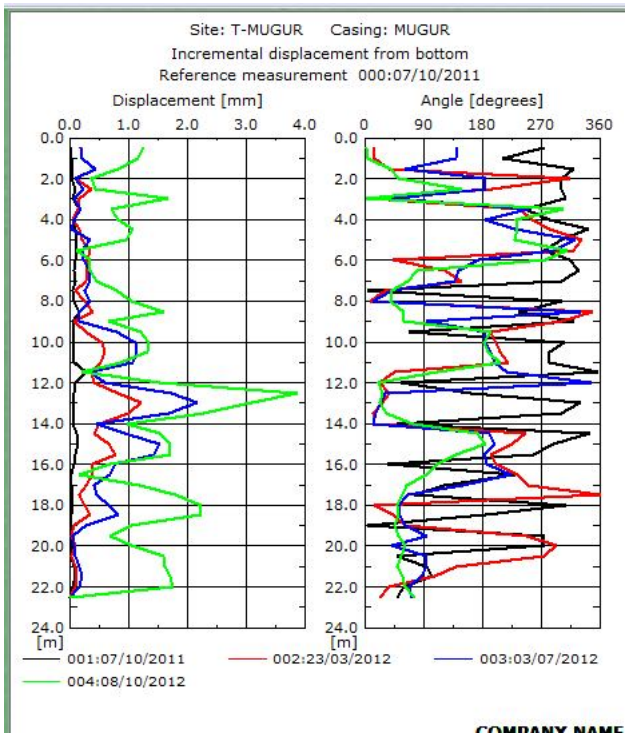

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-40.0 -20.0 0.0 20.0 40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012

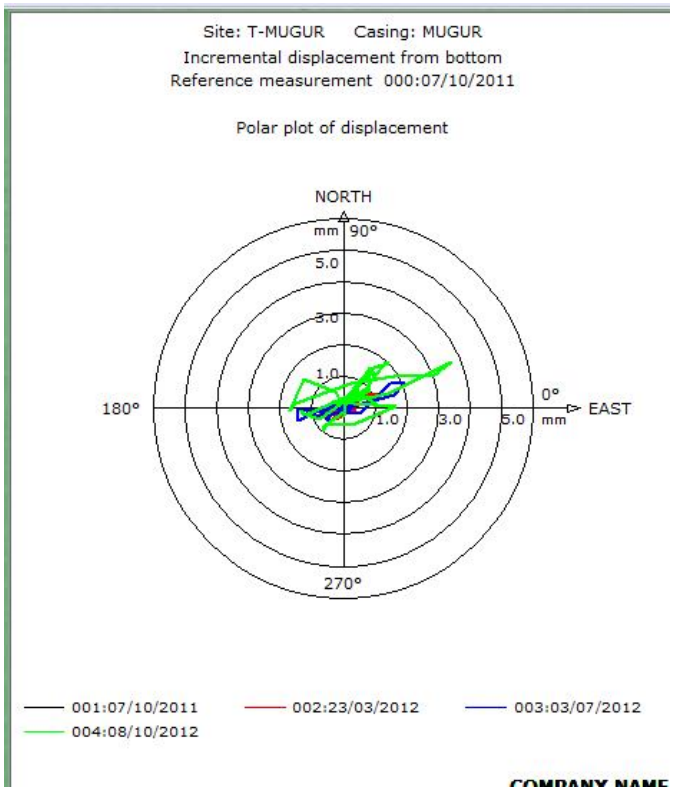

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 20.0 40.0 60.0 80.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012


Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
50.0
30.0
10.0
180°
0°
EAST
10.0 30.0 50.0 mm
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012

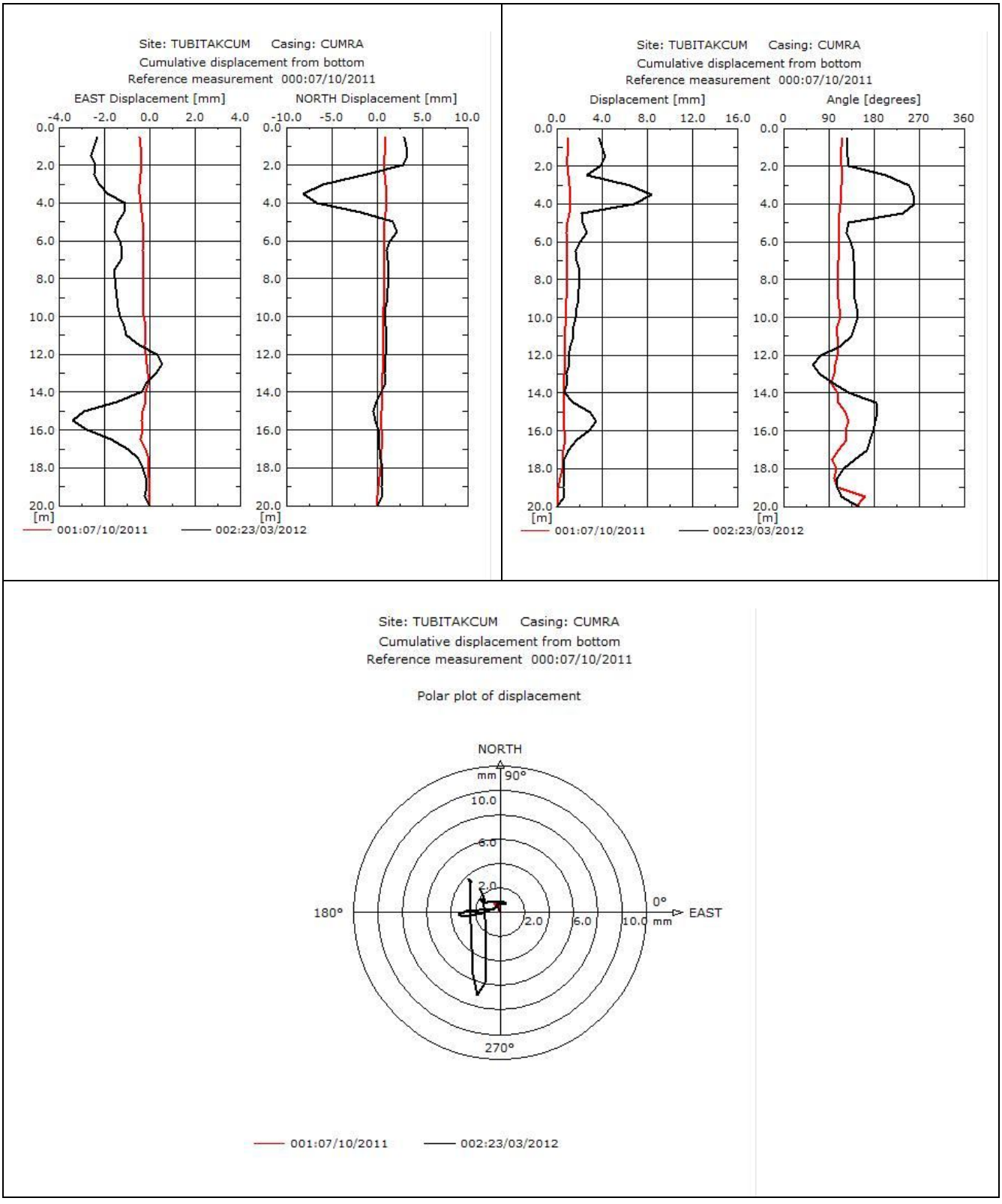
MUGUR (ID)


Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
COMPANY NAME

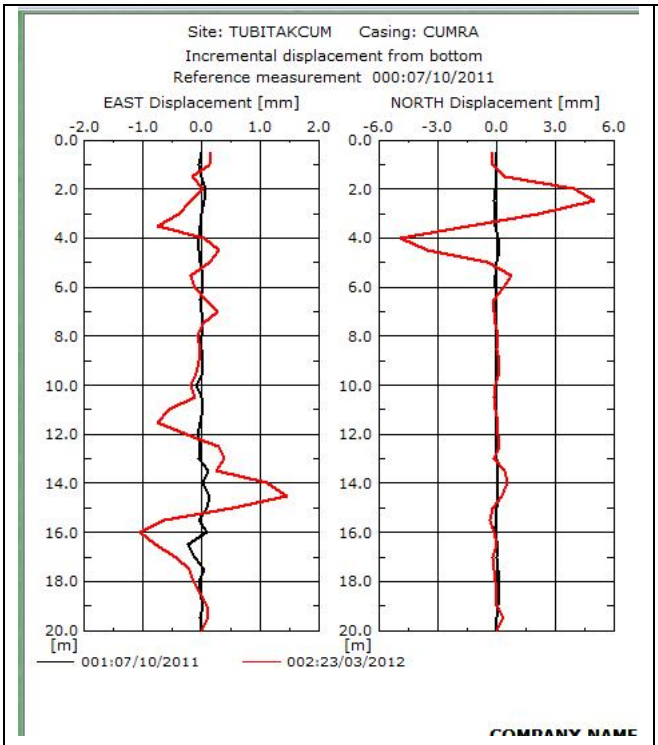

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
COMPANY NAME

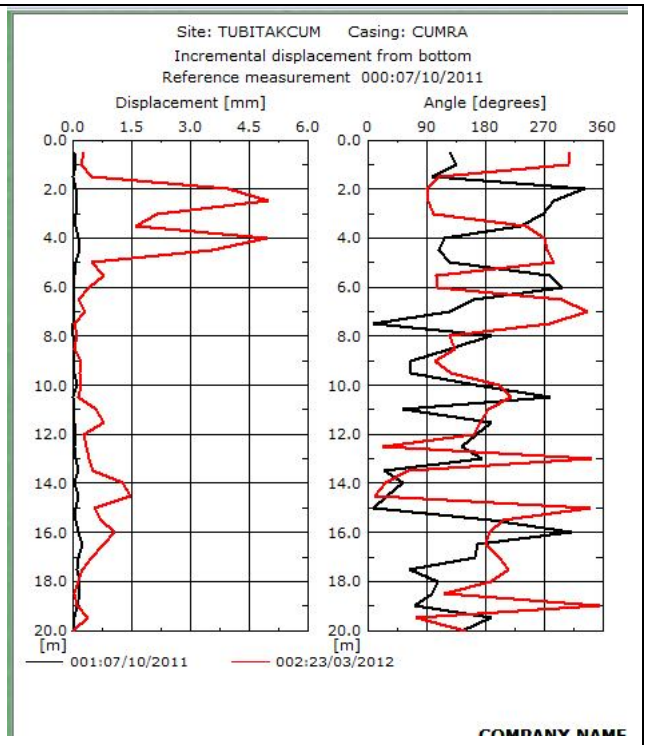

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
5.0
3.0
1.0
180°
0°
EAST
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
COMPANY NAME

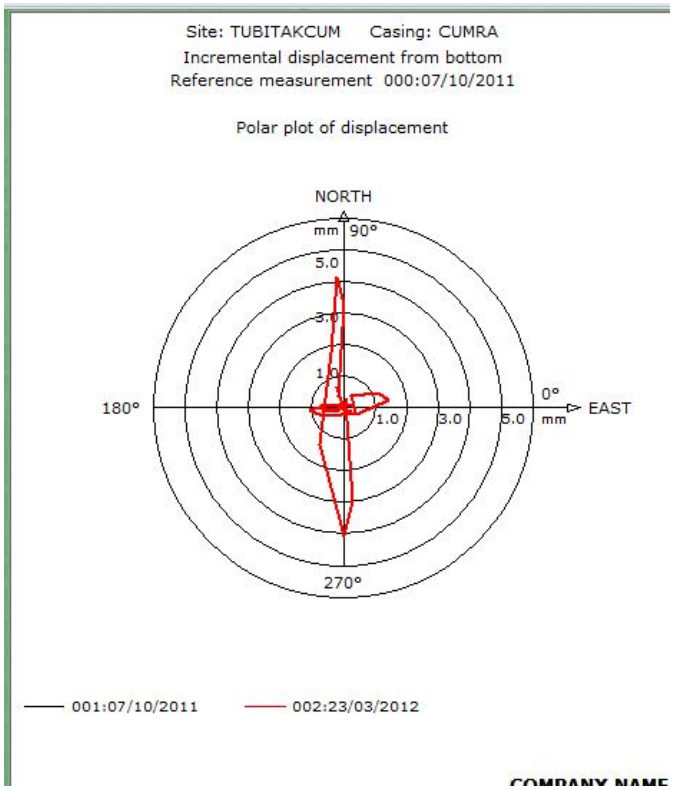
CUMRA (CD)


Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 4.0 8.0 12.0 16.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
10.0
6.0
2.0
180°
0°
EAST
2.0 6.0 10.0 mm
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012

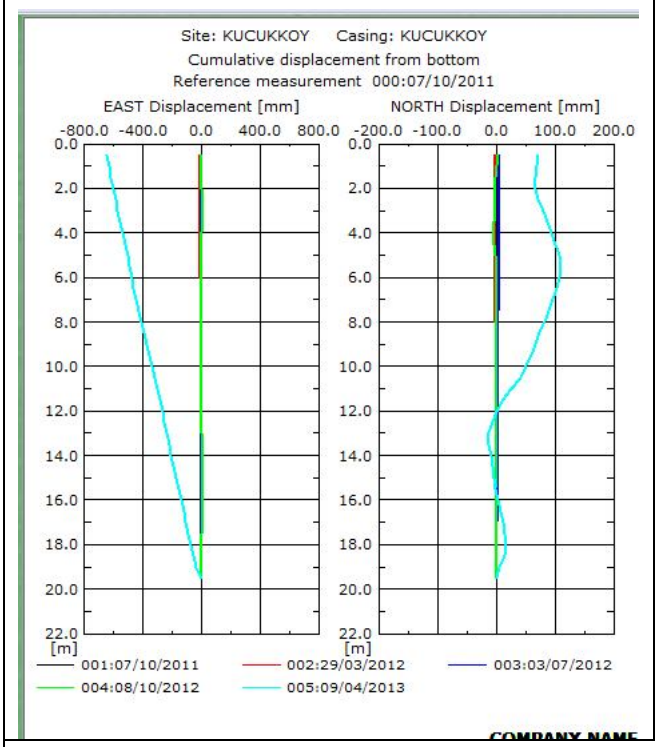
CUMRA (ID)

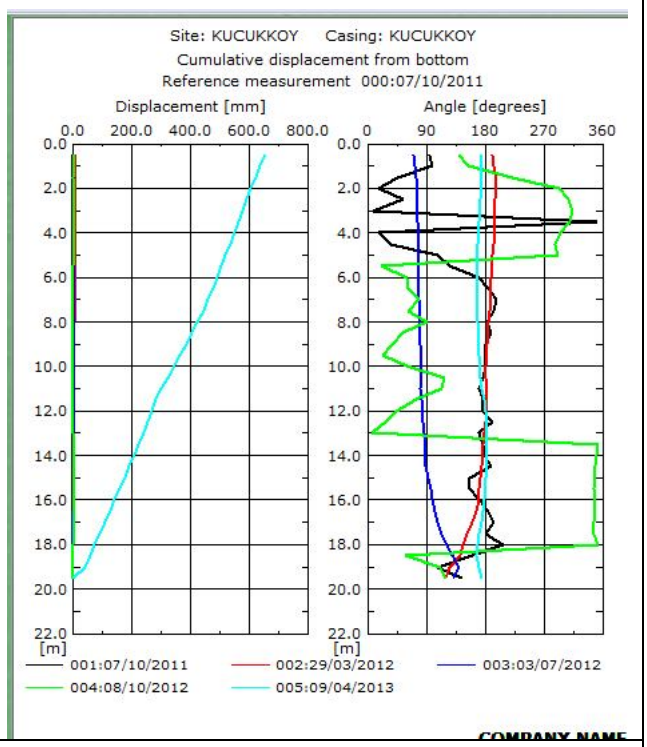

Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
-6.0 -3.0 0.0 3.0 6.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
COMPANY NAME

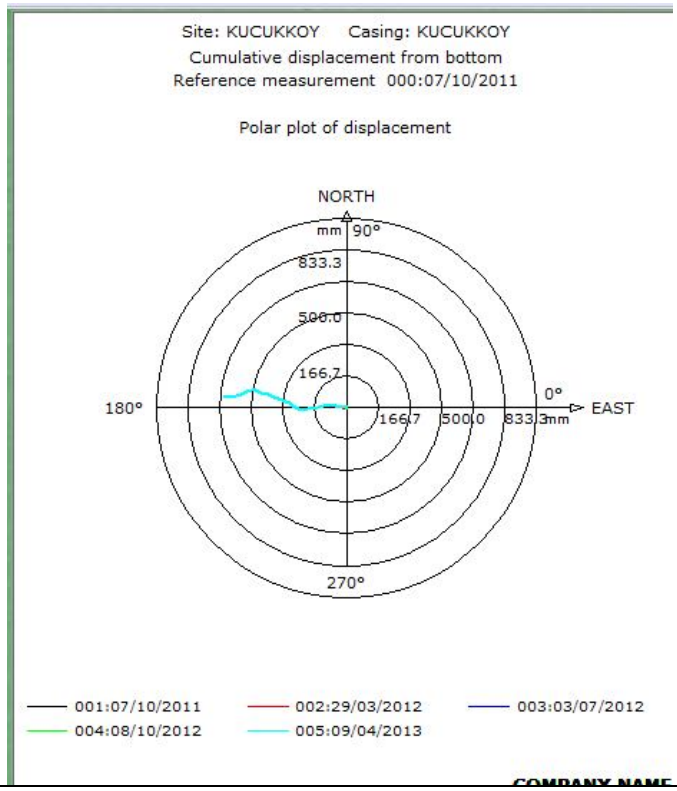

Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.5 3.0 4.5 6.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
COMPANY NAME


Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
5.0
3.0
1.0
180°
0°
EAST
1.0
3.0
5.0
mm
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012
COMPANY NAME

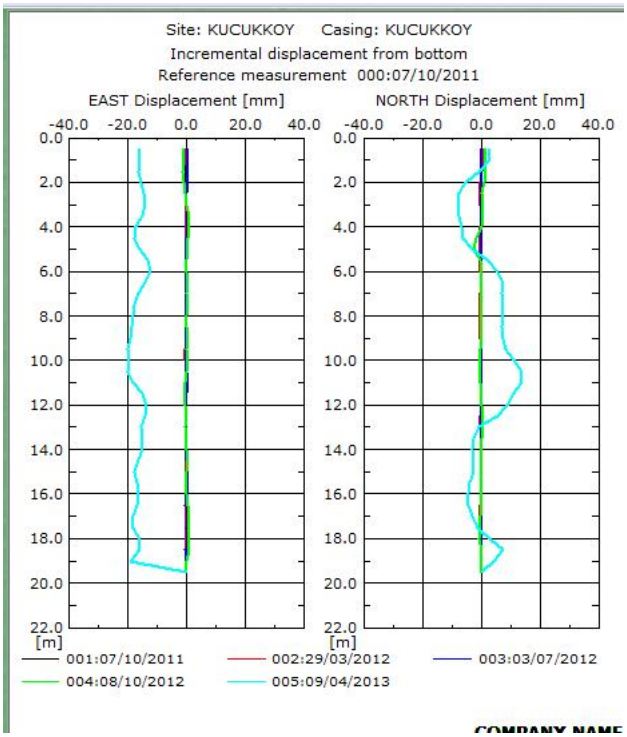
KÜÇÜKKÖY (CD)

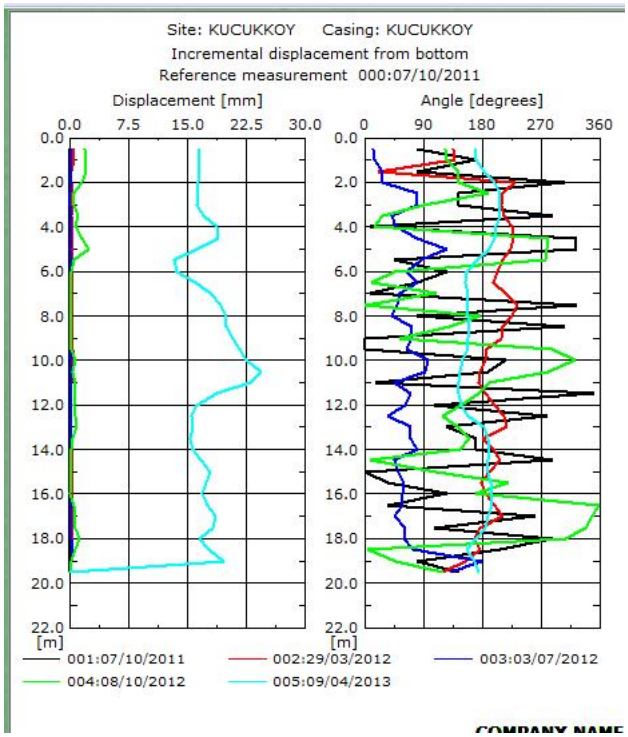

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-800.0 -400.0 0.0 400.0 800.0
-200.0 -100.0 0.0 100.0 200.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

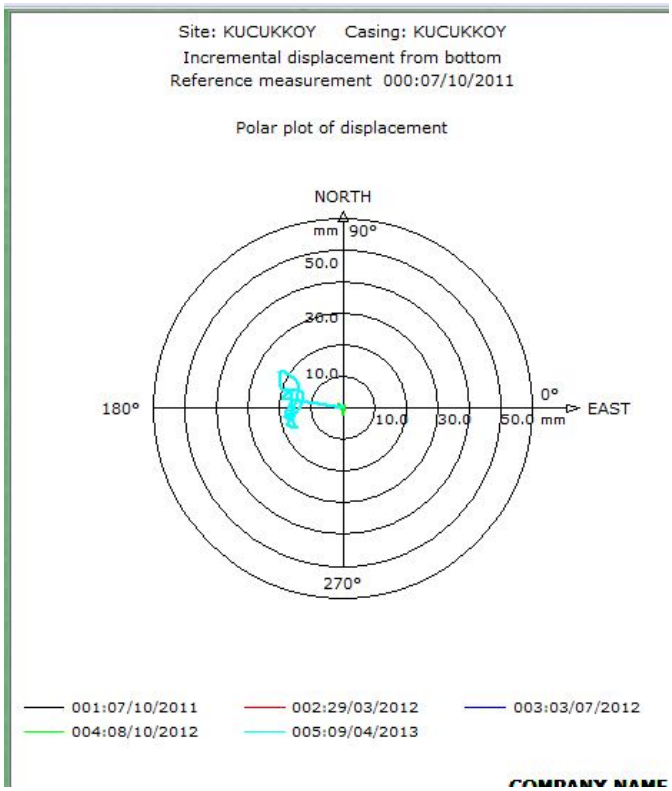

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 200.0 400.0 600.0 800.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
833.3
500.0
166.7
180°
0°
EAST
166.7 500.0 833.3mm
270°
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

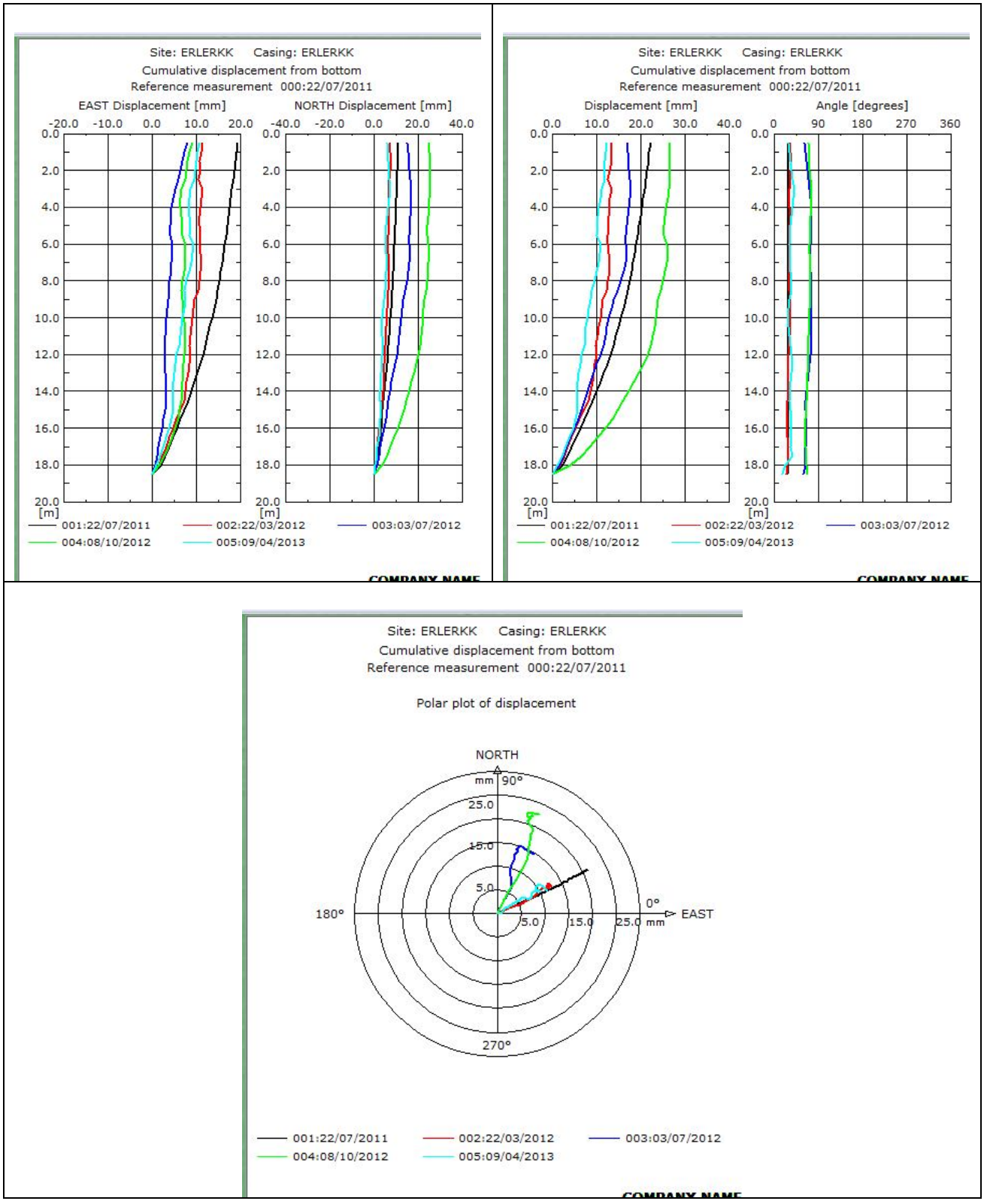
KÜÇÜKKÖY (ID)


Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-40.0 -20.0 0.0 20.0 40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

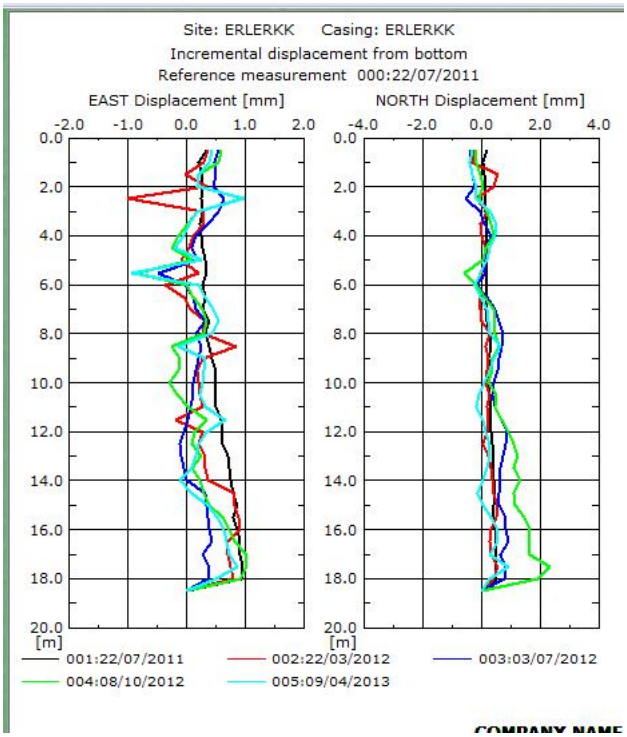

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 7.5 15.0 22.5 30.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

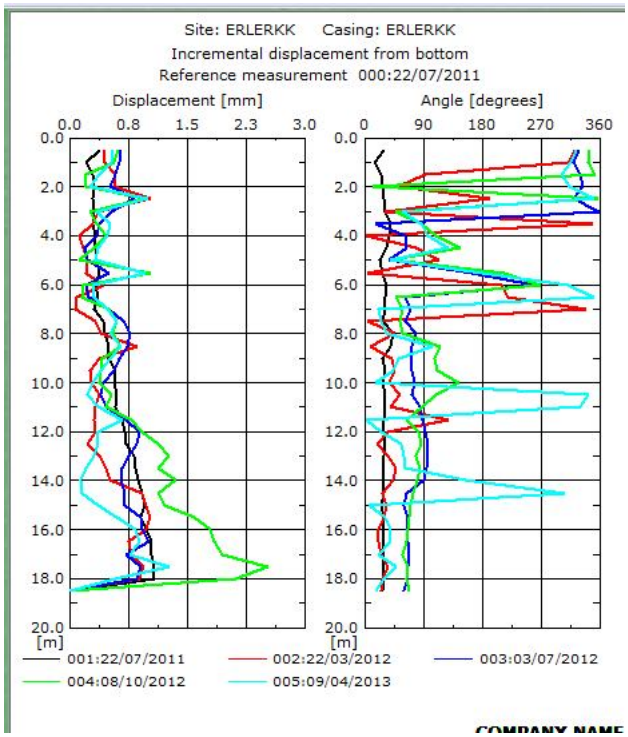

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
50.0
30.0
10.0
180°
0°
EAST
10.0 30.0 50.0 mm
270°
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

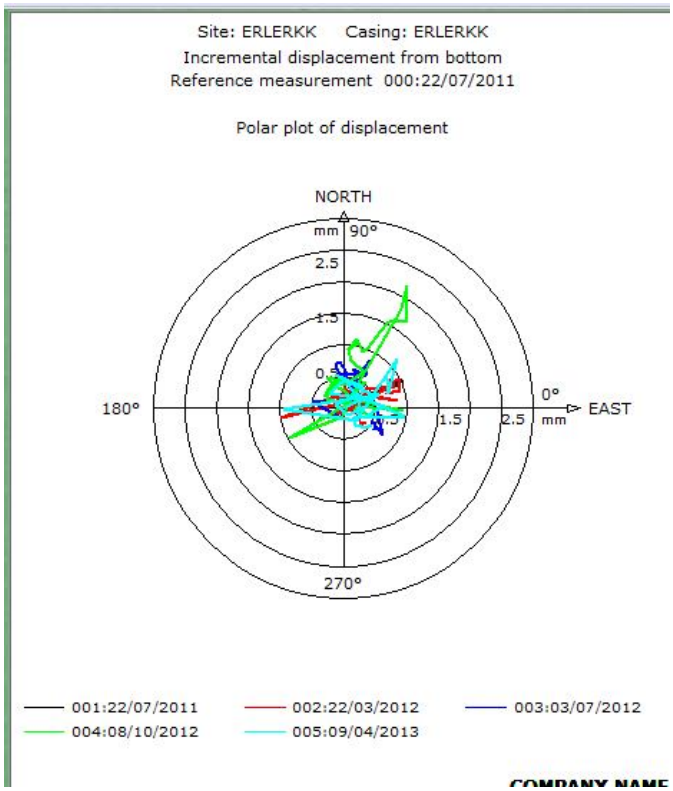
ERLERKÖYÜ (CD)



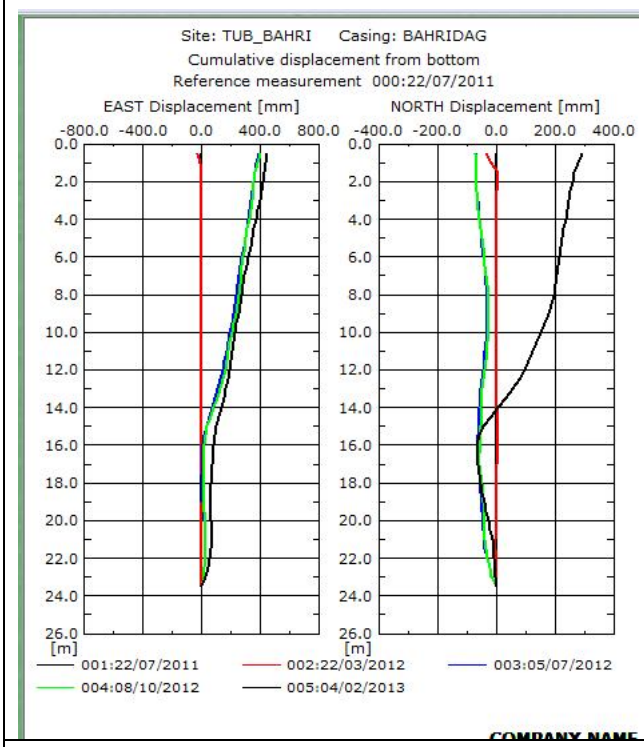
ERLERKÖYÜ (ID)

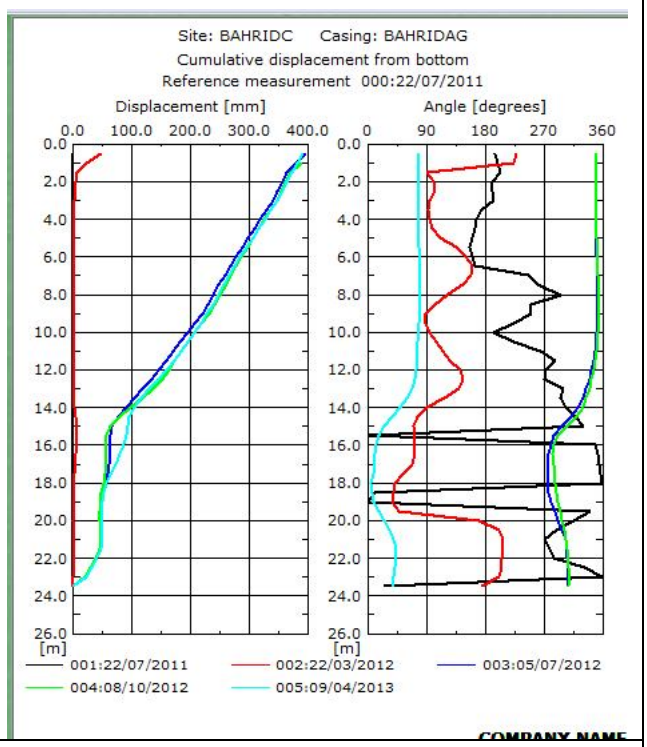


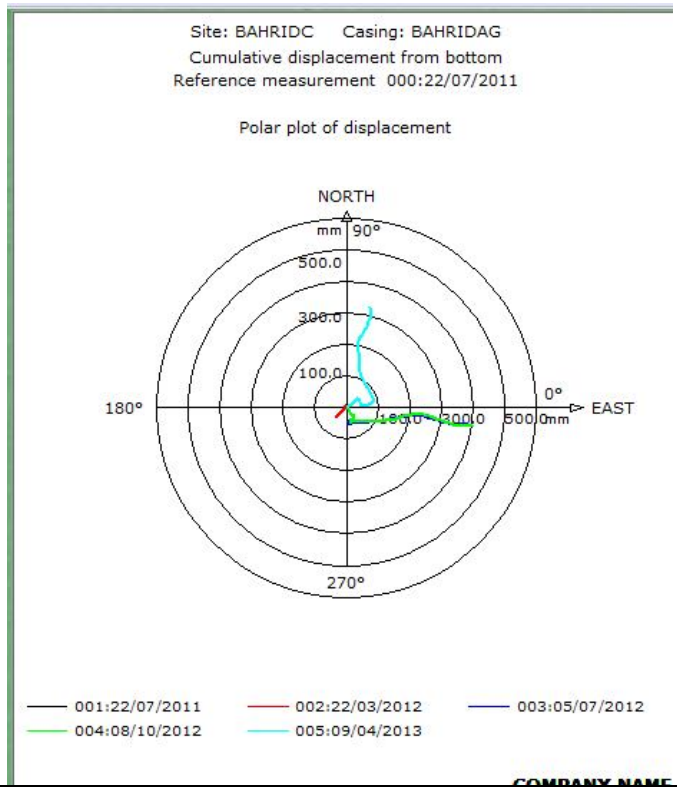




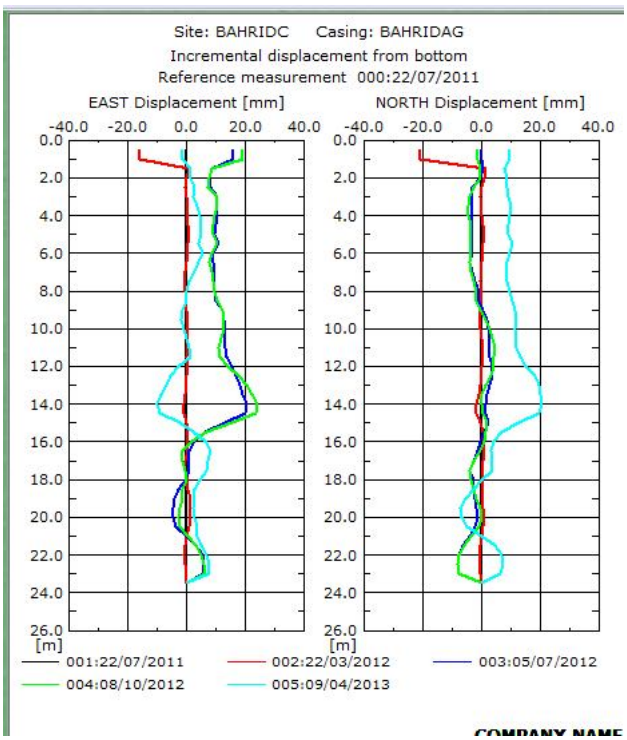
İSTİKLAL (BAHRİDAĞDAŞ) (CD)

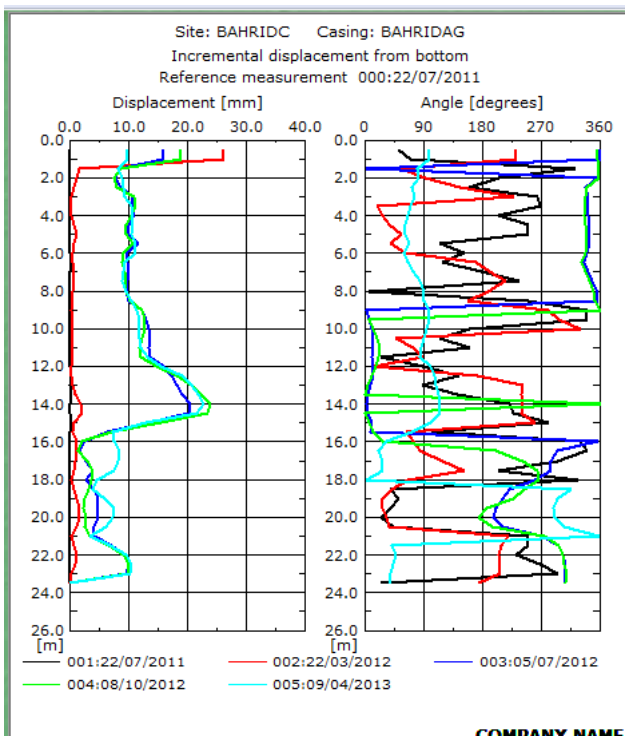


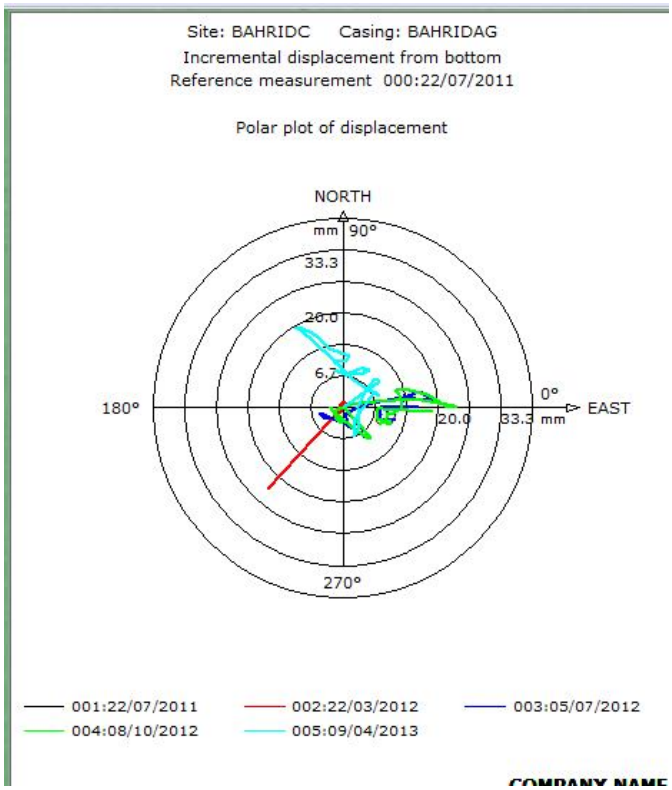




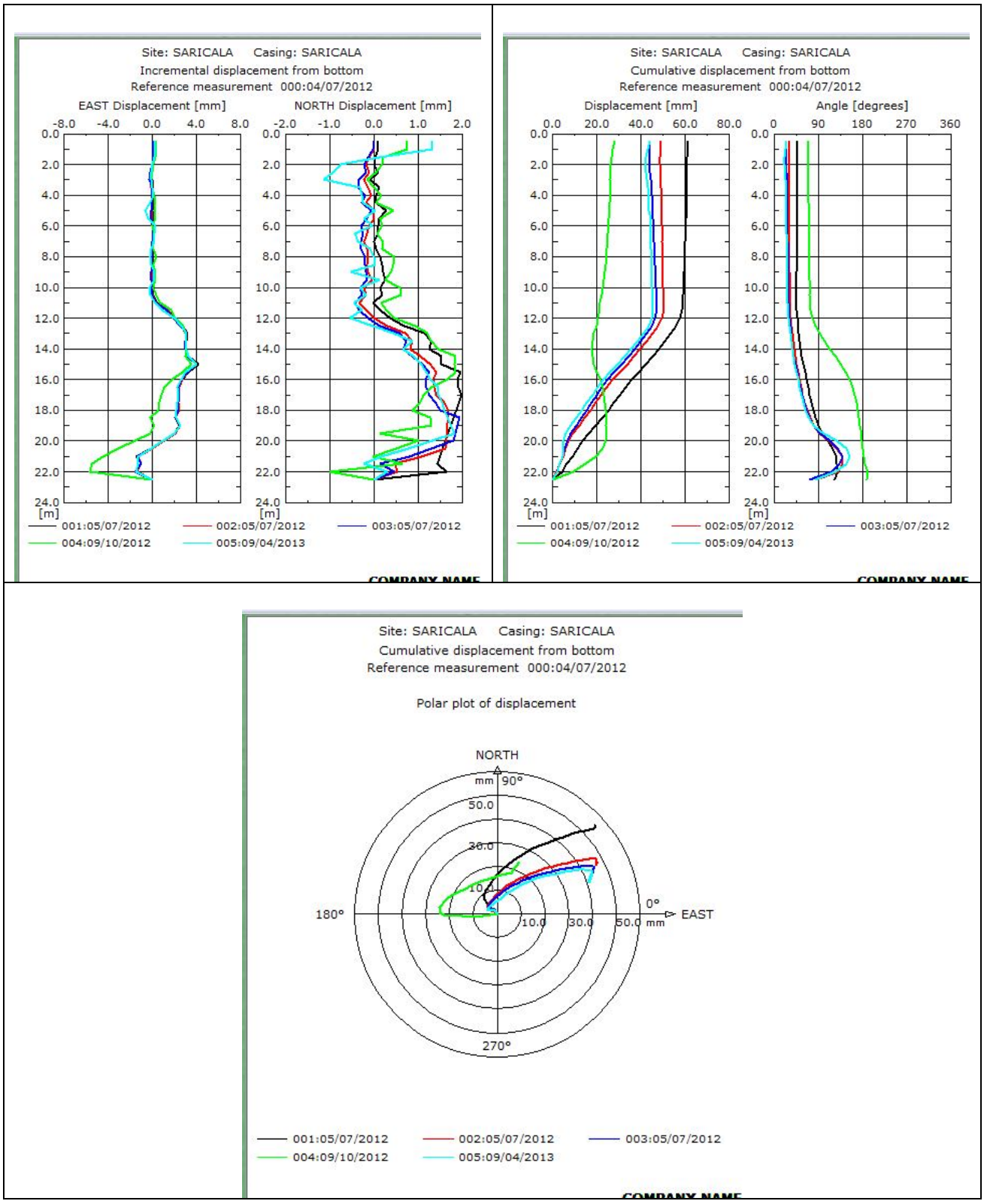
İSTİKLAL (BAHRİDAĞDAŞ) (ID)



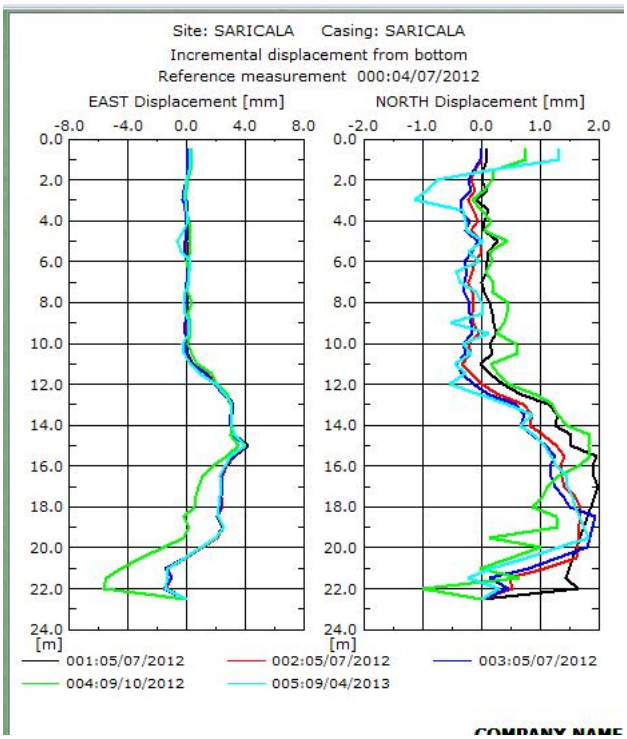


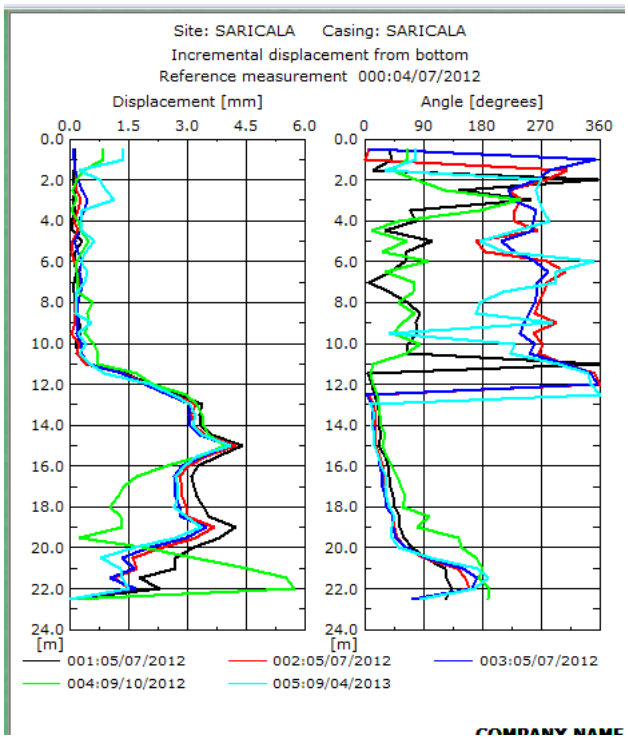


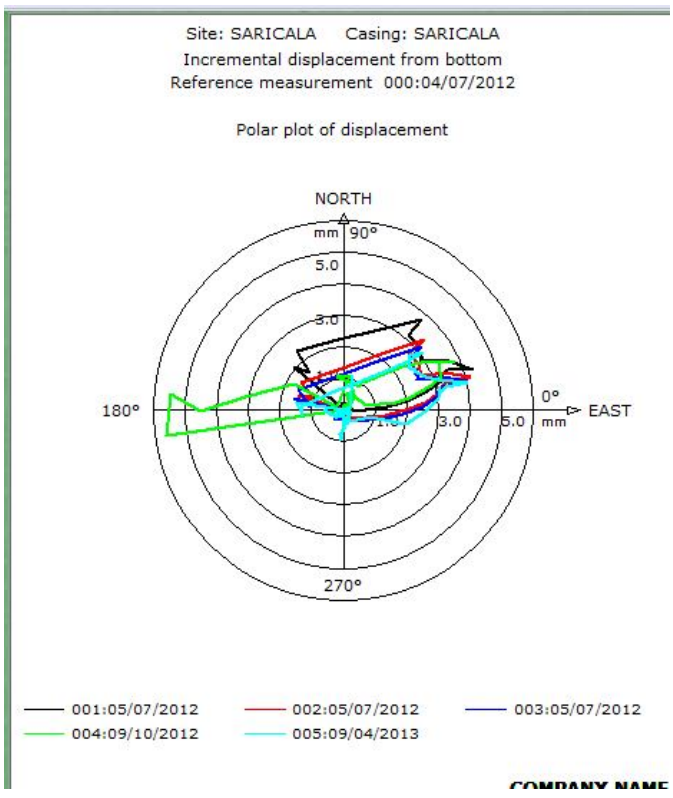
SARICALAR (CD)



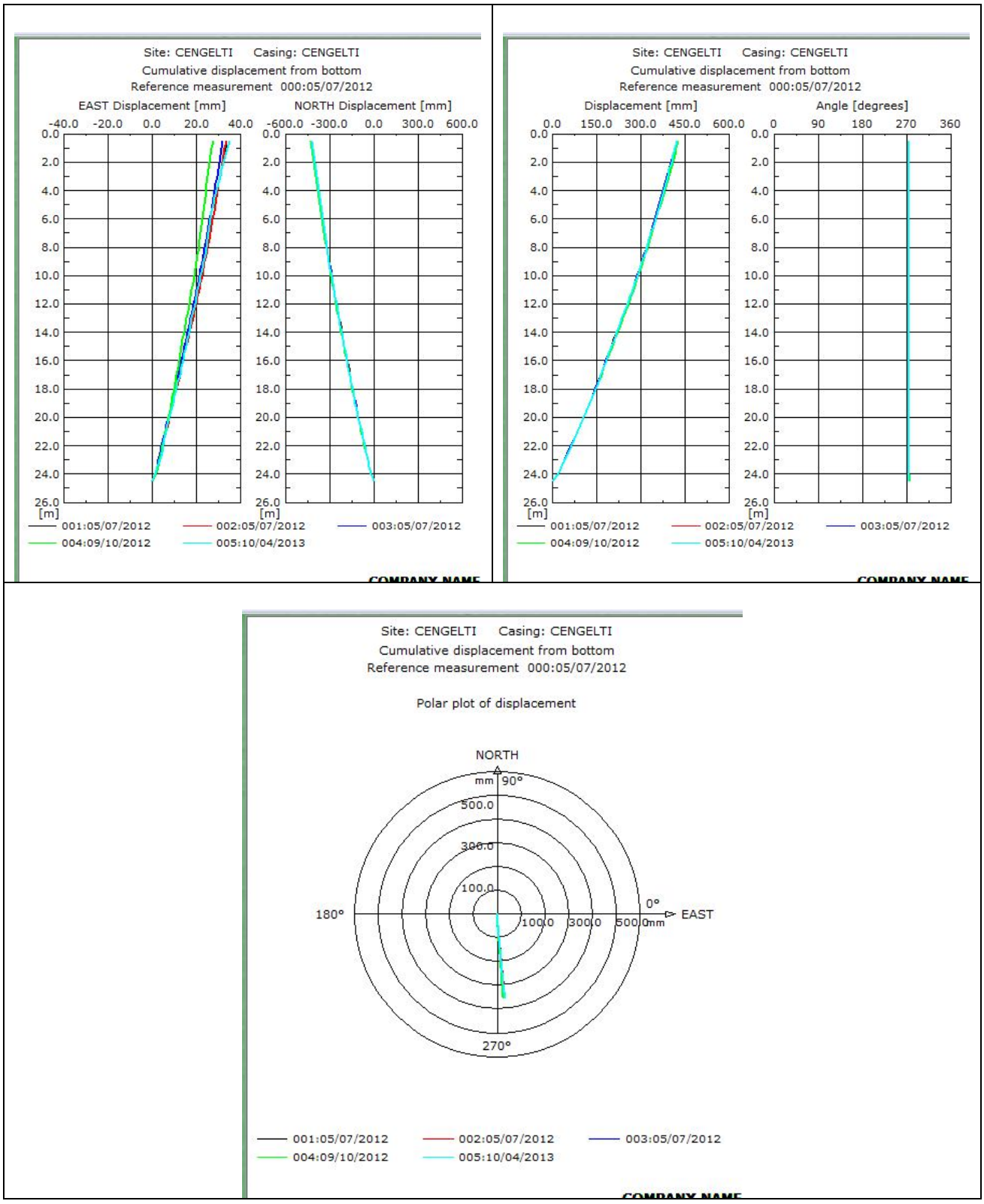
SARICALAR (ID)



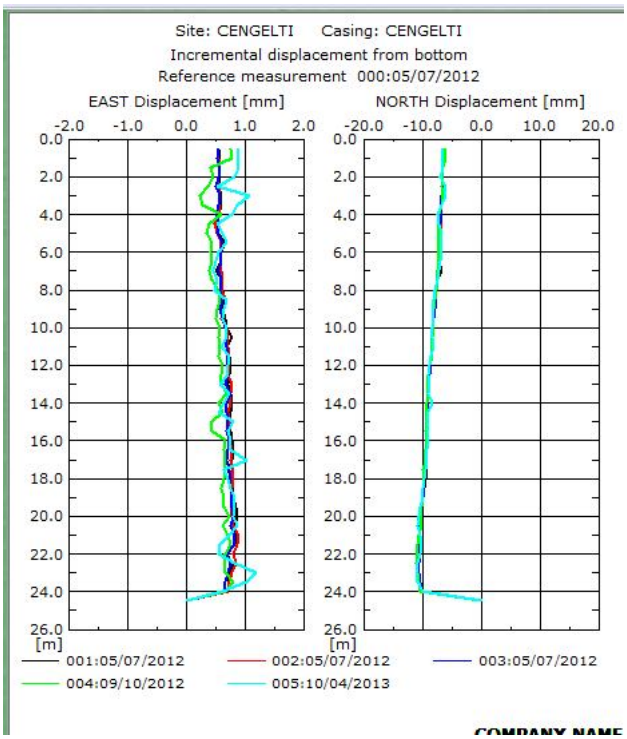


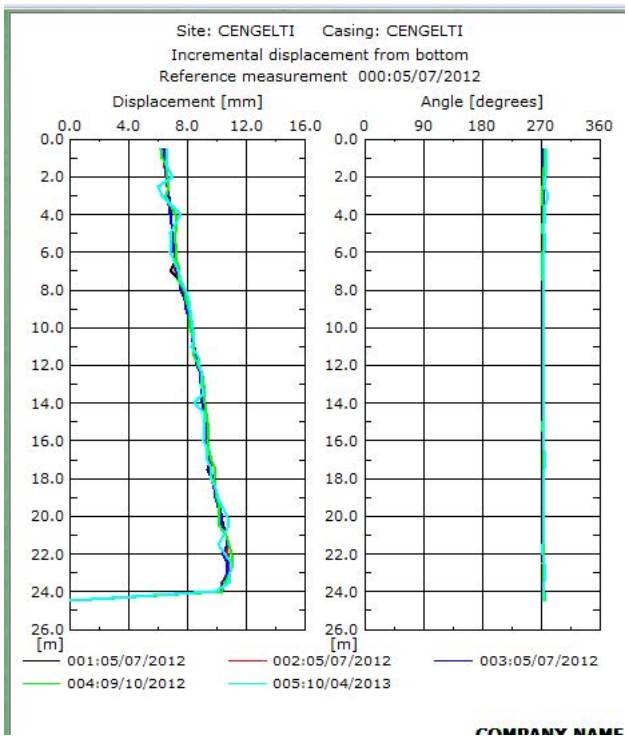


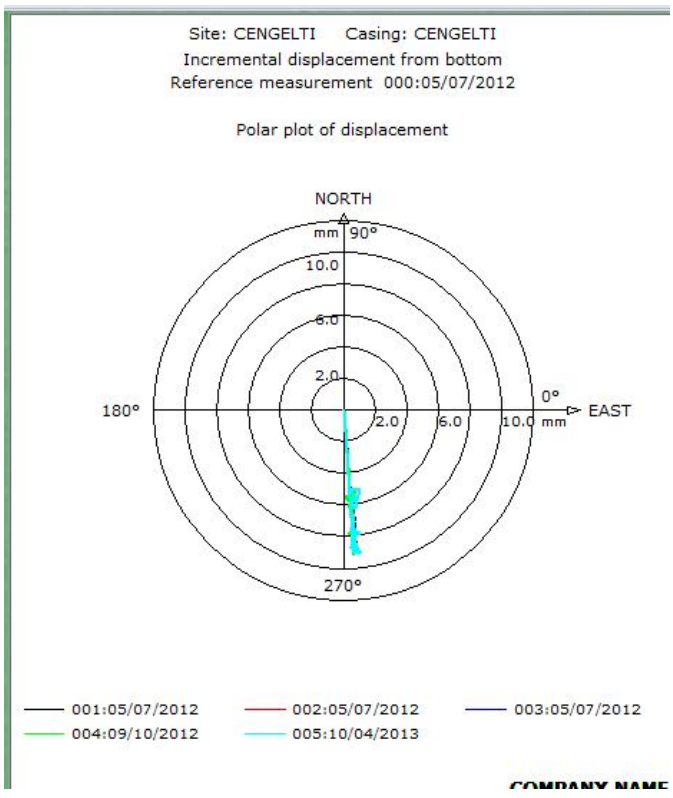
CENGİLTİ (CD)


Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-40.0 -20.0 0.0 20.0 40.0
-600.0 -300.0 0.0 300.0 600.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME
Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 150.0 300.0 450.0 600.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME
Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
500.0
300.0
100.0
180°
0°
EAST
100.0 300.0 500.0 mm
270°
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME

ÇENGİLTİ (ID)

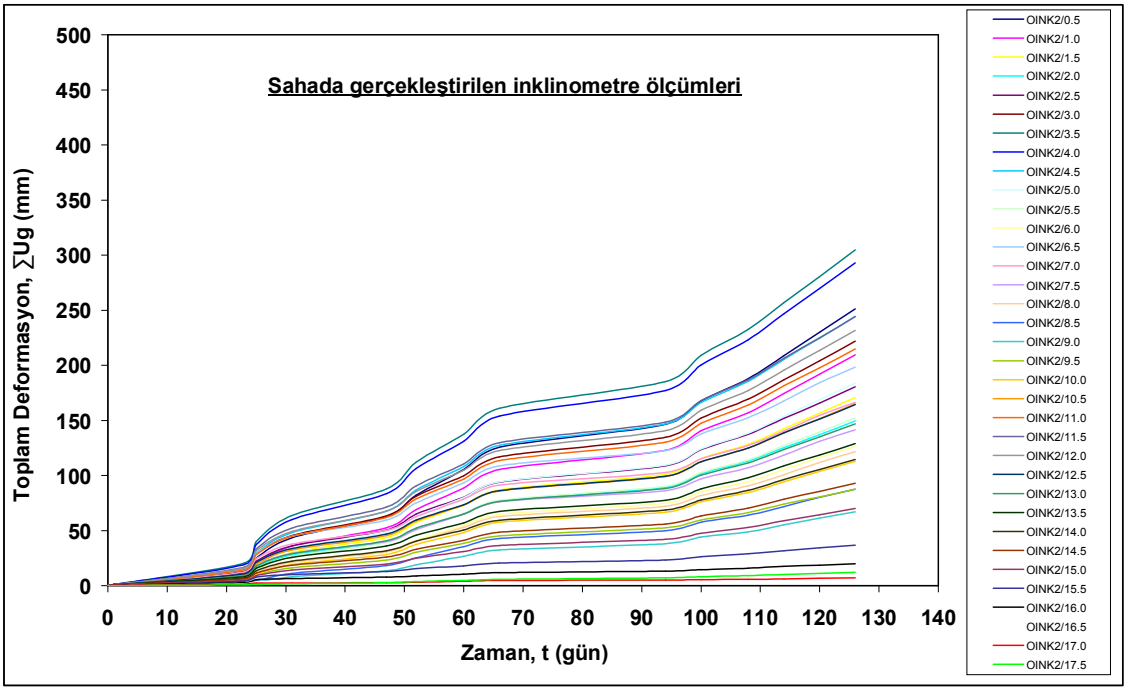

Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
-20.0 -10.0 0.0 10.0 20.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME


Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 4.0 8.0 12.0 16.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME

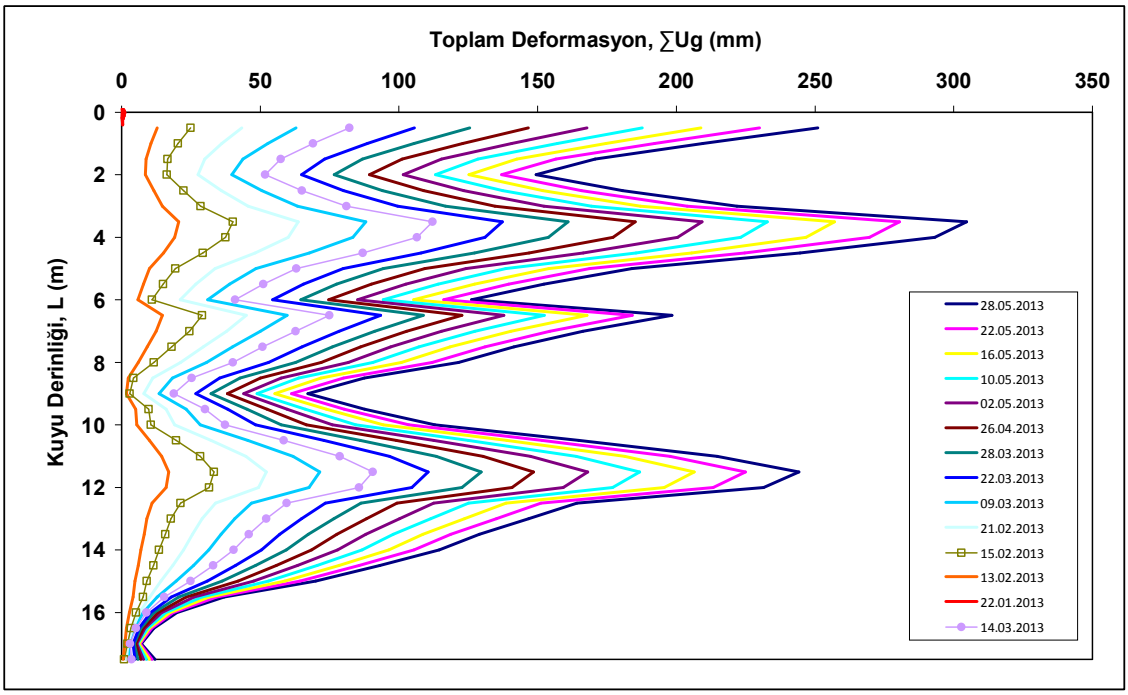

Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
10.0
6.0
2.0
180°
0°
EAST
2.0
6.0
10.0 mm
270°
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME

EK-3 Orhaneli ve Çumra çalışma sahalarındaki ölçüm kuyularının alt istasyonlarının zamana bağlı deformasyon davranışları ve toplam deformasyon davranışları

OINK-2

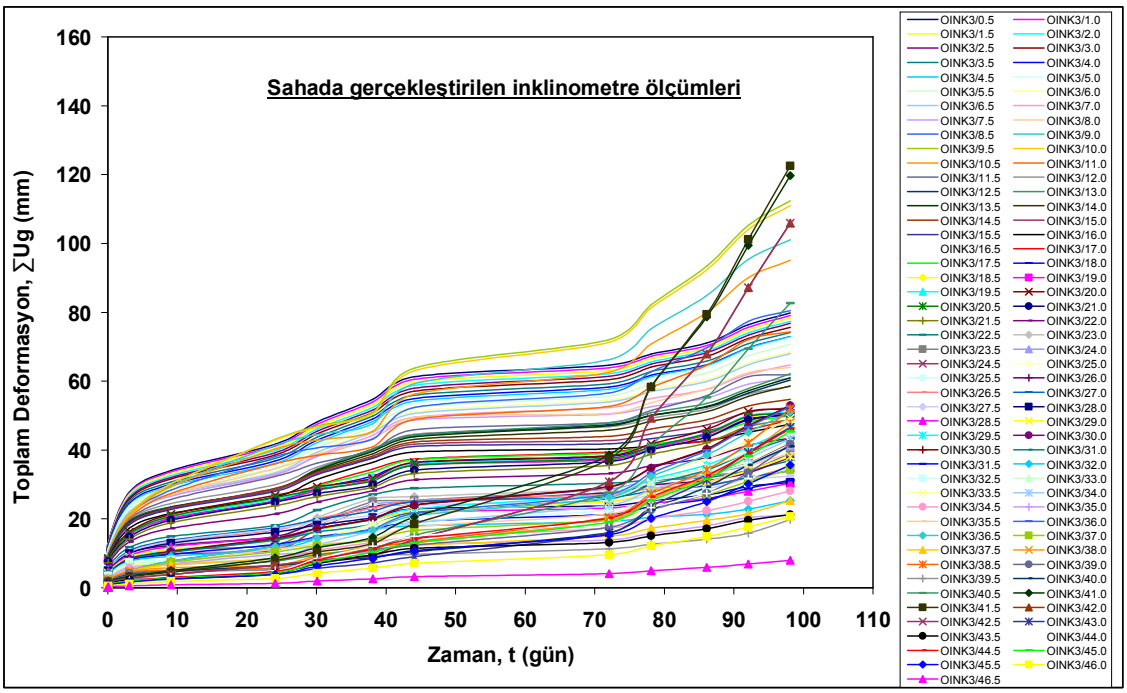


(a)-OINK-2 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

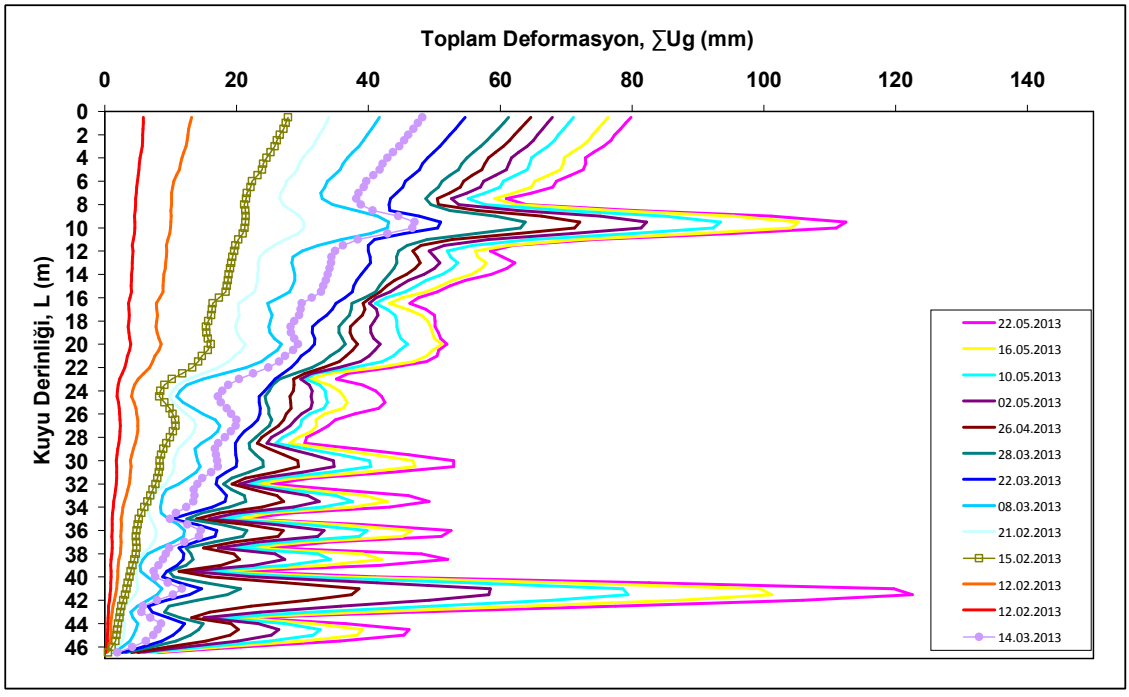


(b)- OINK-2 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-3

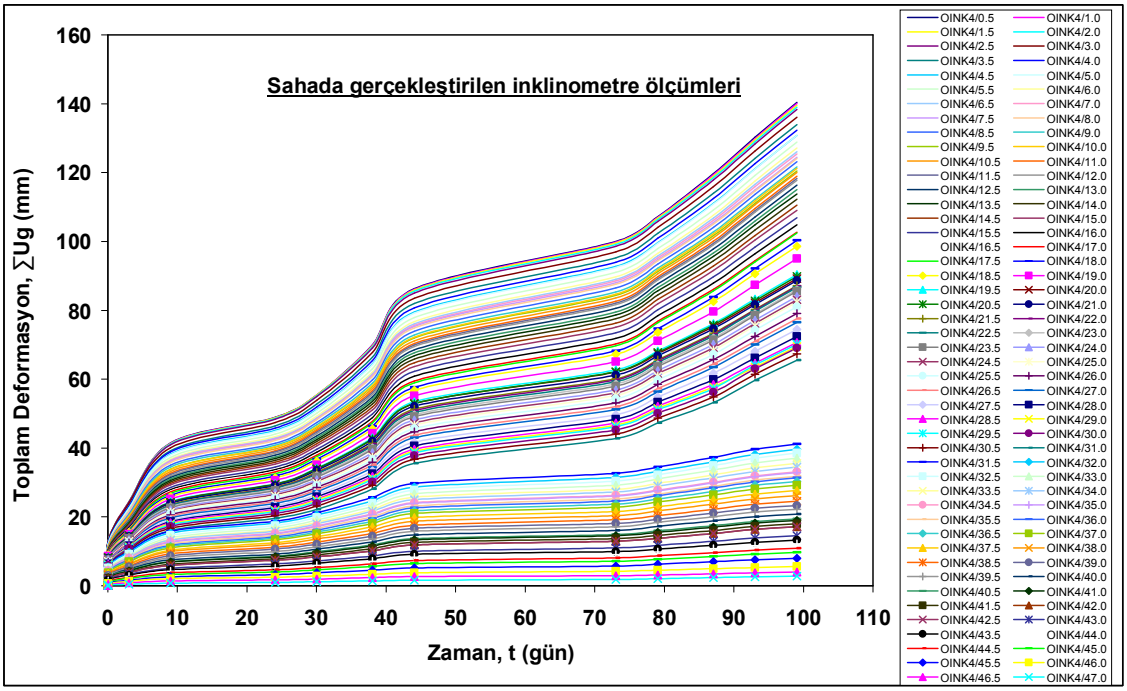


(a)-OINK-3 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

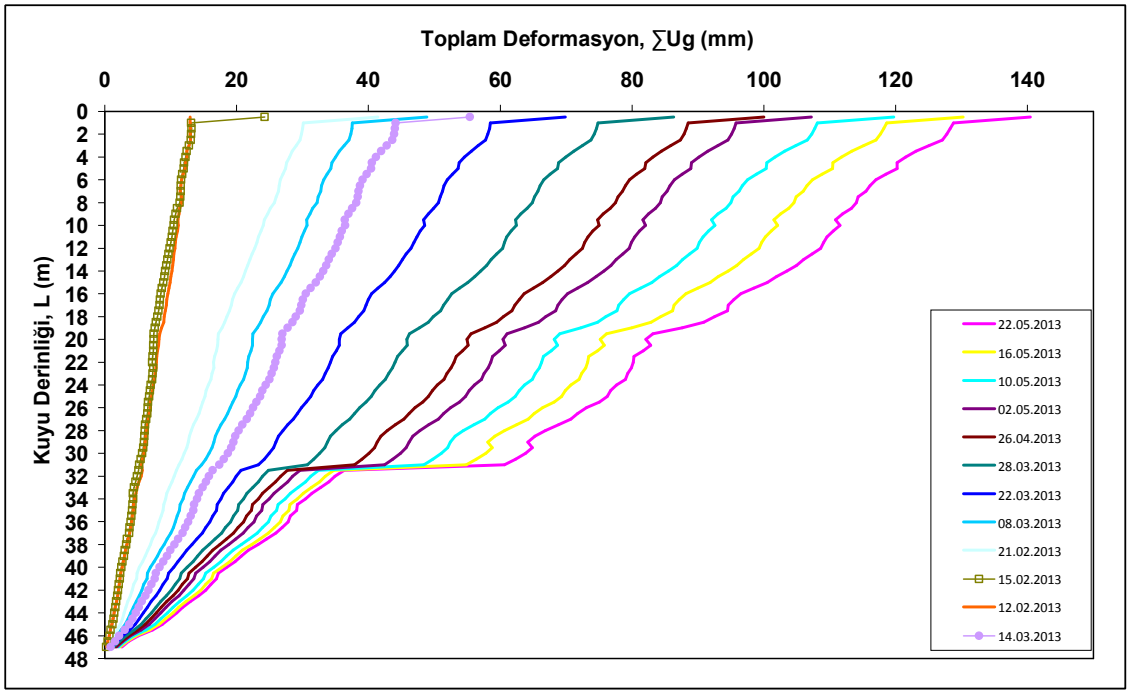


(b)- OINK-3 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-4

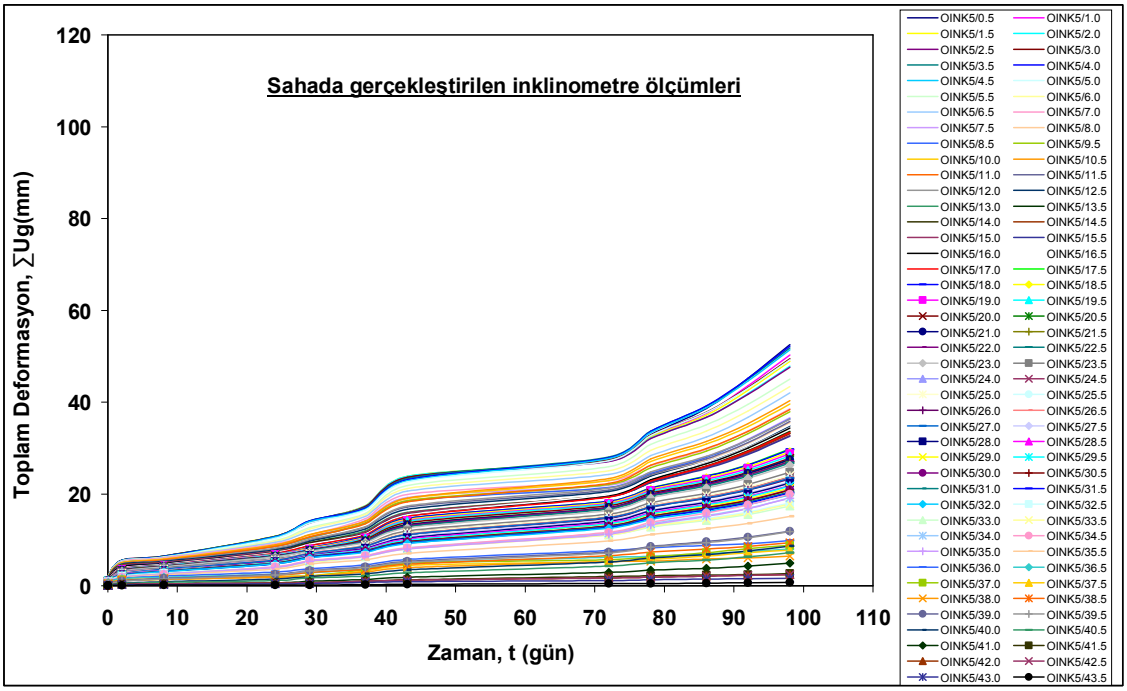


(a)-OINK-4 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

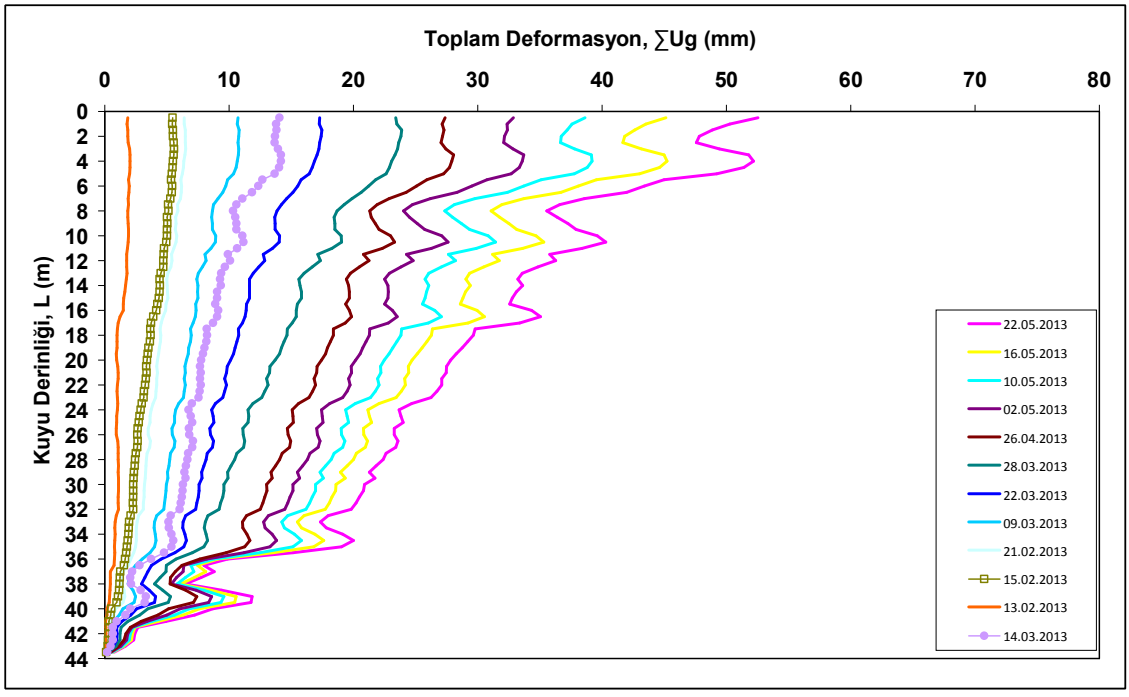


(b)- OINK-4 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-5

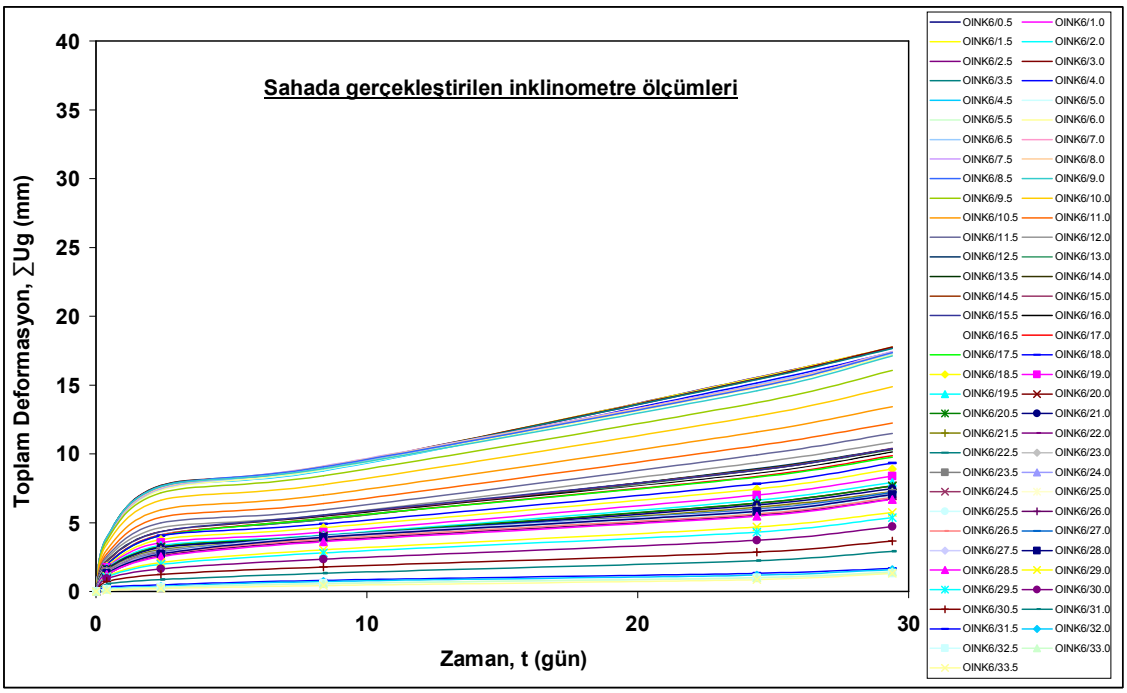


(a)-OINK-5 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

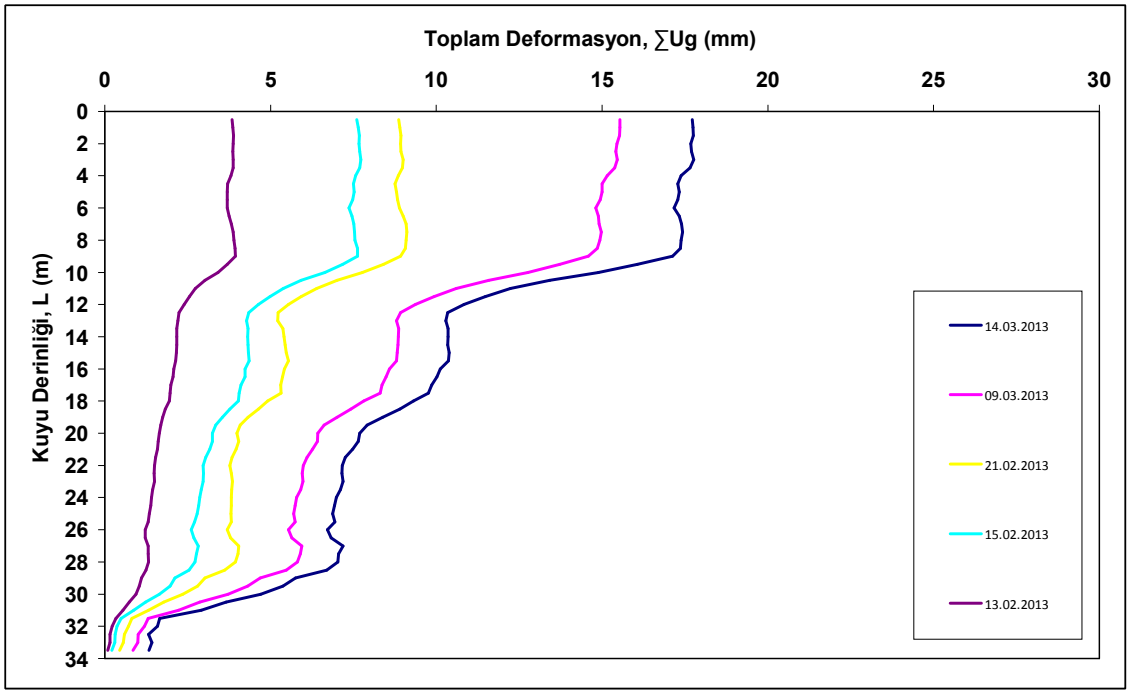


(b)- OINK-5 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-6

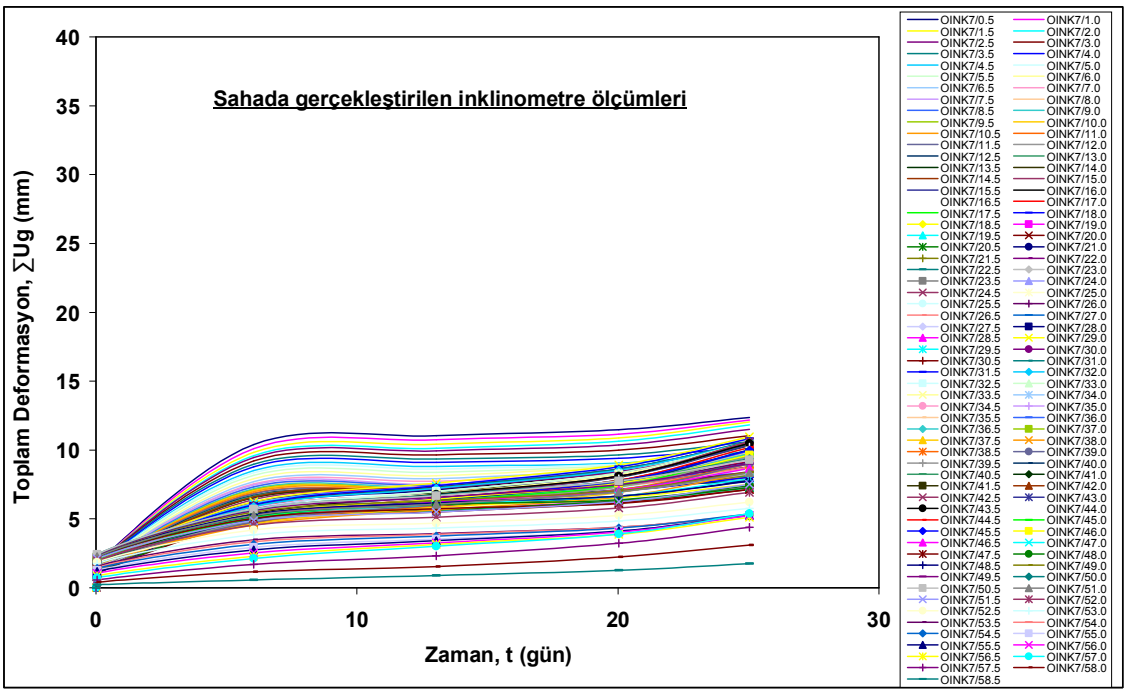


(a)-OINK-6 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

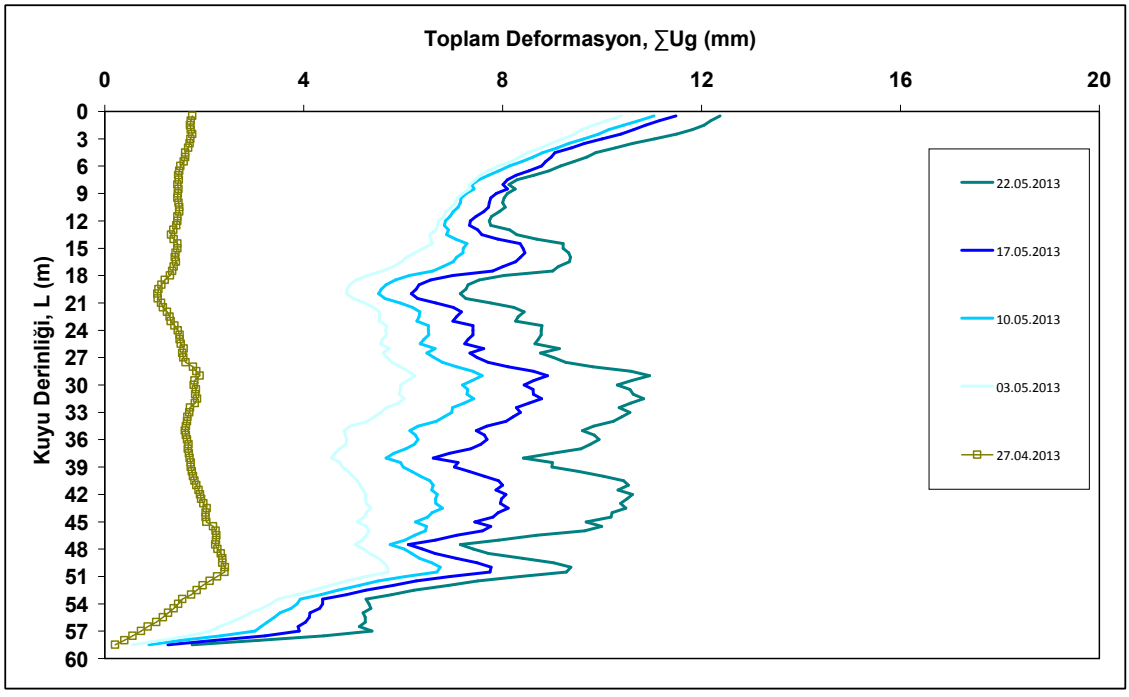


(b)- OINK-6 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-7

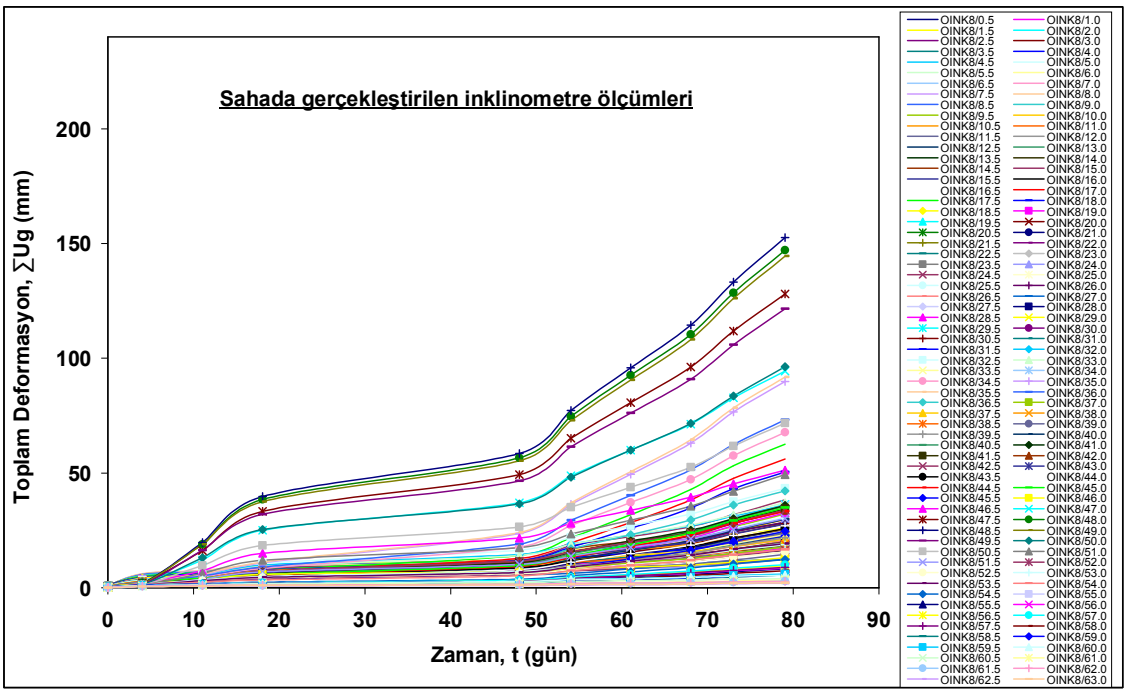


(a)-OINK-7 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

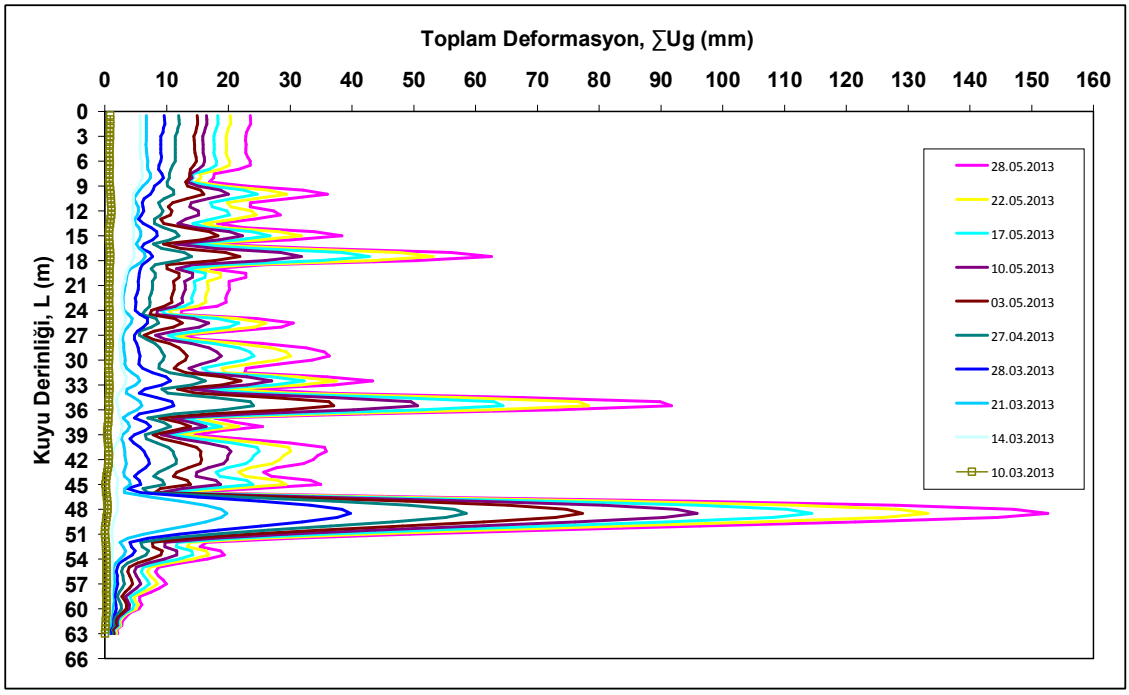


(b)- OINK-7 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-8

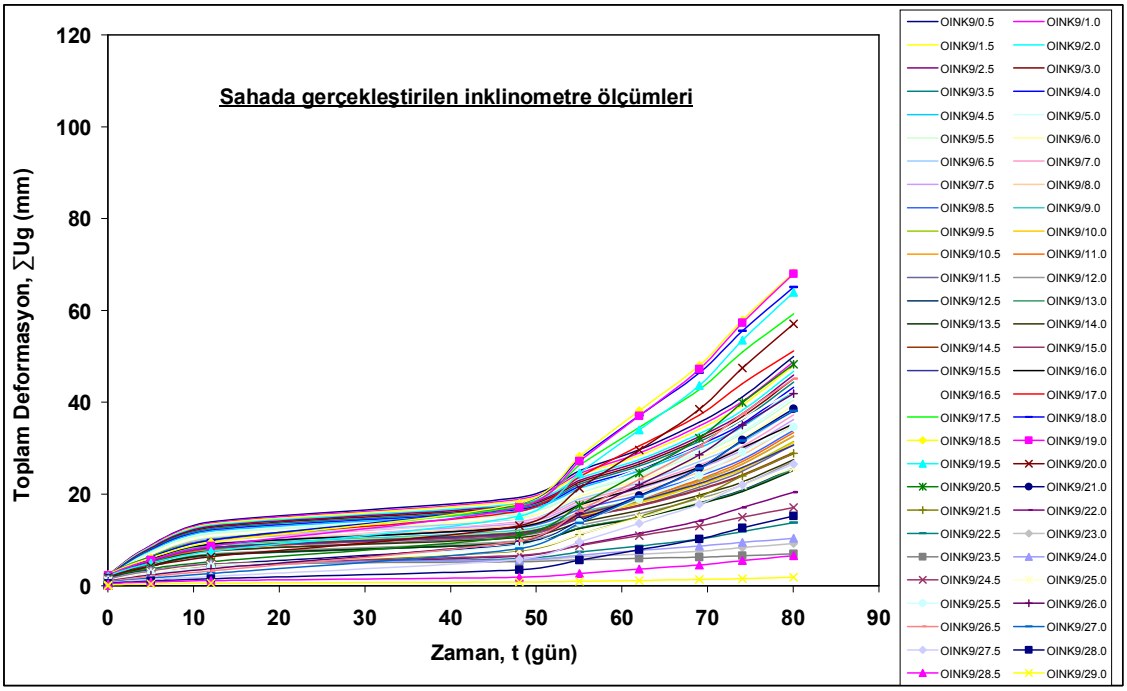


(a)-OINK-8 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

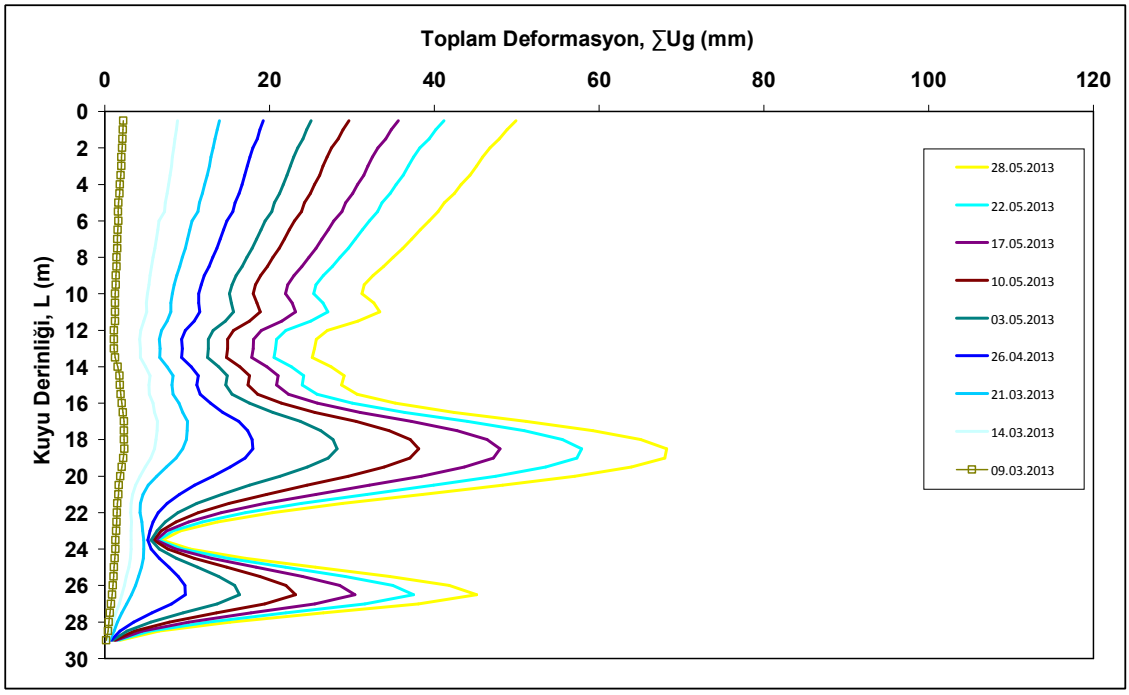


(b)- OINK-8 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-9

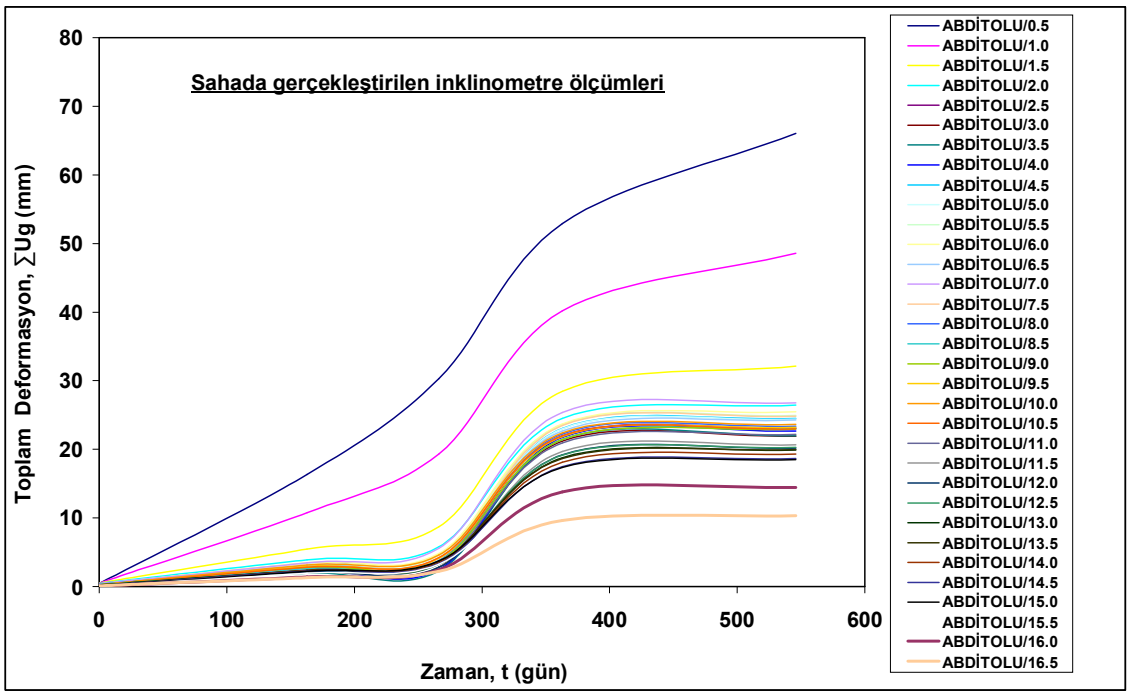


(a)-OINK-9 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

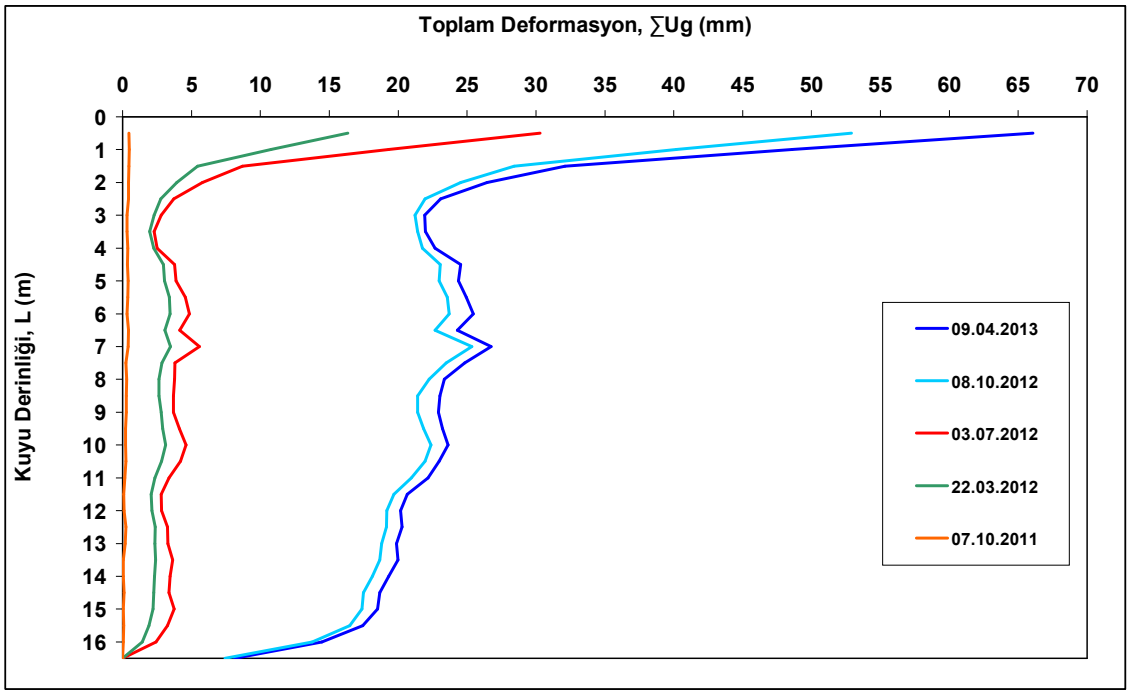


(b)- OINK-9 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ABDİTOLU

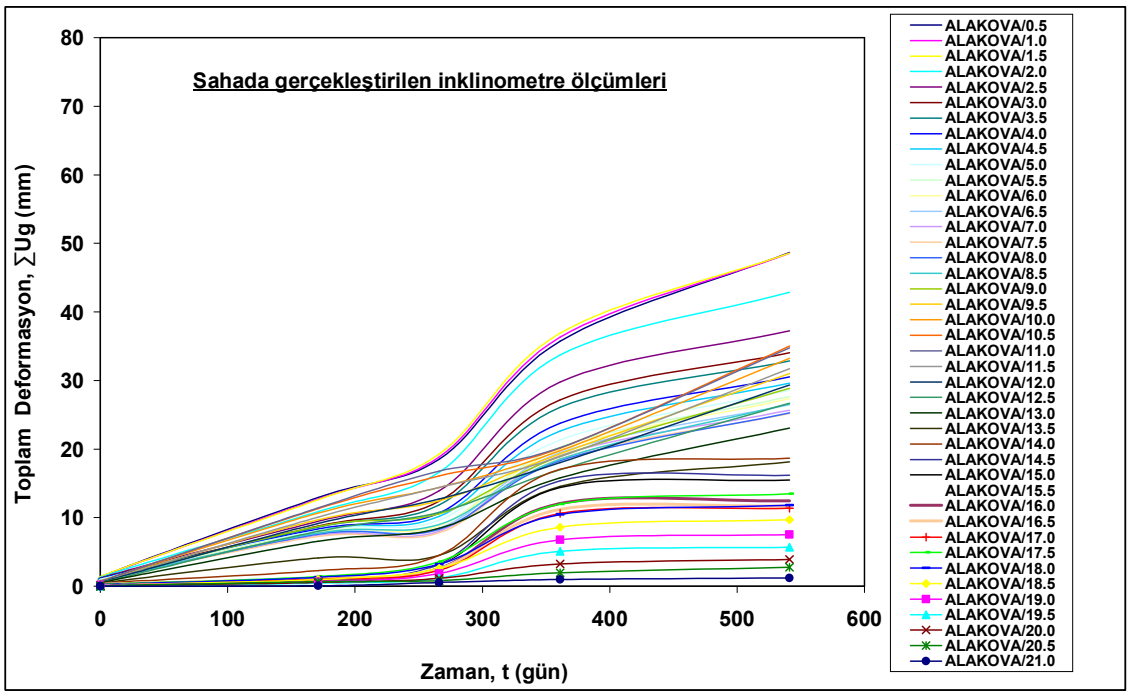


(a)-Abditolu kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

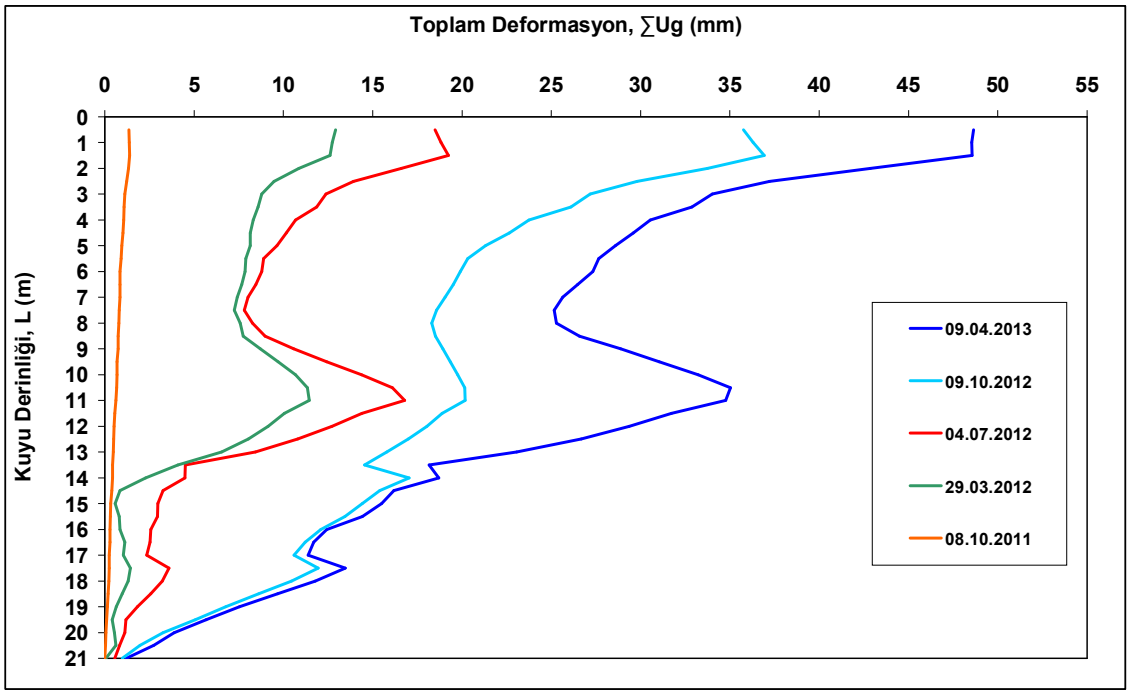


(b)- Abditolu kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ALAKOVA

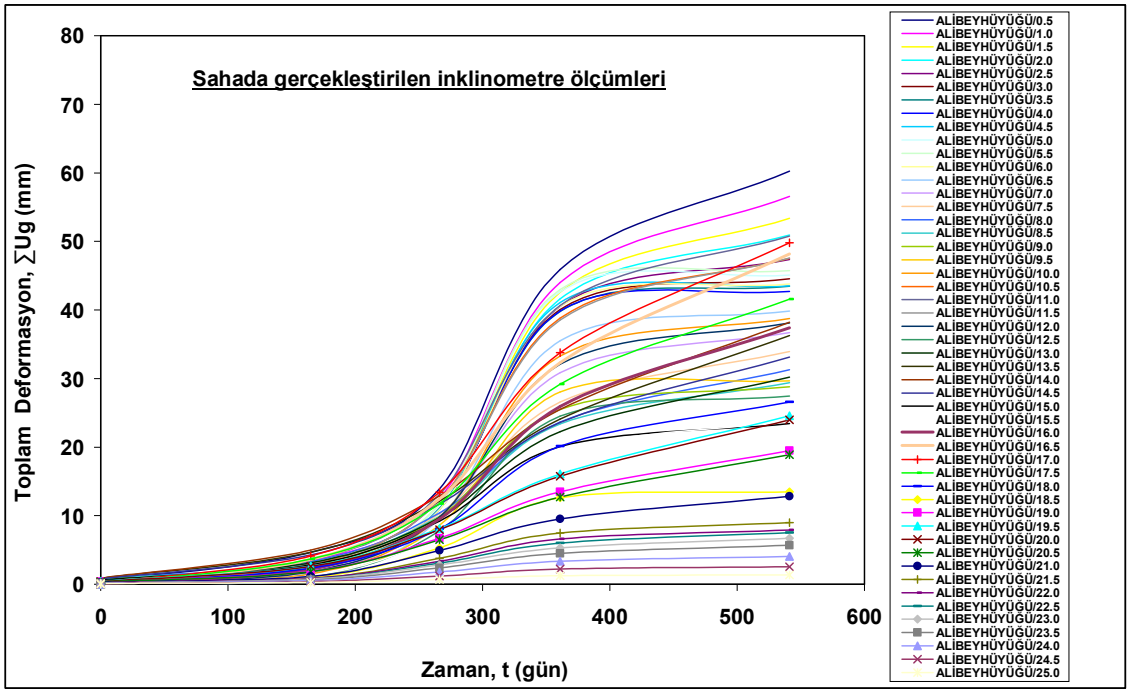


(a)-Alakova kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

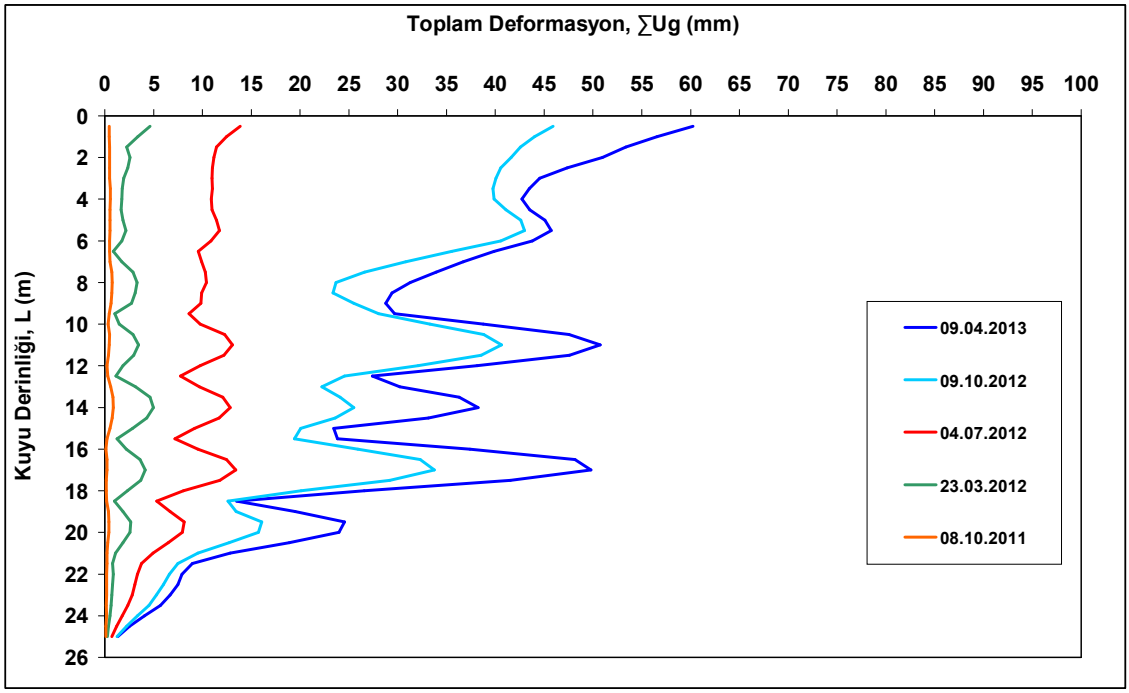


(b)- Alakova kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ALİBEYHÜYÜĞÜ

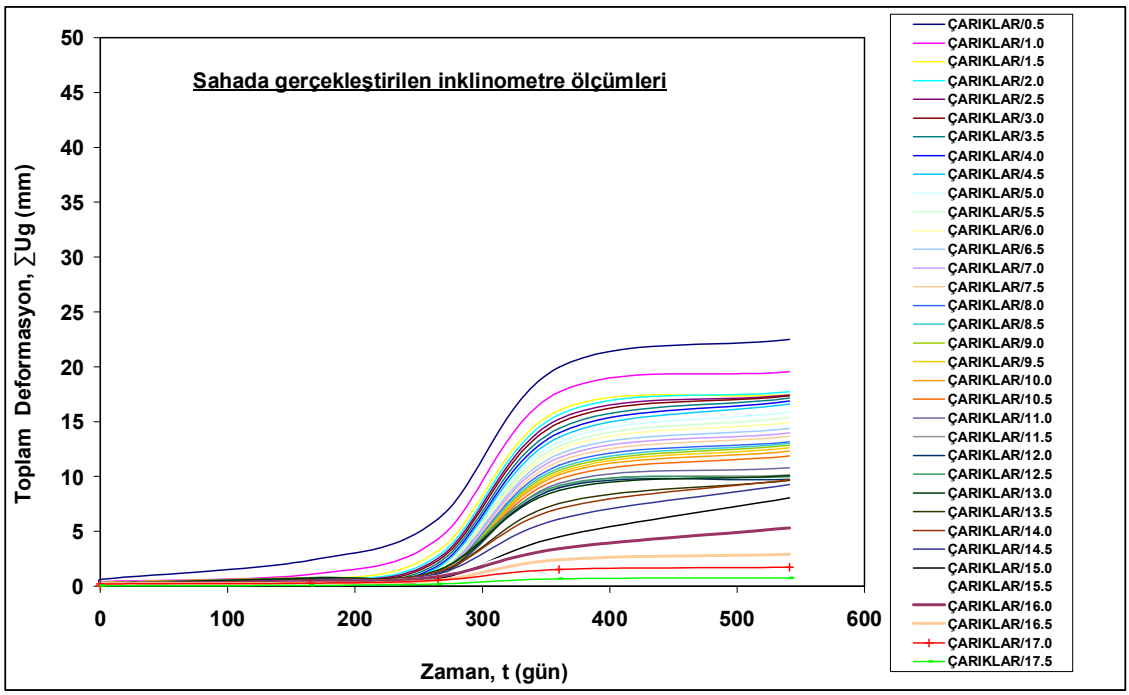


(a)-Alibeyhüyüğü kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

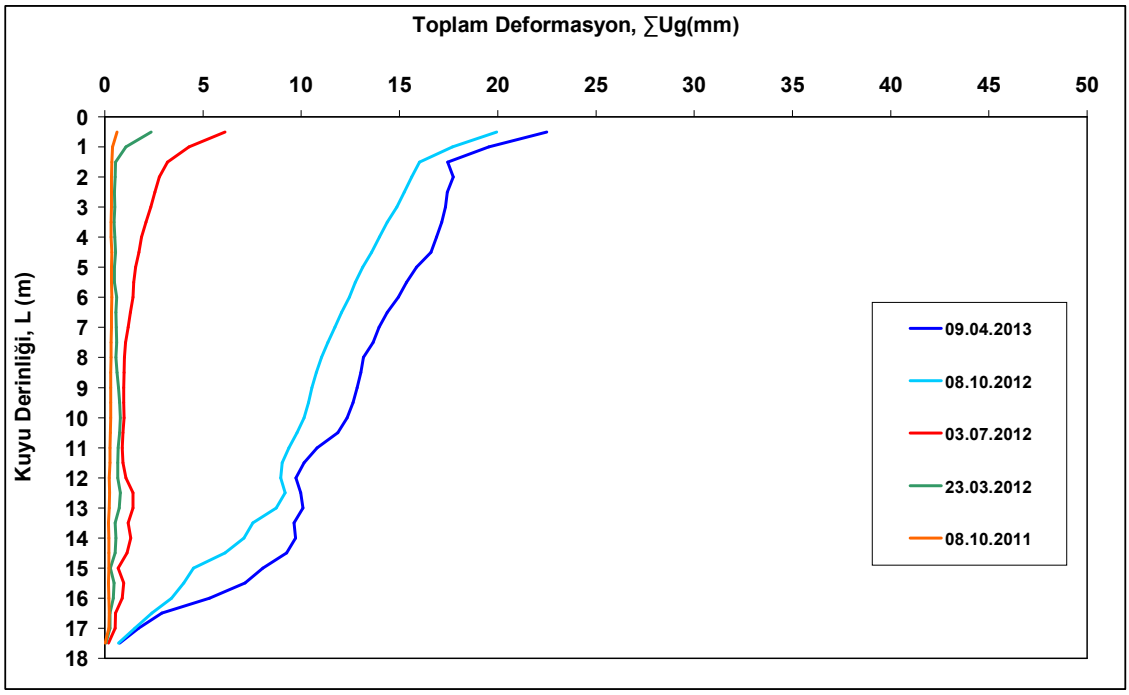


(b)- Alibeyhüyüğü kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ÇARIKLAR

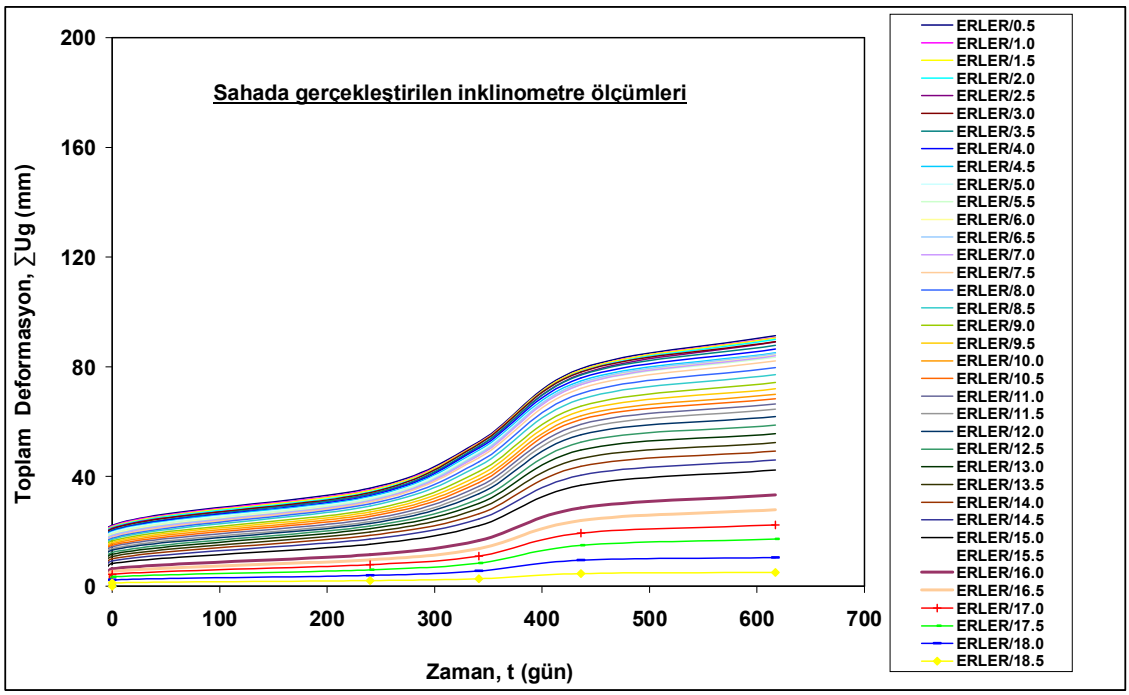


(a)-Çarıklar kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

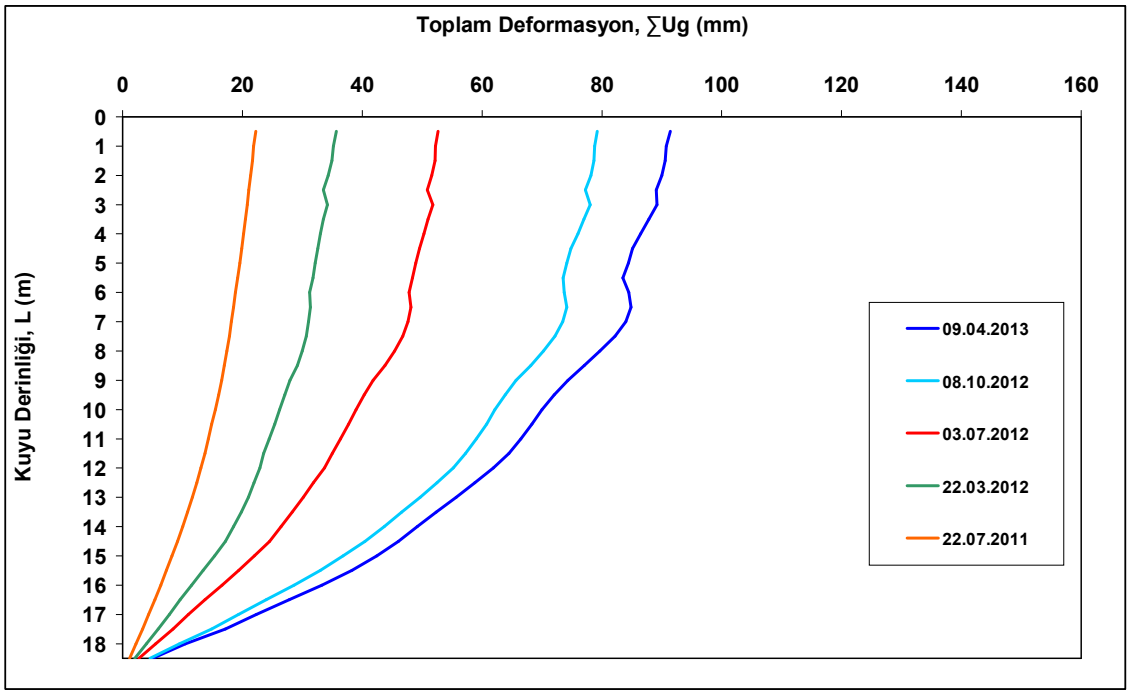


(b)- Çarıklar kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ERLER KÖYÜ

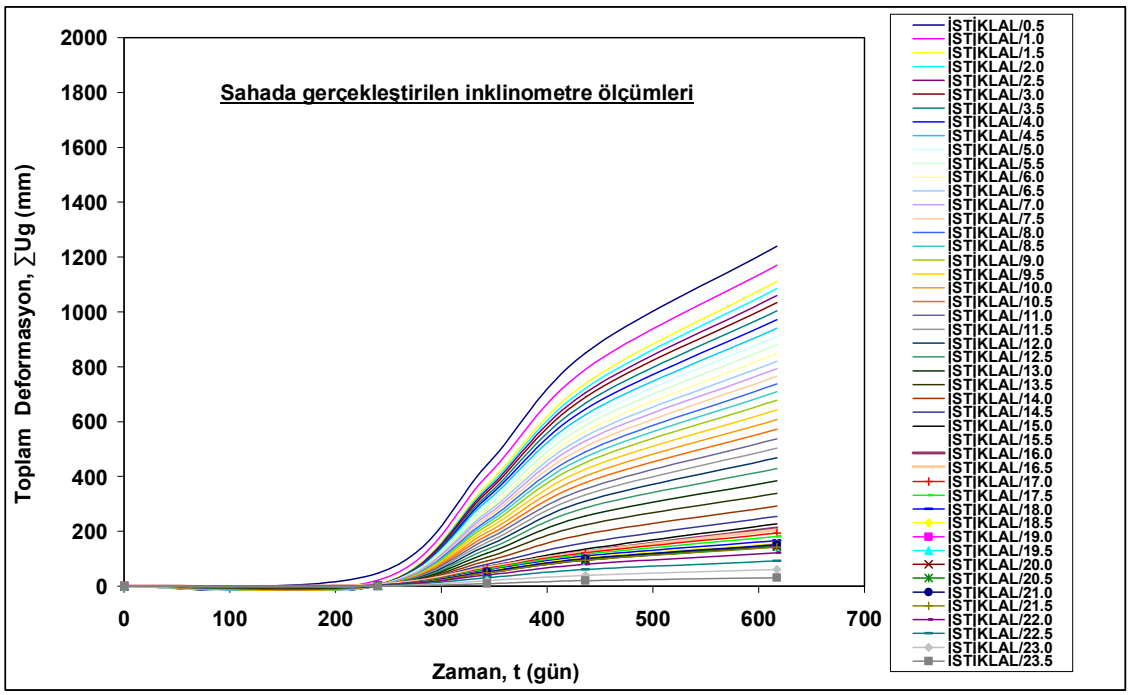


(a)-Erler köyü kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

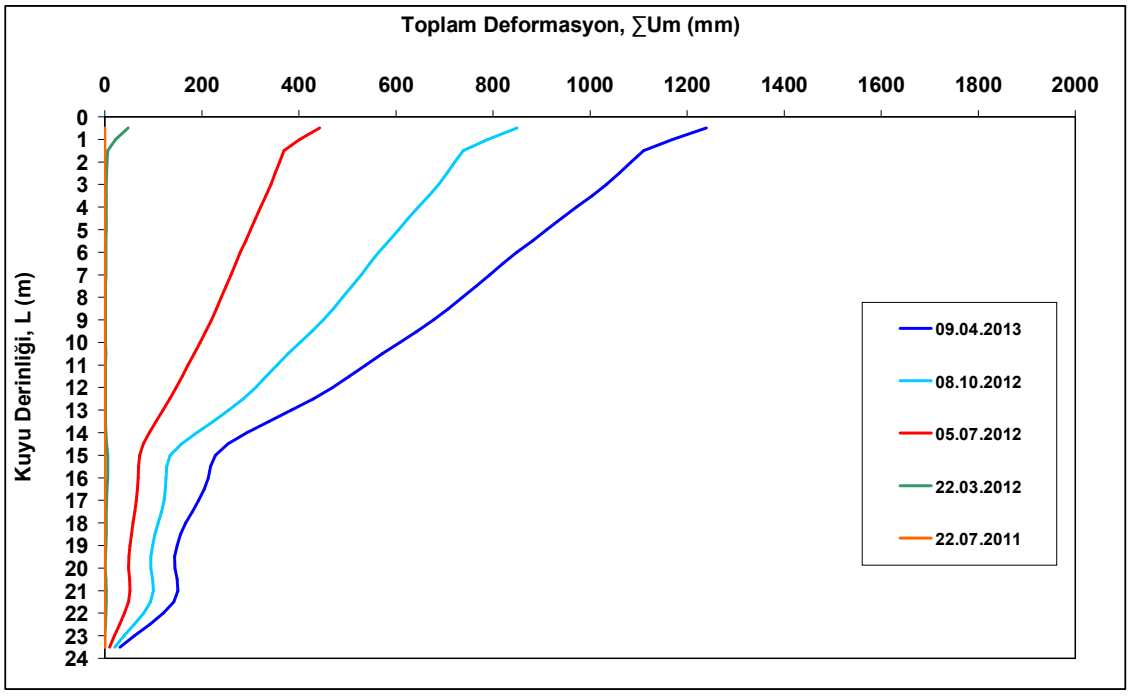


(b)- Erler köyü kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

İSTİKLAL (BAHRİDAĞDAŞ)

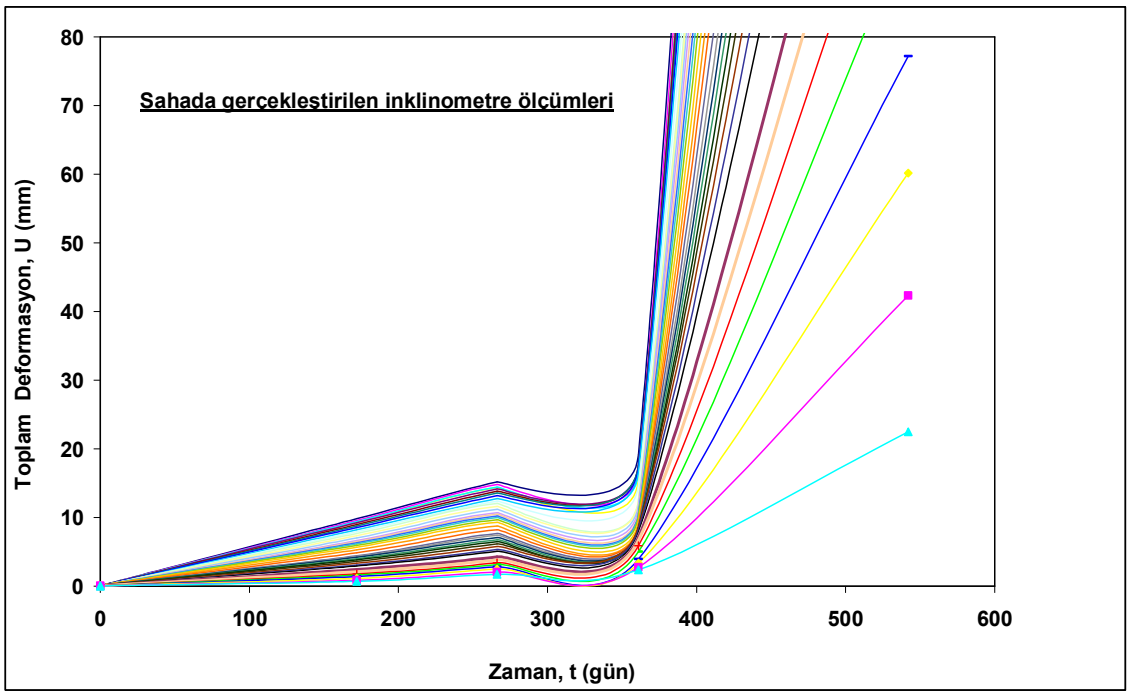


(a)-İstiklal kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

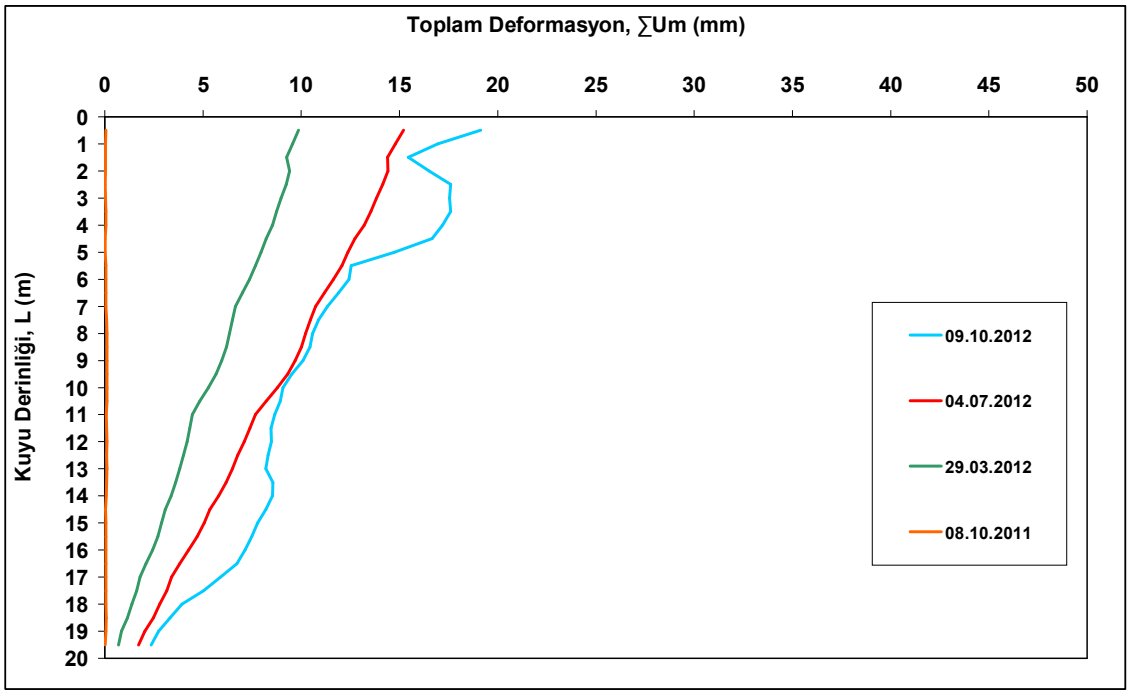


(b)- İstiklal kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

KÜÇÜKKÖY

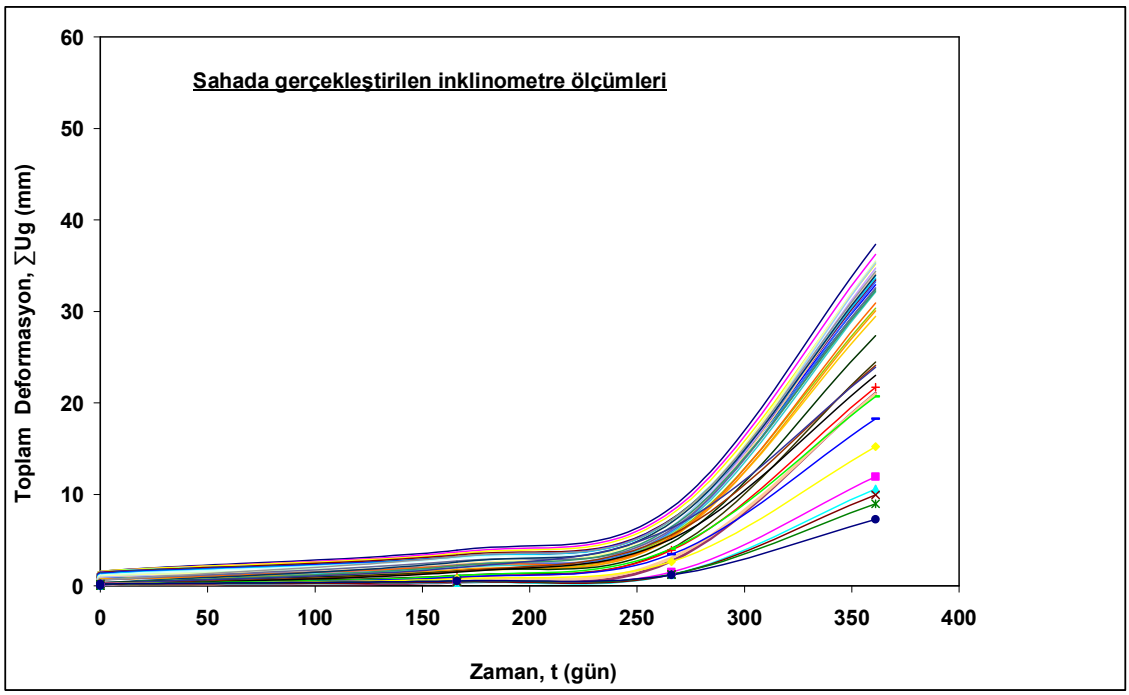


(a)-Küçükköy kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

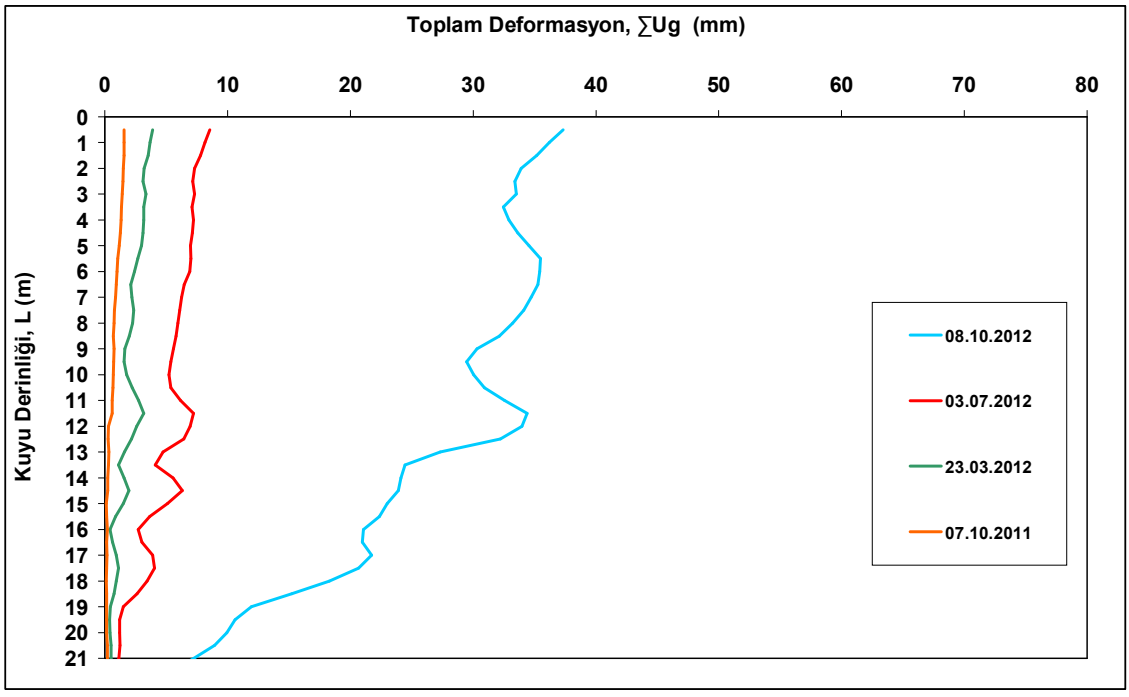


(b)- Küçükköy kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

MUGUR



(a)-Mugur kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı



(b)- Mugur kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

EK -4 Orhaneli sahasında bulunan kuyular için hazırlanan modele ait istatistiksel katsayılar

OINK-2

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	3.79	15.13	82.13	0.94	0.98
1.00	2.31	15.38	112.40	0.93	0.98
1.50	1.92	16.10	109.78	0.91	0.98
2.00	1.69	15.46	108.19	0.89	0.98
2.50	1.91	14.81	114.57	0.86	0.98
3.00	2.31	14.92	115.94	0.84	0.98
3.50	2.84	14.71	129.06	0.83	0.98
4.00	3.59	14.81	98.29	0.85	0.98
4.50	3.21	15.10	92.20	0.87	0.98
5.00	1.72	15.48	130.81	0.89	0.98
5.50	2.31	16.40	81.11	0.91	0.98
6.00	1.27	17.25	123.37	0.91	0.98
6.50	2.11	15.11	111.86	0.79	0.98
7.00	2.78	15.39	70.65	0.80	0.98
7.50	1.47	15.66	115.24	0.83	0.98
8.00	1.66	16.91	89.50	0.90	0.98
8.50	6.71	138700.00	15080.00	0.31	0.98
9.00	5.44	160400.00	16670.00	0.33	0.98
9.50	1.17	15.85	91.28	0.89	0.98
10.00	1.54	16.60	90.33	0.92	0.98
10.50	1.64	15.14	122.31	0.86	0.98
11.00	2.77	14.65	93.29	0.84	0.98
11.50	3.14	14.64	93.34	0.83	0.98
12.00	2.73	14.54	101.66	0.83	0.98
12.50	2.22	14.80	89.17	0.85	0.98
13.00	2.44	15.34	72.78	0.87	0.98
13.50	1.87	15.10	83.74	0.87	0.98
14.00	2.00	15.23	69.53	0.88	0.98
14.50	1.75	14.88	64.44	0.88	0.98
15.00	1.22	14.11	69.15	0.87	0.98
15.50	69.04	212.30	2.51	7.79	0.99
16.00	23.98	111.62	2.39	7.07	0.99
16.50	12.73	94.57	2.45	7.08	0.99
17.00	9.62	118.67	3.74	10.28	0.99
17.50	1.64	242550.70	14705.45	0.27	0.98

OINK-3

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	0.287	0.133	326.052	0.41	0.989
1.00	0.29	0.132	319.138	0.412	0.989
1.50	0.296	0.132	309.98	0.415	0.989
2.00	0.294	0.13	309.378	0.419	0.989
2.50	0.297	0.128	303.838	0.423	0.989
3.00	0.297	0.128	299.055	0.424	0.989
3.50	0.287	0.128	304.495	0.426	0.989
4.00	0.269	0.128	319.478	0.428	0.989
4.50	0.295	0.127	291.651	0.439	0.989
5.00	0.307	0.127	279.334	0.442	0.989
5.50	0.227	0.129	301.541	0.44	0.989
6.00	0.245	0.13	330.352	0.44	0.988
6.50	0.244	0.13	329.263	0.441	0.988
7.00	0.207	0.133	369.376	0.426	0.988
7.50	0.185	0.138	388.312	0.396	0.987
8.00	0.209	0.136	360.943	0.416	0.986
8.50	10.067	0.14	9.07	0.678	0.983
9.00	15.733	0.154	7.799	0.912	0.981
9.50	15.989	0.157	8.826	0.955	0.98
10.00	16.004	0.157	8.682	0.953	0.98
10.50	16.278	0.156	6.959	0.915	0.98
11.00	9.208	0.14	9.081	0.652	0.983
11.50	0.28	0.134	263.249	0.441	0.987
12.00	0.199	0.131	344.986	0.42	0.987
12.50	0.215	0.125	329.844	0.447	0.986
13.00	0.251	0.123	292.137	0.467	0.986
13.50	0.235	0.124	304.963	0.459	0.987
14.00	0.213	0.129	323.011	0.441	0.987
14.50	0.18	0.136	355.49	0.407	0.986
15.00	0.16	0.138	383.33	0.391	0.985
15.50	0.138	0.14	426.126	0.373	0.983
16.00	0.131	0.143	421.129	0.364	0.98
16.50	0.121	0.142	444.113	0.378	0.981
17.00	0.137	0.133	414.955	0.41	0.985
17.50	0.175	0.126	334.834	0.431	0.987
18.00	0.233	0.121	253.661	0.451	0.986
18.50	0.353	0.119	167.923	0.465	0.984
19.00	0.552	0.116	107.772	0.47	0.983
19.50	0.398	0.114	150.319	0.459	0.983
20.00	1.743	0.114	34.377	0.477	0.984
20.50	0.801	0.114	73.946	0.464	0.985
21.00	3.487	0.12	16.376	0.539	0.984
21.50	1.578	0.119	35.776	0.504	0.985
22.00	0.162	0.122	314.09	0.448	0.986
22.50	0.083	0.134	519.069	0.416	0.978
23.00	0.063	0.134	666.207	0.457	0.971
23.50	0.078	0.115	610.977	0.579	0.972
24.00	0.07	0.104	739.038	0.647	0.972
24.50	0.204	0.098	259.44	0.69	0.972
25.00	2.221	0.103	23.347	0.742	0.973

25.50	2.306	0.109	21.241	0.678	0.976
26.00	0.172	0.119	258.745	0.521	0.981
26.50	0.117	0.136	347.267	0.446	0.986
27.00	0.127	0.137	311.038	0.432	0.988
27.50	0.136	0.133	279.568	0.43	0.987
28.00	0.123	0.133	290.419	0.42	0.986
28.50	0.126	0.127	278.249	0.443	0.985
29.00	5.978	0.131	7.388	0.885	0.98
29.50	8.965	0.161	7.192	1.365	0.977
30.00	10.16	0.187	8.644	1.69	0.977
30.50	10.309	0.184	8.56	1.698	0.978
31.00	8.738	0.165	7.041	1.381	0.979
31.50	3.944	0.127	9.031	0.739	0.982
32.00	0.075	0.123	393.11	0.461	0.981
32.50	4.019	0.116	10.928	0.94	0.976
33.00	5.88	0.135	11.989	1.383	0.975
33.50	5.879	0.147	13.922	1.504	0.978
34.00	5.951	0.157	11.989	1.537	0.978
34.50	4.585	0.144	7.995	1.124	0.98
35.00	4.817	0.158	5.162	1.021	0.978
35.50	14.434	12.435	10.455	3.75	0.989
36.00	21.265	22.941	12.932	4.425	0.992
36.50	20.252	21.747	13.207	4.429	0.993
37.00	13.872	12.191	9.002	3.753	0.988
37.50	5.435	0.163	6.156	1.352	0.977
38.00	794151.8	2064745	62.618	77.697	0.912
38.50	367759.1	902112.9	70.027	87.641	0.903
39.00	420704.9	1258901	54.866	59.626	0.918
39.50	4.022	0.149	6.108	1.307	0.956
40.00	217023.5	647917.2	55.233	76.892	0.903
40.50	527786.7	844596.5	118.353	184.445	0.857
41.00	2751262	3098036	175.277	272.115	0.845
41.50	624373.3	699507.6	178.846	297.082	0.828
42.00	1459972	1921726	153.371	273.351	0.812
42.50	500999.4	903728	111.434	204.95	0.807
43.00	434371.7	1221831	68.444	99.27	0.863
43.50	21.648	72.175	15.223	7.94	0.984
44.00	65.751	203.111	15.281	7.295	0.992
44.50	748343.7	1964181	70.704	56.187	0.934
45.00	544700.5	1480012	68.896	63.19	0.923
45.50	18.506	111.855	13.788	5.188	0.992
46.00	18.503	109.809	13.869	5.683	0.994
46.50	7.059	87.866	13.32	6.17	0.993

OINK-4

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	4.556	0.557	39.586	0.721	0.983
1.00	4.651	0.556	38.73	0.72	0.984
1.50	4.707	0.554	38.105	0.719	0.984
2.00	4.818	0.555	37.069	0.721	0.984
2.50	4.994	0.551	35.562	0.722	0.984
3.00	5.05	0.548	34.638	0.726	0.984
3.50	4.725	0.547	36.497	0.728	0.984
4.00	5.795	0.547	29.326	0.742	0.984
4.50	6.102	0.548	27.548	0.75	0.984
5.00	6.254	0.551	26.879	0.755	0.984
5.50	6.239	0.559	26.57	0.759	0.984
6.00	6.281	0.562	26.061	0.763	0.984
6.50	6.496	0.566	24.993	0.767	0.984
7.00	6.609	0.57	24.416	0.768	0.984
7.50	6.253	0.548	25.564	0.759	0.984
8.00	6.305	0.544	25.305	0.763	0.984
8.50	6.187	0.54	25.708	0.772	0.984
9.00	6.33	0.539	24.836	0.777	0.984
9.50	6.348	0.535	24.571	0.783	0.984
10.00	6.324	0.531	24.855	0.786	0.984
10.50	6.598	0.531	23.619	0.795	0.984
11.00	6.38	0.532	24.229	0.796	0.984
11.50	6.379	0.53	24.14	0.8	0.984
12.00	6.27	0.523	24.526	0.804	0.984
12.50	6.404	0.524	23.746	0.81	0.984
13.00	6.272	0.517	23.973	0.81	0.984
13.50	6.285	0.517	23.695	0.813	0.984
14.00	6.227	0.515	23.591	0.814	0.984
14.50	6.115	0.516	23.645	0.813	0.984
15.00	6.698	0.518	21.306	0.828	0.984
15.50	6.835	0.518	20.489	0.836	0.984
16.00	6.894	0.517	19.913	0.842	0.984
16.50	6.821	0.519	19.911	0.844	0.984
17.00	6.886	0.52	19.536	0.846	0.984
17.50	7.111	0.524	18.939	0.86	0.984
18.00	7.023	0.524	18.77	0.861	0.984
18.50	6.568	0.513	19.733	0.853	0.984
19.00	5.811	0.515	21.441	0.834	0.984
19.50	4.173	0.497	28.296	0.788	0.984
20.00	3.819	0.503	30.472	0.778	0.984
20.50	4.209	0.508	27.929	0.793	0.984
21.00	4.554	0.52	25.412	0.8	0.984
21.50	4.431	0.519	25.644	0.798	0.984
22.00	4.882	0.525	23.243	0.813	0.984
22.50	5.943	0.552	18.981	0.838	0.984
23.00	6.259	0.556	17.907	0.851	0.984
23.50	6.632	0.566	16.849	0.868	0.983
24.00	6.633	0.566	16.586	0.876	0.983
24.50	6.805	0.571	16.024	0.891	0.983
25.00	7.08	0.581	15.327	0.907	0.983

25.50	7.097	0.589	15.087	0.918	0.983
26.00	7.089	0.58	14.689	0.916	0.983
26.50	7.247	0.592	14.101	0.926	0.983
27.00	7.282	0.588	13.892	0.938	0.983
27.50	7.274	0.588	13.56	0.948	0.983
28.00	7.134	0.589	13.394	0.945	0.983
28.50	7.125	0.59	13.098	0.948	0.984
29.00	6.862	0.582	13.375	0.941	0.984
29.50	7.902	0.619	11.826	1.004	0.982
30.00	7.913	0.614	11.689	1.021	0.982
30.50	7.784	0.62	11.634	1.031	0.982
31.00	7.544	0.613	11.748	1.043	0.982
31.50	0.113	0.555	454.149	0.516	0.986
32.00	0.11	0.556	447.212	0.513	0.986
32.50	0.103	0.574	465.033	0.52	0.985
33.00	0.098	0.584	472.816	0.52	0.985
33.50	0.088	0.581	504.936	0.518	0.985
34.00	0.084	0.603	512.453	0.512	0.985
34.50	0.074	0.615	558.071	0.508	0.985
35.00	0.074	0.614	551.545	0.51	0.985
35.50	0.072	0.622	550.09	0.509	0.985
36.00	0.072	0.604	544.819	0.519	0.985
36.50	0.072	0.604	524.631	0.519	0.985
37.00	0.07	0.613	518.81	0.519	0.985
37.50	0.062	0.605	551.906	0.522	0.985
38.00	0.071	0.613	461.224	0.519	0.985
38.50	0.061	0.615	497.576	0.519	0.985
39.00	0.057	0.615	511.815	0.52	0.985
39.50	0.055	0.601	505.728	0.53	0.985
40.00	0.03	0.585	856.791	0.534	0.985
40.50	0.049	0.601	490.009	0.532	0.985
41.00	0.059	0.623	398.195	0.535	0.984
41.50	0.057	0.597	394.905	0.548	0.984
42.00	0.055	0.584	390.776	0.55	0.984
42.50	0.05	0.577	394.723	0.546	0.984
43.00	0.049	0.576	369.933	0.549	0.984
43.50	0.044	0.593	374.58	0.545	0.984
44.00	0.045	0.591	337.471	0.557	0.984
44.50	0.039	0.613	348.981	0.555	0.984
45.00	0.038	0.634	313.01	0.569	0.984
45.50	0.043	0.607	233.45	0.593	0.983
46.00	0.024	0.583	283.686	0.547	0.984
46.50	0.019	0.627	257.912	0.557	0.982
47.00	1.463	16.176	5.836	3.82	0.982

OINK-5

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	34.43	50.26	18.54	6.60	0.99
1.00	35.38	53.45	17.69	6.82	0.99
1.50	37.25	55.45	16.47	6.96	0.99
2.00	3.49	0.10	20.23	1.18	0.98
2.50	3.61	0.10	19.55	1.19	0.98
3.00	36.33	54.03	13.82	6.45	0.99
3.50	36.15	53.88	13.43	6.13	0.99
4.00	35.19	52.56	13.73	6.05	0.99
4.50	35.21	53.29	12.97	5.98	0.99
5.00	36.00	56.19	11.62	5.99	0.99
5.50	4.69	1.00	14.91	1.33	0.98
6.00	4.90	1.00	13.65	1.34	0.98
6.50	5.14	1.08	12.57	1.37	0.97
7.00	3.46	0.09	16.11	1.17	0.97
7.50	3.08	0.08	16.86	1.13	0.97
8.00	3.34	0.09	15.10	1.15	0.97
8.50	3.56	0.09	14.93	1.21	0.97
9.00	3.81	0.09	14.56	1.26	0.98
9.50	3.86	0.09	14.92	1.29	0.98
10.00	4.87	1.09	12.78	1.39	0.98
10.50	4.93	1.15	13.06	1.42	0.98
11.00	4.70	1.13	12.94	1.40	0.98
11.50	4.58	0.99	12.28	1.41	0.98
12.00	3.71	0.09	15.08	1.31	0.98
12.50	3.78	0.09	14.28	1.33	0.98
13.00	3.58	0.08	14.48	1.32	0.98
13.50	4.42	1.03	12.03	1.46	0.98
14.00	4.62	1.12	11.80	1.49	0.98
14.50	3.47	0.09	14.85	1.32	0.98
15.00	3.27	0.10	15.43	1.28	0.98
15.50	3.31	0.10	15.34	1.32	0.98
16.00	23.43	51.70	8.47	5.15	0.99
16.50	25.57	58.94	8.42	5.23	0.99
17.00	27.14	65.81	8.01	5.46	0.99
17.50	2.09	0.12	21.62	1.17	0.99
18.00	2.10	0.12	21.35	1.16	0.99
18.50	2.07	0.12	21.32	1.16	0.99
19.00	1.95	0.12	22.31	1.15	0.99
19.50	1.78	0.12	23.88	1.13	0.99
20.00	1.85	0.12	22.77	1.15	0.99
20.50	2.02	0.11	20.84	1.18	0.99
21.00	2.11	0.10	20.01	1.19	0.99
21.50	2.09	0.10	19.33	1.20	0.99
22.00	1.86	0.11	22.24	1.16	0.99
22.50	1.83	0.11	22.30	1.16	0.99
23.00	2.42	1.01	16.68	1.23	0.99
23.50	1.74	0.09	21.67	1.16	0.99
24.00	1.59	0.09	22.73	1.14	0.99
24.50	1.36	0.09	26.55	1.12	0.99
25.00	1.40	0.09	26.08	1.13	0.99

25.50	1.33	0.09	26.76	1.13	0.99
26.00	1.26	0.09	28.09	1.12	0.99
26.50	1.91	1.09	18.75	1.17	0.99
27.00	1.82	1.04	19.62	1.17	0.99
27.50	13.71	39.59	4.37	3.57	0.99
28.00	12.85	36.78	4.53	3.47	0.99
28.50	10.06	25.99	5.04	3.00	0.99
29.00	8.75	21.33	5.45	2.80	0.99
29.50	10.02	26.32	5.42	3.14	0.99
30.00	8.66	21.74	5.62	2.88	0.99
30.50	8.37	20.75	5.59	2.78	0.99
31.00	7.62	17.77	5.80	2.61	0.99
31.50	7.13	16.23	6.00	2.51	0.99
32.00	5.52	10.15	6.83	2.09	0.99
32.50	1.18	0.07	23.52	1.17	0.99
33.00	1.03	0.07	26.01	1.14	0.99
33.50	8.52	19.82	5.00	3.07	0.99
34.00	10.36	38.17	5.60	3.62	0.99
34.50	11.10	41.11	6.16	3.84	0.99
35.00	10.30	38.68	5.97	3.73	0.99
35.50	0.83	0.06	27.57	1.10	0.99
36.00	0.03	0.05	454.35	0.78	1.00
36.50	0.14	0.05	77.62	0.77	0.99
37.00	0.55	0.08	23.87	1.08	0.97
37.50	0.45	0.07	25.14	1.01	0.98
38.00	0.03	0.06	331.48	0.80	0.99
38.50	0.32	0.07	44.12	1.02	1.00
39.00	0.92	1.45	20.71	1.27	0.99
39.50	13.14	99.07	5.18	5.23	0.99
40.00	101.80	1384.69	6.08	6.72	1.00
40.50	6430.49	108779.10	6.98	7.01	1.00
41.00	19338.46	518729.90	2.44	4.15	0.99
41.50	0.05	0.09	92.63	1.04	0.99
42.00	0.09	0.10	44.15	1.04	0.99
42.50	3.50	118.89	5.67	7.03	0.99
43.00	0.07	0.06	34.18	1.00	0.99
43.50	0.13	0.05	10.95	1.80	0.99

OINK-6

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	5.32	0.05	31.26	1.56	1.00
1.00	5.40	0.05	31.29	1.57	1.00
1.50	5.49	0.05	31.20	1.58	1.00
2.00	5.52	0.05	31.23	1.59	1.00
2.50	5.66	0.05	32.18	1.63	1.00
3.00	5.69	0.05	31.80	1.62	1.00
3.50	5.63	0.05	31.09	1.61	1.00
4.00	5.46	0.05	30.43	1.58	1.00
4.50	5.57	0.05	32.34	1.64	1.00
5.00	5.64	0.05	32.56	1.65	1.00
5.50	5.53	0.05	31.30	1.62	1.00
6.00	5.25	0.05	29.02	1.53	1.00
6.50	5.19	0.05	29.77	1.58	1.00
7.00	5.56	0.05	29.40	1.58	1.00
7.50	5.49	0.05	28.73	1.55	1.00
8.00	5.60	0.05	29.16	1.58	1.00
8.50	5.92	0.05	31.35	1.68	1.00
9.00	6.25	0.05	36.03	1.82	1.00
9.50	5.82	0.05	34.00	1.78	1.00
10.00	5.31	0.05	33.26	1.75	1.00
10.50	4.51	0.05	30.10	1.64	1.00
11.00	3.94	0.05	28.37	1.56	1.00
11.50	3.62	0.05	29.39	1.57	1.00
12.00	3.33	0.05	30.34	1.56	1.00
12.50	3.09	0.05	32.06	1.57	1.00
13.00	3.05	0.05	32.02	1.56	1.00
13.50	2.91	0.05	28.45	1.45	1.00
14.00	2.86	0.05	27.67	1.42	1.00
14.50	0.01	0.00	2854.68	0.92	0.98
15.00	2.95	0.05	27.40	1.44	1.00
15.50	2.86	0.06	25.52	1.37	1.00
16.00	2.79	0.06	25.86	1.38	1.00
16.50	2.92	0.06	26.19	1.44	1.00
17.00	2.54	0.06	24.98	1.31	1.00
17.50	2.14	0.06	24.72	1.17	1.00
18.00	3.29	0.06	34.56	1.77	1.00
18.50	3.06	0.06	36.04	1.77	1.00
19.00	2.92	0.06	38.91	1.83	1.00
19.50	2.71	0.05	37.33	1.79	1.00
20.00	2.62	0.05	36.44	1.77	1.00
20.50	2.52	0.06	30.77	1.64	1.00
21.00	2.43	0.06	29.76	1.61	1.00
21.50	2.23	0.05	28.58	1.54	1.00
22.00	2.22	0.05	30.24	1.58	1.00
22.50	2.26	0.06	29.67	1.59	1.00
23.00	2.16	0.06	27.99	1.51	1.00
23.50	1.99	0.06	26.52	1.42	1.00
24.00	1.89	0.06	24.75	1.35	1.00
24.50	1.72	0.06	24.30	1.27	1.00
25.00	1.57	0.06	24.24	1.20	1.00

25.50	1.07	0.06	30.54	1.05	1.00
26.00	6.19	6.76	45.52	18.54	0.90
26.50	6.27	6.58	46.39	19.39	0.90
27.00	6.60	6.47	47.14	19.14	0.90
27.50	0.06	0.06	440.28	0.78	1.00
28.00	6.47	6.60	46.49	18.88	0.90
28.50	6.18	7.11	49.82	22.62	0.89
29.00	3.90	0.12	40.41	15.64	0.66
29.50	4.99	7.81	45.49	22.81	0.89
30.00	4.40	8.62	44.95	24.69	0.88
30.50	3.47	9.34	36.30	20.00	0.88
31.00	2.88	11.65	24.67	21.28	0.89
31.50	0.76	1.91	299.82	3.32	0.95
32.00	0.71	2.72	1240.92	4.16	0.98
32.50	0.57	2.60	578.69	3.66	0.98
33.00	0.56	2.62	4350.02	4.78	0.98
33.50	0.48	3.44	21630.98	5.65	1.00

OINK-7

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	9.89	0.21	144.55	3.84	1.00
1.00	9.86	0.21	1062.80	5.09	1.00
1.50	9.72	0.21	9426.75	6.39	1.00
2.00	9.47	0.20	12487.51	6.54	1.00
2.50	9.39	0.19	32785.99	7.18	1.00
3.00	9.20	0.19	106078.40	7.96	1.00
3.50	9.00	0.19	331478.60	8.71	1.00
4.00	8.78	0.19	236401.50	8.54	1.00
4.50	8.52	0.19	407477.20	8.91	1.00
5.00	8.24	0.18	17446.40	6.96	1.00
5.50	7.99	0.18	1655.57	5.51	1.00
6.00	7.42	0.18	78.15	3.49	1.00
6.50	7.29	0.18	111.36	3.74	1.00
7.00	7.19	0.18	133.49	3.91	1.00
7.50	7.08	0.17	59.22	3.51	1.00
8.00	6.92	0.17	37.39	3.21	1.00
8.50	6.77	0.17	24.46	2.82	1.00
9.00	6.86	0.17	109.10	3.84	1.00
9.50	6.81	0.17	237.12	4.32	1.00
10.00	6.72	0.16	129.92	3.92	1.00
10.50	6.62	0.16	175.78	4.03	1.00
11.00	6.46	0.16	102.57	3.67	1.00
11.50	6.53	0.16	203.28	4.19	1.00
12.00	6.48	0.16	495.07	4.73	1.00
12.50	6.50	0.16	1261.29	5.29	1.00
13.00	6.41	0.17	1629.50	5.25	1.00
13.50	6.15	0.17	690.95	4.58	1.00
14.00	5.88	0.16	227.52	3.72	1.00
14.50	5.26	0.14	88.16	5.87	1.00
15.00	4.02	0.13	40.03	2.07	1.00
15.50	2.84	0.13	38.64	1.70	1.00
16.00	3.34	0.13	56.03	2.07	1.00
16.50	3.38	0.12	63.53	2.16	1.00
17.00	3.66	0.12	82.98	2.43	1.00
17.50	3.75	0.13	71.08	18.00	1.00
18.00	3.95	0.12	114.23	2.84	1.00
18.50	3.94	0.13	119.36	2.95	1.00
19.00	4.18	0.14	267.77	3.56	1.00
19.50	4.20	0.15	379.93	3.78	1.00
20.00	4.30	0.15	551.48	4.06	1.00
20.50	4.45	0.16	500.83	4.03	1.00
21.00	4.68	0.15	725.68	4.23	1.00
21.50	4.74	0.15	672.19	4.19	1.00
22.00	4.85	0.14	721.09	4.16	1.00
22.50	4.90	0.14	713.47	4.19	1.00
23.00	5.04	0.14	1398.29	4.65	1.00
23.50	5.07	0.13	1255.77	4.50	1.00
24.00	4.99	0.12	938.17	4.30	1.00
24.50	5.03	0.12	1084.71	4.40	1.00
25.00	5.01	0.12	1466.08	4.59	1.00

25.50	5.04	0.12	2049.87	4.81	1.00
26.00	5.09	0.11	1444.37	4.53	1.00
26.50	4.99	0.11	1197.29	4.45	1.00
27.00	5.11	0.12	1646.54	4.64	1.00
27.50	5.05	0.11	973.94	4.27	1.00
28.00	5.06	0.10	832.46	4.10	1.00
28.50	5.06	0.10	943.32	4.09	1.00
29.00	5.15	0.10	1033.19	4.12	1.00
29.50	5.06	0.10	1016.06	4.13	1.00
30.00	4.86	0.10	816.03	3.98	1.00
30.50	4.68	0.10	676.99	3.80	1.00
31.00	4.70	0.10	825.78	3.92	1.00
31.50	4.79	0.10	819.43	3.91	1.00
32.00	4.85	0.10	1176.85	4.17	1.00
32.50	4.69	0.10	1458.22	4.29	1.00
33.00	4.43	0.10	1388.64	4.18	1.00
33.50	4.33	0.10	1509.40	4.22	1.00
34.00	4.19	0.09	1557.99	4.23	1.00
34.50	3.87	0.09	1738.51	4.25	1.00
35.00	3.64	0.08	1310.37	4.05	1.00
35.50	6.58	0.08	1283.74	3.99	1.00
36.00	2.93	0.07	507.06	3.25	1.00
36.50	3.89	0.08	2274.43	4.42	1.00
37.00	3.88	0.08	3248.00	4.65	1.00
37.50	4.01	0.08	4781.49	4.99	1.00
38.00	3.98	0.08	3319.51	4.83	1.00
38.50	3.83	0.08	1600.30	4.28	1.00
39.00	4.07	0.08	2511.99	4.62	1.00
39.50	4.24	0.08	4665.56	4.97	1.00
40.00	4.30	0.08	5649.58	5.05	1.00
40.50	2.13	0.07	248.08	2.54	1.00
41.00	2.02	0.06	232.83	2.45	1.00
41.50	4.54	0.08	6356.68	5.15	1.00
42.00	3.29	0.07	569.77	3.37	1.00
42.50	4.57	0.08	6747.29	5.17	1.00
43.00	4.54	0.08	4817.07	4.07	1.00
43.50	4.49	0.07	3005.89	4.67	1.00
44.00	4.50	0.07	3984.59	4.87	1.00
44.50	4.60	0.07	7434.74	5.27	1.00
45.00	4.57	0.07	9437.25	5.46	1.00
45.50	4.63	0.07	5935.02	5.16	1.00
46.00	4.72	0.07	4810.58	5.10	1.00
46.50	4.72	0.07	2151.93	4.74	1.00
47.00	4.65	0.07	866.58	4.30	1.00
47.50	4.75	0.07	1228.74	4.72	1.00
48.00	4.48	0.06	154.32	3.31	1.00
48.50	4.56	0.06	183.06	3.34	1.00
49.00	5.03	0.07	1495.12	4.66	1.00
49.50	4.96	0.07	1303.75	4.46	1.00
50.00	4.80	0.07	783.10	4.06	1.00
50.50	4.86	0.07	839.00	4.12	1.00
51.00	4.76	0.07	2311.11	4.85	1.00

51.50	4.52	0.07	4130.28	5.28	1.00
52.00	4.31	0.07	3155.41	5.02	1.00
52.50	3.97	0.07	5157.56	5.50	1.00
53.00	3.63	0.06	3918.74	5.32	1.00
53.50	3.30	0.07	6290.49	5.60	1.00
54.00	3.04	0.06	2564.70	4.92	1.00
54.50	2.85	0.06	3608.48	5.03	1.00
55.00	2.60	0.06	4126.95	5.03	1.00
55.50	2.35	0.07	3331.15	4.78	1.00
56.00	0.94	0.06	183.20	2.27	0.99
56.50	0.87	0.07	164.56	2.18	0.99
57.00	0.99	0.09	162.77	2.26	0.97
57.50	0.73	0.09	210.13	2.33	0.97
58.00	0.47	0.05	209.97	2.28	0.96
58.50	0.66	9.51	231.69	2.94	0.97

OINK-8

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	29.26	65.46	46.50	54.91	0.91
1.00	29.31	65.31	46.62	54.96	0.91
1.50	28.88	63.59	46.42	54.47	0.91
2.00	28.20	62.62	45.75	54.39	0.91
2.50	27.27	60.19	44.99	53.78	0.91
3.00	28.92	68.10	45.73	56.89	0.91
3.50	28.89	68.01	45.64	56.40	0.91
4.00	29.69	70.74	46.04	56.81	0.91
4.50	29.14	68.63	45.80	56.47	0.91
5.00	28.25	65.15	45.41	56.26	0.91
5.50	29.30	68.14	46.29	58.15	0.91
6.00	32.48	48.95	48.24	63.17	0.90
6.50	41.95	115.41	50.38	69.48	0.90
7.00	24.44	55.06	42.79	57.50	0.89
7.50	8.40	3.41	8.39	2.72	0.99
8.00	8.58	3.57	8.12	2.73	0.99
8.50	7.97	3.39	8.11	2.66	0.99
9.00	92.82	318.08	51.25	72.25	0.90
9.50	85979.18	252040.50	89.79	135.33	0.92
10.00	305284.00	822559.30	107.83	165.69	0.91
10.50	295941.30	956528.70	87.87	136.64	0.91
11.00	135653.90	532696.30	65.01	102.41	0.90
11.50	230388.20	901012.70	65.81	107.68	0.90
12.00	314925.20	1090784.0	31.91	137.67	0.89
12.50	509655.10	1733977.0	88.39	152.24	0.88
13.00	116130.70	459800.00	73.92	129.74	0.87
13.50	46462.61	220600.60	44.54	67.91	0.89
14.00	34350.72	133890.00	52.99	72.98	0.92
14.50	425212.60	1173232.0	94.83	140.70	0.93
15.00	323344.00	801336.00	112.67	169.28	0.92
15.50	193882.60	592599.60	82.63	119.51	0.93
16.00	27.10	101.84	35.89	52.42	0.88
16.50	777316.80	2246461.0	113.54	200.28	0.86
17.00	1082613.0	1960500.0	195.96	332.82	0.86
17.50	286767.50	466004.50	208.13	316.85	0.86
18.00	488770.90	977338.70	174.90	297.63	0.86
18.50	287199.00	1051844.0	80.14	141.33	0.87
19.00	17179.13	86763.03	40.19	51.73	0.92
19.50	157510.30	635825.30	62.63	83.57	0.94
20.00	223190.40	903545.80	63.00	83.55	0.94
20.50	112935.40	508515.20	52.72	66.64	0.94
21.00	206371.20	924056.60	52.90	65.09	0.95
21.50	102256.60	457360.30	53.41	65.30	0.95
22.00	70283.83	320973.50	52.90	64.66	0.95
22.50	326296.20	1517339.0	53.25	33.00	0.95
23.00	144577.20	666825.00	52.95	65.19	0.95
23.50	73209.78	367529.70	47.52	59.80	0.94
24.00	4.49	4.92	43.50	3.45	0.99
24.50	2.07	4.70	32.63	4.09	0.99
25.00	221464.30	833808.30	70305.00	109.93	0.81

25.50	143876.20	455310.60	95.32	154.10	0.90
26.00	163308.30	56011.80	91.74	152.51	0.88
26.50	86617.93	404250.80	65.00	111.39	0.87
27.00	27576.64	186934.40	31.34	43.78	0.90
27.50	55002.37	311876.00	40.88	52.94	0.94
28.00	535042.60	2048413.0	78.56	117.69	0.91
28.50	270838.40	838036.60	107.44	168.44	0.89
29.00	318190.10	912122.70	119.16	190.28	0.88
29.50	364713.00	1016090.0	120.88	190.40	0.88
30.00	160932.00	478425.60	109.34	168.43	0.90
30.50	286636.30	996080.80	86.29	128.02	0.92
31.00	265604.80	1082021.0	61.68	83.49	0.94
31.50	77690.08	296850.70	52.89	58.17	0.96
32.00	392758.30	973783.10	96.72	116.70	0.96
32.50	171973.40	359805.00	123.32	116.70	0.95
33.00	380412.40	933926.40	103.89	154.65	0.95
33.50	169982.70	678227.60	60.51	130.27	0.95
34.00	265752.80	728604.10	117.27	77.90	0.91
34.50	708840.90	1033709.0	232.47	173.67	0.90
35.00	1605005.0	1760406.0	274.87	338.55	0.90
35.50	3574766.0	3835704.0	278.52	300.82	0.90
36.00	488985.20	658417.20	237.86	307.93	0.90
36.50	426850.70	995208.00	143.53	215.50	0.90
37.00	223139.30	1149541.0	48.11	64.95	0.94
37.50	136514.80	563106.90	51.58	56.37	0.96
38.00	86470.56	301834.90	64.09	78.25	0.96
38.50	97908.77	450884.30	43.56	48.16	0.95
39.00	42873.14	264031.10	34.83	44.91	0.93
39.50	182386.60	810757.60	68.27	102.54	0.91
40.00	367877.90	1211897.0	97.98	146.63	0.91
40.50	152669.70	420574.70	115.77	166.55	0.91
41.00	419831.40	1132258.0	113.58	156.73	0.92
41.50	308621.40	855948.70	106.23	141.32	0.93
42.00	473015.80	1327014.0	100.95	130.11	0.94
42.50	201186.40	585505.50	93.84	118.15	0.95
43.00	169069.00	564992.40	79.69	100.74	0.95
43.50	401207.40	1481509.0	77.24	107.49	0.93
44.00	196438.90	711540.90	86.50	132.59	0.91
44.50	158445.90	468898.10	108.50	170.35	0.90
45.00	575275.50	1628843.0	113.93	180348.0	0.90
45.50	340059.00	1405995.0	82.22	139.25	0.87
46.00	6.98	13.83	72.27	5.81	0.99
46.50	242030.50	413095.10	134.54	147.53	0.97
47.00	2705348.0	2566950.0	261.56	308.68	0.96
47.50	1352133.0	951306.40	317.26	263.41	0.96
48.00	698791.40	427943.60	350.93	255.44	0.96
48.50	1617299.0	955939.60	347.52	210.90	0.96
49.00	911919.40	570144.40	345.46	257.62	0.96
49.50	1201516.0	893219.60	302.44	268.04	0.95
50.00	614473.60	578746.60	256.20	283.52	0.95
50.50	528398.20	676077.00	202.39	261.67	0.94
51.00	278189.10	525029.50	142.97	191.00	0.94

51.50	374016.00	1173978.0	89.05	124.13	0.94
52.00	81854.43	465895.40	47.20	67.00	0.95
52.50	226801.30	1317220.0	41.96	57.49	0.95
53.00	186200.10	897111.30	52.76	72.37	0.95
53.50	141025.80	673886.40	57.32	81.51	0.94
54.00	143201.70	813140.00	51.93	77.21	0.92
54.50	131756.40	1031926.0	38.86	59.58	0.91
55.00	88199.21	954042.80	26.01	38.55	0.92
55.50	37647.48	432365.90	24.94	38.00	0.92
56.00	53003.29	571151.10	25.94	38.55	0.92
56.50	61893.13	615396.90	29.26	43.71	0.92
57.00	12222.80	1155750.0	30.92	46.35	0.92
57.50	44573.15	473264.20	27.68	42.03	0.91
58.00	53066.67	677237.70	22.87	36.11	0.90
58.50	1.44	3.18	67.59	4.12	0.99
59.00	1.52	3.44	36.88	3.42	0.99
59.50	1.64	5.06	30.79	3.19	0.99
60.00	1.70	6.33	21.65	2.94	0.99
60.50	1.52	5.92	13.85	2.75	0.99
61.00	1.17	3.92	32.86	3.74	0.99
61.50	0.99	3.31	24.89	3.39	0.99
62.00	1.01	4.39	15.65	2.85	0.99
62.50	0.65	3.31	28.19	3.48	0.99
63.00	0.96	7.83	15.49	3.37	0.99

OINK-9

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	530767.60	996464.20	183.33	202.16	0.91
1.00	216639.80	416175.80	179.09	198.17	0.91
1.50	325233.80	637140.70	175.35	193.70	0.91
2.00	441504.90	888808.90	171.10	190.62	0.91
2.50	287538.40	590367.60	167.95	187.29	0.91
3.00	175806.80	367199.40	165.32	184.79	0.91
3.50	463976.40	985759.60	162.67	181.59	0.91
4.00	462922.20	1007261.00	158.31	176.07	0.91
4.50	164826.40	365866.20	155.38	172.94	0.91
5.00	207041.10	473263.40	151.41	169.14	0.91
5.50	324157.20	753511.90	148.43	165.48	0.91
6.00	156032.90	375153.50	146.75	162.41	0.91
6.50	629346.90	1554324.00	142.85	158.18	0.91
7.00	134127.10	340575.00	139.18	154.27	0.91
7.50	266729.20	697006.00	135.07	149.60	0.91
8.00	161223.90	436321.60	131.25	145.88	0.91
8.50	115241.60	322611.90	126.89	141.11	0.91
9.00	90308.74	263268.00	122.81	137.56	0.91
9.50	423272.60	1276721.00	118.57	132.87	0.91
10.00	132965.40	406068.90	119.09	133.94	0.91
10.50	350595.30	1035164.00	139.03	146.50	0.91
11.00	236520.90	685020.40	132.83	150.88	0.91
11.50	437814.00	1367678.00	120.47	135.13	0.91
12.00	284984.70	1005414.00	103.94	115.88	0.91
12.50	89908.15	333441.50	98.12	109.19	0.91
13.00	140072.00	521422.80	96.23	106.57	0.91
13.50	151722.30	570431.10	94.96	104.91	0.91
14.00	281313.60	958136.20	101.67	110.83	0.91
14.50	166834.80	532843.70	105.80	114.64	0.91
15.00	278260.10	897283.50	105.43	113.60	0.91
15.50	277025.20	839769.10	115.43	124.20	0.91
16.00	132429.10	348409.80	137.44	147.76	0.92
16.50	777493.90	1719024.00	174.89	188.18	0.92
17.00	597285.50	1105605.00	220.14	237.51	0.92
17.50	1012,4,6	672540.50	267.46	292.23	0.91
18.00	623502.70	934335.80	283.74	290.13	0.90
18.50	620316.30	897310.00	292.69	288.20	0.89
19.00	1560371.00	2295928.00	293.97	289.23	0.88
19.50	394998.40	626535.10	286.47	292.96	0.87
20.00	509050.00	915738.80	285.10	330680.00	0.87
20.50	430063.40	922226.30	243.00	285.06	0.86
21.00	496563.10	1329045.00	191.46	224.81	0.86
21.50	307848.60	1081731.00	137.32	160.34	0.87
22.00	3.60	0.08	135.15	3.73	1.00
22.50	3.79	0.09	54.62	3.37	1.00
23.00	3.80	0.09	13.56	2.52	0.99
23.50	3.62	0.09	3.15	1.41	0.98
24.00	3.85	0.10	19.94	2.72	0.99
24.50	9.87	0.30	65.22	67.92	0.44
25.00	239837.30	900923.20	114.82	125.42	0.91

25.50	690464.80	1994378.00	167.59	186.39	0.89
26.00	639819.20	1536730.00	210.96	237.42	0.87
26.50	354960.30	814286.60	233.11	264.64	0.86
27.00	1181754.00	3225088.00	197.78	225.56	0.86
27.50	169882.90	665019.40	137.24	157.14	0.86
28.00	239695.00	1623600.00	77.01	88.29	0.87
28.50	52585.98	793693.60	30.93	35.02	0.89
29.00	0.59	4.19	71.44	3.89	0.99

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet MESUTOĞLU
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya, 02.09.1986
Telefon : 05057435818
Faks :
e-mail : mehmetmesutoglu@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Malatya Lisesi,Merkez,Malatya**	**2004**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	**2010**
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**

UZMANLIK ALANI : Maden işletme

YABANCI DİLLER : İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR





T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYA VE TOPRAK ORTAMDA KURULAN İNKLİNOMETRE ÖLÇÜM KUYULARINDAN ELDE EDİLEN DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİNİN MATEMATİKSEL ANALİZİ

Mehmet MESUTOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz - 2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Mesutoğlu tarafından hazırlanan "Kaya ve Toprak Ortamda Kurulan İnklinometre Ölçüm Kuyularından Elde Edilen Deformasyon Ölçümlerinin Matematiksel Analizi" adlı tez çalışması 19/07/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA TEZİ~~ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Doç. Dr. Alparslan TURANBOY	.....
Danışman Doç. Dr. İhsan ÖZKAN	.....
Üye Yrd. Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN	.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşır GENÇ
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 13101021 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mehmet MESUTOĞLU

Tarih: 31.07.2013

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KAYA VE TOPRAK ORTAMDA KURULAN İNKLİNOMETRE ÖLÇÜM KUYULARINDAN ELDE EDİLEN DEFORMASYON ÖLÇÜMLERİNİN MATEMATİKSEL ANALİZİ

Mehmet MESUTOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İhsan ÖZKAN

2013, 215 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. İhsan ÖZKAN
Doç. Dr. Alparslan TURANBOY
Yrd. Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN

Açık ocak madenciliği, karayolu-demiryolu yarmaları, baraj gibi yerüstü mühendislik kazılarında ve doğal yamaçlarda, şev duyarsızlığı koşulunda önemli can ve mal kayıpları olabilmektedir. Ayrıca tarım havzalarında, yeraltı su kullanımına bağlı olarak topografyada meydana gelen oturmalar, sosyal yaşamı etkilemektedir. Şevde fark edilen deformasyonlar sıklıkla jeodezik yöntemlerle izlenebilmektedir. Bu ölçüm yöntemine alternatif en aktif yöntem, inklinometre ölçüm yöntemidir. İnklinometre ölçüm yönteminde sondaj kuyusu açılmakta ve ölçüm algılayıcısı, kuyu içerisinde hareket ettirilerek kuyu ekseni boyunca oluşan yatay deformasyonlar, 0.01 mm hassasiyetinde kayıt edilebilmektedir. İnklinometre ölçümlerinin değerlendirilmesinde kullanılan orijinal grafiksel sunumlar, üretici firmaların yazılımları ile alınabilmekte ancak değerlendirmelerde bu grafikler bazen yetersiz kalmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, iki farklı çalışma sahası göz önüne alınmıştır. Bunlar TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi ve Konya-Çumra tarım havzasıdır. İlk çalışma sahası kaya, ikincisi ise toprak ortama aittir. Orhaneli sahası için 9 adet inklinometre ölçüm kuyusu kurulmuş ve 105 gün boyunca 13 kez ölçüm yapılmıştır. Çumra tarım havzasında 11 adet inklinometre ölçüm kuyusu kurulmuş olup 542 gün boyunca 6 kez ölçüm yapılmıştır. Her iki çalışma sahası için ilk değerlendirmeler, orijinal grafikler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Matematiksel analizlerde kullanılmak amacıyla, istatistiksel analizlerle geliştirilen matematiksel modelin doğruluğu denetlenmiştir. Matematiksel modele ait istatistiksel sabitler bulunmuş ve yeni bir inklinometre analiz yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen matematiksel model ve analiz metodu yardımıyla, inklinometre ölçüm sonuçlarına ulaşılabilmekte, yapılmayan bir ölçüme ait sonuçlar tahmin edilebilmekte, kuyu içerisinde problem yaratabilecek kritik derinlikler belirlenebilmekte, ayrıca hız ve ivme analizleri yapılabilmektedir.

Anahtar kelimeler: İnklinometre, kaya mekaniği, matematiksel model, şev duraylılığı.

ABSTRACT

MASTER THESIS

MATHEMATICAL ANALYSIS FOR IN-SITU DEFORMATIONS OBTAINED FROM INCLINOMETER MEASUREMENT BOREHOLES ESTABLISHED INSIDE ROCK AND SOIL STRUCTURES

Mehmet MESUTOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MINING ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İhsan ÖZKAN

2013, 215 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. İhsan ÖZKAN
Assoc. Prof. Dr. Alparslan TURANBOY
Asst. Prof. Dr. Hakan ÖZŞEN

The slope safety in surface excavation carried out for engineering studies such as open pit mining, road-rail cut slopes and dams and natural slopes is very important. The under unstable conditions it can be loss of life and property. In addition, the social life is affected by the subsidence formed in topography based on using underground water. The noticed deformations in slope can often monitor by geodetic methods. The developed inclinometer measurements are the most active of alternative methods. In the measurement method of inclinometer, firstly borehole is drilled after than borehole deformations formed along the axis are monitored by inclinometer probe which can sensitivity of 0.01 mm. To evaluate monitored borehole deformations, the original graphical presentations can be with software manufacturers. However, in evaluation studies, these graphs are sometimes inadequate.

In this master thesis, two different sites were taken into account in. These are TKI-GLI-BLI Orhaneli lignite open pit mine and Konya-Çumra agricultural basin. The first study area belongs to rock and the second soil structure. In Orhaneli mine site, inclinometer measurements carried out by 9 monitor boreholes were made 13 times for 105 days. Similarly, in Çumra agricultural region, by the established 11 boreholes, these measurements were made 6 times for 542 days. The first evaluations based on both regions were performed by the original graphical output. The accuracy of the mathematical model developed by statistical analysis supervised in order to use mathematical analysis. The statistical constants are found and also a new analysis method was developed. By the developed mathematical model and analysis method, in-situ measurements can be predicted, failure plane can be found, and also velocity and acceleration analysis can be carried out.

Keywords: Inclinometer, rock mechanics, mathematical modeling, slope stability.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, beni yönlendiren ve bana yardımcı olan danışmanım Doç. Dr. İhsan Özkan'a, Maden Mühendisliği Bölümü imkânlarından yararlanmamı sağlayan Prof. Dr. Alper Özkan'a ve Prof. Dr. M. Kemal Gökay'a, tezimi tamamlamamda desteğini ve yardımlarını eksik etmeyen Arş. Grv. Hasan Ali Taner'e ve diğer bölüm hocalarıma, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan İbrahim Küçük'e, TKİ-GLİ-BLİ müdürü Ercan Gebeş'e, işletme istihsal şube müdürlüğünden Metin Subaşı ve Habil Tanrıverdi'ye, ayrıca işletme etüt-proje mühendisliğinden jeoloji mühendisi Erman Divilioğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Saha çalışmalarımda bana yardım eden Maden Mühendisliği öğrencileri, Meriç Kaya, Cihan İzgi, Ali İhsan Baldanbal, Ahmet Ateş, Yaşar Bilgehan Dursun ve diğer öğrenci arkadaşlara minnettarım. Ayrıca tezin değerlendirmesinde değerli katkılarını esirgemeyen tez jüri üyeleri Doç. Dr. Alparslan Turanboy ve Yrd. Doç. Dr. Hakan Özşen'e teşekkürlerimi sunarım. Son olarak maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Fazilet Mesutoğlu, babam Ahmet Mesutoğlu'na ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet MESUTOĞLU

KONYA–2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Problemin Tanımı 1
1.2. Çalışmanın Amacı 1
1.3. Çalışmanın İçeriği 2

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

2.1. Genel 3
2.2. Doğal ve Mühendislik Yapılarında Şev Kayması Türleri 3
2.3. Kaya ve Toprak Ortamlarda Deformasyon İzleme Yöntemleri 6
2.3.1. Jeodezik yöntemler 6
2.3.2. Jeodezik olmayan yöntemler 7
2.4. Sondaj Kuyuları İçerisinden İnklinometre Yöntemi ile Deformasyonların İzlenmesi 8
2.4.1 İnklinometre cihazı 8
2.4.2. İnklinometrik ölçüm için sondaj kuyusunda yapılan hazırlıklar 9
2.4.3. İnklinometrik ölçümler 10
2.4.3.1. İnklinometrik ölçüm verilerinin değerlendirilmesi 15
2.5. Tez Konusuyla İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar 19

3. MATERYAL VE YÖNTEM **35**

3.1.Genel 35
3.2. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi Sahası Hakkında Genel Bilgiler 35
3.2.1. Kuruluş ve tarihçe 35
3.2.2. Coğrafi konum ve ulaşım 36
3.2.3. Orhaneli kömür havzası 37
3.2.3.1. Gümüşpınar bölümü 37
3.2.3.2. Sağırlar (Altıntaş) bölümü 37
3.2.3.3. Çivili bölümü 38
3.2.4. Sahanın genel jeolojisi 38
3.2.5. Yapısal jeoloji 39
3.2.5.1. Genel yapı 39
3.2.5.2. Tabaka doğrultu ve eğimleri 39
3.2.5.3. Kıvrımlar ve faylar 39
3.2.6. Orhaneli kömür havzasının rezerv durumu 40

3.2.6.1. Sahada yapılan sondajlar 40
3.2.6.2. Rezerv Durumu 41
3.2.6.3. Havza kömürünün nitelikleri 41
3.2.7. Madencilik çalışmaları 42
3.2.8. Sahada karşılaşılan şev kayması problemlerine ait tarihsel gelişim 44
3.3. Konya Çumra Kapalı Tarım Havzası Hakkında Genel Bilgiler 46
3.4. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Gümüşpınar Kömür Sahasında Kaya Ortam için Yapılan Çalışmalar 47
3.4.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti 49
3.4.2. Sondaj kuyularının açılması ve inklinometre ölçüm sisteminin kurulması 52
3.4.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları 54
3.4.4. İnklinometre ölçüm sonuçları 60
3.5. Konya Çumra Tarım Havzasında Toprak Ortam için Yapılan Çalışmalar 65
3.5.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti ve sondaj çalışmaları 65
3.5.2. İnklinometre ölçüm kuyularının kurulma çalışmaları 69
3.5.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları 69
3.5.4. İnklinometre ölçüm sonuçları 73

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 76

4.1. Genel 76
4.2. Matematiksel Modele Ait Önceki Çalışmalar 76
4.3. Matematiksel Analizler İçin Veri Tabanının Hazırlanması 78
4.4. Daha Önce Geliştirilen Matematiksel Model Üzerinde Ön Analiz Çalışmaları 92
4.5. Kaya Ortamlar için Orhaneli Linyit Açık Ocağında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi 99
4.5. Çumra Tarım Havzasında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi 119

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 136

5.1. Genel 136
5.2. Sonuçlar 136
5.3. Öneriler 140

KAYNAKLAR 141

ÖZGEÇMİŞ....215

SİMGELER VE KISALTMALAR

A : 50 mm
A+ : Referans yönü
A- : Okuma yönü
B+ : Okuma yönü
B- : Okuma yönü
Δ : Sapma miktarı (mm)
L : İnklinometre algılayıcısında bulunan tekerler arası mesafe (500 mm)
θ : Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısı (derece)
U_g : Saha inklinometre ölçümünden elde edilen deformasyon
U_m : Modelden elde edilen deformasyon
U_{mt} : Modelden elde edilen zamana bağlı deformasyon
U_{my} : Modelden elde edilen yağışa bağlı deformasyon
$\sum U_g$: Saha inklinometre ölçümünden elde edilen toplam deformasyon
$\sum U_m$: Modelden elde edilen toplam deformasyon
$\Delta\sum U_g$: Saha inklinometre ölçümünden elde edilen toplam deformasyon artışı
$\Delta\sum U_m$: Modelden elde edilen toplam deformasyon artış
AD : Mutlak deformasyon (Absolute Displacement)
AED : Mutlak Doğu Deformasyon (Absolute East Displacement)
AND : Mutlak Kuzey Deformasyon (Absolute North Displacement)
BLİ : Bursa Linyitleri İşletmesi
CD : Birikimli Deformasyon (Cumulative Displacement)
CED : Birikimli Doğu Deformasyon (Cumulative East Displacement)
CND : Birikimli Kuzey Deformasyon (Cumulative North Displacement)
EÜAŞ : Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GELİ : Güney Ege Linyit İşletmesi
GLİ : Garp Linyitleri İşletmesi
GSI : Jeolojik Dayanım İndeksi
ID : Artış Deformasyon (Incremental Displacement)
IED : Artış Doğu Deformasyon (Incremental East Displacement)
IND : Artış Kuzey Deformasyon (Incremental North Displacement)
ISRM : Uluslar arası kaya mekaniği derneği(International Society for Rock Mechanics)
KOSKİ : Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
RMR : Kaya Kütle İndeksi
SPT : Standart Penetrasyon Deneyi
TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB: Türkiye Mühendis ve Mimar Odalar Birliği

1. GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı

Yerüstü kaya mühendislik yapılarında oluşturulan şevler ve doğal yamaç şevleri; zaman içerisinde mevsimsel etkilere ve mühendislik çalışmalarına maruz kalarak duraysız duruma gelebilmektedirler. Sahadaki uygulayıcı mühendisler, duraysız şevi izlemek ve gerekli önlemleri almak istemektedirler. Duraysız şevlerin zamana bağlı izlenmesinde, temelde iki farklı yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki topografik yüzeyden izleme yöntemi, ikincisi ise sondaj kuyuları içerisinden, kaya veya toprak ortamda oluşan yatay deformasyonların izlenmesidir.

Topografik yüzeyden yapılan ölçümlerde, kütledeki hareketler belirlenebilmekte ancak kütle içerisindeki deformasyonların derinlik yönünden hangi noktalara kadar etkin oldukları bilinememektedir. Sondaj kuyusu içerisinden yapılan inklinometrik ölçümler ise olası kayma düzlemlerinin geçeceği derinlikleri en somut sonuçları ile verebilmektedir. Mühendislik yapılarında ve doğal yamaç şevlerinde oluşan deformasyonlar haricinde, eğimli olmayan topografik yapılarda da yeraltı su kullanımına bağlı deformasyonlar gözlenebilmektedir. Bu tür sorunların olduğu bölgelerde de benzer şekilde jeodezik ve jeodezik olmayan ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır.

İnklinometre ölçüm yönteminde ölçüm kuyusu içerisindeki her 0.5 m'lik derinliklerde yatay deformasyonlar alınabilmekte ve kuyunun hangi noktasından olası kayma düzleminin geçebileceği belirlenebilmektedir. Bu ölçüm yönteminde kuyuların kurulması ve ölçümlerin yapılması pahalı ve zahmetli olabilmektedir. Ölçüm kuyularından sık ölçümlerin yapılamadığı zaman dilimlerinde veya ölçüm kuyularının kurulmadığı bölgelerde, ölçüm değerlerinin ne olacağı, saha mühendisleri tarafından, alınabilecek önlemlerin belirlenebilmesi açısından önemlidir. Ayrıca alınan ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde izlenecek yöntem biçimi, saha mühendislerince yeterince bilinmemektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, kaya ortamlara ait örnek çalışma sahası olarak TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli linyit açık ocağı ve toprak ortamlar için Konya kapalı havzasında önemli bir

tarım sahası olan Çumra tarım havzası seçilmiştir. Her iki farklı malzeme davranışına sahip ortamlarda açılan sondaj kuyuları içerisinden;

i) Yatay yöndeki deformasyonları inklinometre ölçüm cihazı ile ölçülmesi,
ii) Çalışma sahasına düşen yüzey sularının takip edilmesi,
iii) Yatay yönde oluşan deformasyonların zamana bağlı davranışlarının belirlenmesi,
iv) Kaya ve toprak ortamlar için inklinometre ölçüm sistemi ile ölçülen deformasyonları, zamana, malzeme özelliklerine ve yağış gelirine bağlı olarak tahmin edebilen bir matematiksel modelin hazırlanması,
v) Matematiksel model yardımıyla, inklinometre ölçümlerine ulaşılabilinmesi ve ölçüm yapılmayan bir tarihteki inklinometre ölçüm değerlerinin tahmin edilmesi,

bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

1.3. Çalışmanın İçeriği

Tez çalışması; giriş, kaynak araştırması, materyal ve yöntem, araştırma sonuçları ve tartışma, sonuçlar ve öneriler olmak üzere 5 bölümden oluşmaktadır.

Giriş bölümü; problemin tanımı, çalışmanın amacı ve içeriği ile ilgili bilgilerin sunulduğu alt başlıklardan oluşmaktadır.

Kaynak araştırması bölümü; doğal ve mühendislik yapılarında şev kayma türleri, kaya ve toprak ortamlarda deformasyon izleme yöntemleri, inklinometre yöntemi ile deformasyonların izlenmesi ve tez konusuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar hakkındaki özet bilgilerden oluşmaktadır.

Materyal ve yöntem bölümü; TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli Linyit İşletmesi ve Konya-Çumra tarım havzası hakkında genel bilgiler ve sahalarda gerçekleştirilen ölçüm sistemlerinin kurulması ile ilgili bilgilerin sunulduğu alt başlıklardan oluşmaktadır.

Araştırma sonuçları ve tartışma bölümü; her iki çalışma alanı için inklinometre ölçüm sonuçlarına dayalı geliştirilen matematiksel yaklaşım ve bu yaklaşıma bağlı yapılan analiz sonuçlarını içermektedir.

Sonuçlar ve öneriler bölümü ise; bu tez çalışması sonucunda ulaşılan sonuçlar ve önerilerden oluşmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Genel

Şev genel anlamda yatay ya da mevcut arazi yüzeyi ile belirli bir açı yapan kütle olarak tarif edilebilir (Das, 1994; Cernica, 1995). Şev duraylılığı, uzun yıllar boyunca kaya ve toprak ortamlar ile uğraşan mühendisler tarafından çalışılmıştır. Laman ve ark.(2006)'a göre; şev duraysızlıkları; depremler, sel baskınları, kasırgalar gibi doğal afetlere benzer olarak ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir.

Günümüzde mekanik ve hidrolik konusundaki teknolojilerin hızla gelişmesine bağlı olarak kapasiteleri artan kazı ve yükleme makineleri geliştirilmektedir. Bu sayede açık ocak madenciliğinde ulaşılan ocak derinlikleri, bugün 400 metrelere kadar inmiştir (Özkan ve Özşen, 2010). Açık ocak madenciliğinde, maden ocağını çevreleyen kaya şevlerinin duraysızlığı ve doğal yamaçlardaki şevlerin duraysızlığı, madencilik çalışmalarını önemli ölçüde engellemekte ve doğal yamaçlardaki yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Dikkate alınmayan duraysızlıklar, işletmelerdeki işlerin aksamasına hatta can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Bununla birlikte, tarımsal alanlarda gerçekleştirilen faaliyetlerde kullanılan yeraltı sularının kullanımına bağlı oluşan deformasyonlar, uzun zaman dilimlerinde ciddi sorunlara yol açabilmektedir.

Bu bölümde; doğal ve mühendislik kaya yapılarında şev kayması türleri, şev kayması için geliştirilen izleme yöntemleri, şev duraylılık analiz yöntemleri, tarımsal alanlarda gözlenen deformasyonlar ve tez konusuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar sunulmuştur.

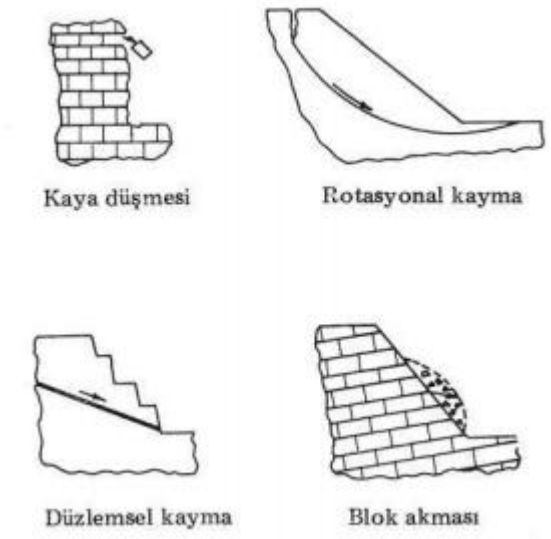
2.2. Doğal ve Mühendislik Yapılarında Şev Kayması Türleri

Duraysız şevlerde, yenilme mekaniği çok çeşitli olabilmektedir. Şev duraylık analizlerinde, özellikle denge sınırı yöntemi için yenilme mekanizmasının doğru olarak belirlenmesi gereklidir. Duraysız şevlerde alınacak önlemler, duraysızlığın nedeni ile yakından ilgilidir.

Şev duraysızlıklarını yenilme mekanizmasına göre sınıflandıran araştırmacılardan Hutchinson (1968) , Şevlerde Kütle Hareketlerine Göre Jeomorfolojik Sınıflandırma başlığını taşıyan makalesinde duraysızlıkları, akma (creep), donmuş zemin olayı ve heyelanlar olmak üzere üç ana davranış gurubunda toplamıştır.

Knill'in sınıflandırması (1967) ise üç ana kategori ile aynı doğrultudadır. Bunlar, kaya düşmeleri, kaya kaymaları ve akmadır.

Coates (1970) kaya düşmesi, rotasyonal kayma, düzlemsel kayma ve blok kayması olmak üzere şev duraysızlıklarını dört sınıfa ayırmıştır. Bu duraysızlık türlerine ait tipik şekiller Şekil 2.1' de verilmiştir. Richards (1975), son 15 yıldır yapmış olduğu araştırmalar sonucunda devrilme türü duraysızlığı da içine alan sınıflama öngörüsünde altı tür yenilme mekanizmasından bahsetmiştir (Şekil 2.2). Jennings (1970), Piteau (1970), Goodman ve Bray (1976) gibi araştırmacılar bu duraysızlık türlerinden bazılarını kendi içlerinde alt sınıflara ayırmayı önermişlerdir. Ulusay (1982), Sherman (1973) ve Smith (1974)'i kaynak göstererek, altı ayrı dairesel kayma türü olduğunu ifade etmiştir.

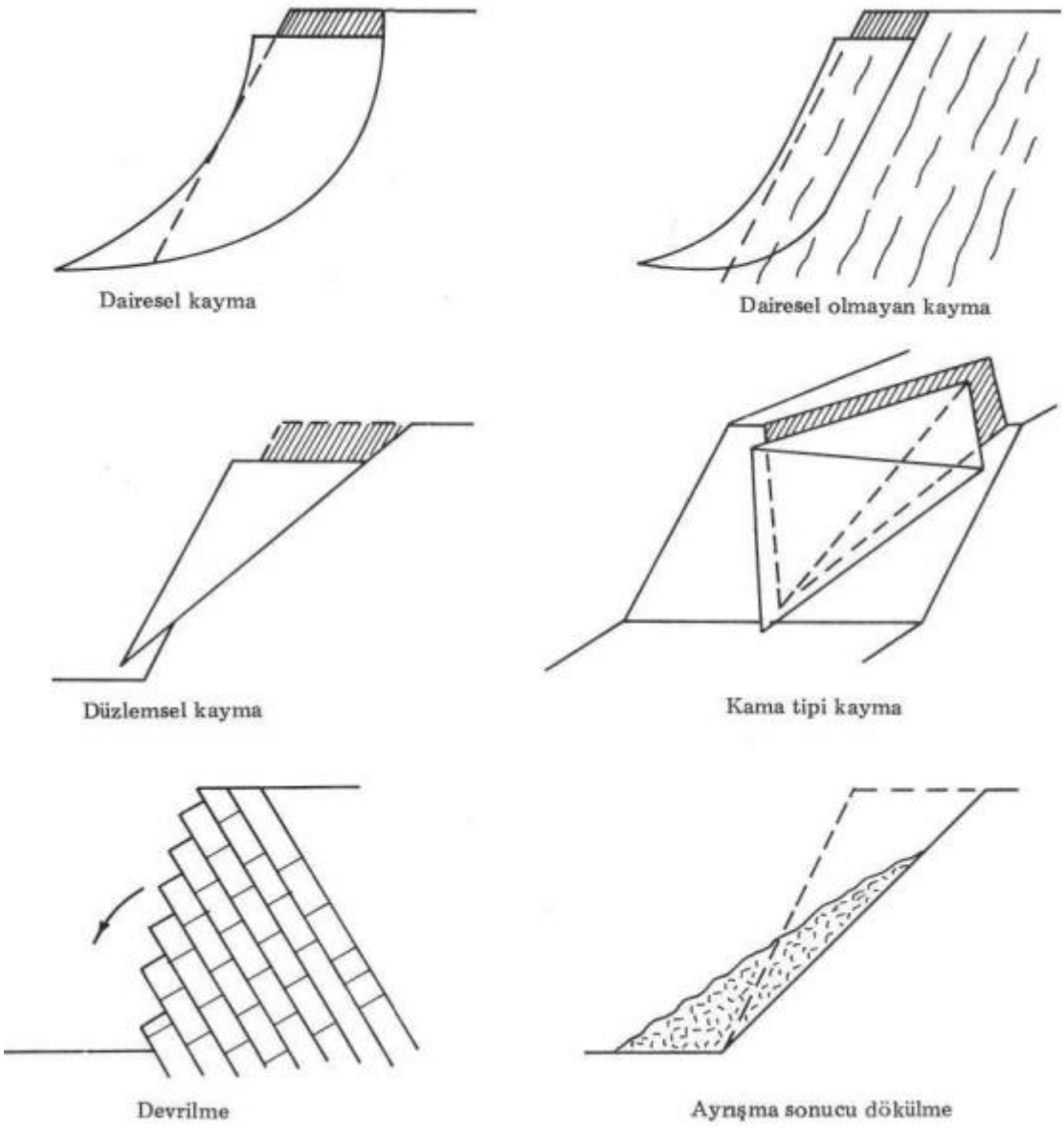


Şekil 2.1. Coates'e göre şev duraysızlık türleri (Coates, 1970)

Gözlenen kayma türü yenilmeler, belirli yüzey ya da yüzeyler boyunca, makaslama direncinin aşılmasından dolayı ortaya çıkarlar. Kayma, süreksizlik düzlemi ya da düzlemleri gibi belirgin bir yüzey boyunca olacağı gibi, dairesel kaymada ya da kayma malzemesinin yenilmesinde olduğu gibi daha önceden belirlenmemiş bir yüzey boyunca da olabilir. Belirgin düzlem ya da düzlemler tarafından sınırları çizilen kaymalar, düzlemsel kayma ve kama tipi kayma olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca farklı bir yönden kendi içinde basit, basamaklı ve poligonal olmak üzere üçe ayırmak mümkündür. Önceden belirlenmemiş kayma yüzeylerinin oluşması, dairesel kayma

türünde mümkün olmaktadır. Bunların haricinde ise bazen hem dairesel hem de düzlemsel ya da kama kayma birlikte olabilmektedir.

Kayma dışı yenilmelerde, kayma olayı oluşuyorsa da yenilme mekaniği edilgen niteliktedir. Bunları da üç gruba ayırmak mümkündür. Bunlar sırasıyla; devrilme türü yenilmeler, kaya düşmeleri ve blok akması ve kayanın alterasyonu sonucu dökülmelerdir.



Şekil 2.2 Açık işletmelerde gözlenen şev yenilme türleri (Richards, 1975)

2.3. Kaya ve Toprak Ortamlarda Deformasyon İzleme Yöntemleri

Duraysızlık sorunlarının yaşandığı doğal şevlerde ve mühendislik şevlerinde zamana, mevsimsel etkilere ve diğer etkilere bağlı olara kaya kütlesi içerisinde oluşan yer değişimlerinin uzun zaman aralığında izlenmesi gerekmektedir. Son derece zahmetli ve yoğun çalışmalar gerektiren yerinde deformasyon izleme çalışmalarının yapılabilmesi için çok değişik ölçme donanımlarının kullanıldığı farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanı, klasik jeodezik yöntemlerle deformasyonların izlenmesidir.

Yersel ve uzay tekniklerinin yer aldığı jeodezik yöntemler kullanılarak, yapılardaki ya da yeryüzü parçasındaki yatay ve düşey deformasyonlar izlenebilmektedir. Bunun yanında jeoteknik donanımların ve meteorolojik sensörlerin kullanıldığı, genel olarak jeodezik olmayan yöntemler olarak adlandırılan deformasyon izleme yöntemleri de son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kuang 1996, Hill & Sippel 2002).

Günümüzde şevlerde ve düz topografik alanlarda gerçekleştirilen deformasyon izleme çalışmalarında, her iki sistemden de yararlanılarak hem yüzeyde hem de değişik derinliklerdeki yatay ve düşey deformasyonlar belirlenebilmektedir (Çizelge 2.1).

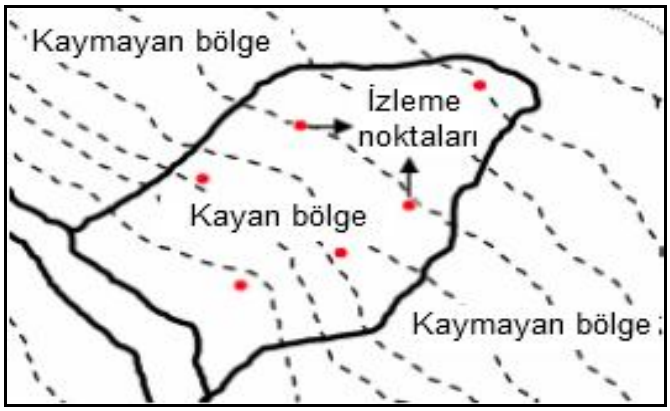
Çizelge 2.1. Jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemler (Kalkan, 2009)

Jeodezik Yöntemler	Kullanılan Cihaz ve Donanımlar
Aliynman ölçmeleri	Teodolit, laser optik, invar tel vs.
Klasik konum ölçmeleri	Total station, teodolit ve uzaklıkölçer
Uydu tabanlı konum ölçmeleri	GPS, Glonas ve Galilo alıcıları
Hassas trigonometrik nivelman	Hassas total station, teodolit ve uzaklık ölçer
Hassas geometrik nivelman	Presizyonlu nivelman donanımı
Laser scaner tekniği	Laser scanner
İnterferometrik SAR görüntü tekniği	SAR uydu görüntülerinin değerlendirilmesi
Jeodezik Olmayan Yöntemler	**Ölçme Donanımları**
Eğim ölçmeleri	İnklinometre
Deplasman ölçmeleri	Settlement tube (Manyetik oturma)
Uzunluk değişim ölçmeleri	Ekstensometreler
Boşluk suyu basıncı ölçmeleri	Piezometreler
Düşeyden ayrılma ölçmeleri	Reserved pendulum
Derz ölçmeleri	Jointmetreler
Çatlak Ölçmeleri	Crackmetreler

2.3.1. Jeodezik yöntemler

Jeodezik yöntemlerde yer değişim izleme işlemi, Çizelge 2.1'de belirtilen cihazlar yardımıyla yapılmaktadır. Sahada hareketin oluşacağı bölgenin topografik

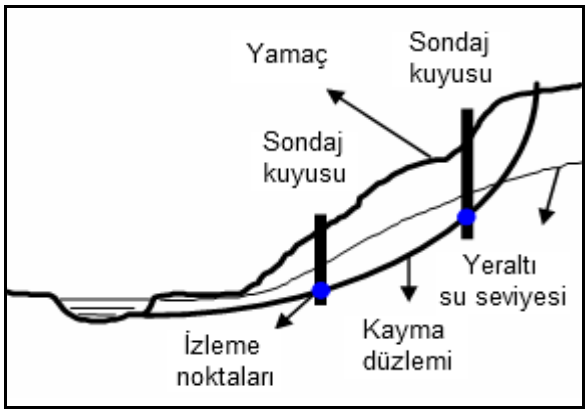
yüzeyinde belirlenen noktalara yerleştirilen izleme istasyonlarından, bu noktaların x,y ve z koordinat değişimleri takip edilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Jeodezik yöntemler (Sisgeo, 2006)

2.3.2. Jeodezik olmayan yöntemler

Jeodezik olmayan yöntemler, Çizelge 2.1.'de belirtilen ilk dört cihaz yardımıyla kütle içerisine açılan düşey bir kuyu içerisinden yapılabilmektedir (Şekil 2.4). Açılan sondaj kuyusu içerisinden yapılan ölçümlerden deformasyonların veya yeraltı su basınçlarının en büyük olduğu derinlikler somut bir şekilde belirlenebilmektedir. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi birbirini gören iki ölçüm kuyusundan belirlenen kritik noktalardan mutlaka bir kayma düzlemi geçecektir. Uygulama mühendislerinin almaları gereken önlemlerin boyutlarını daha iyi görmelerini ve algılamalarını sağlayacaktır. Çizelge 2.1'de bulunan, jeodezik olmayan yöntemlerden son üç tanesinde ise, eğimli topografyada deformasyonlar nedeniyle oluşan çatlaklar izlenebilmektedir.



Şekil 2.4. Jeodezik olmayan yöntemler (Sisgeo, 2006)

Yüksek lisans tez konusunun temelini oluşturan inklinometre ölçüm cihazının çalışma prensibi, ayrıntılarıyla aşağıda sunulmuştur.

2.4. Sondaj Kuyuları İçerisinden İnklinometre Yöntemi ile Deformasyonların İzlenmesi

Sondaj kuyuları içerisinden deformasyonların izlenmesi amacıyla, jeoteknik donanımları ve bazı özel cihazları içeren jeodezik olmayan yöntemler, kaya ve toprak ortamlarda hareketlerin değerlendirilmesinde çok sık olmasa da kullanılmaktadır.

Bu amaçla kullanılan temel jeoteknik sensörler ve diğer cihazlar, inklinometre, piezometre, manyetik oturma kolonu (settlement gauges), extensometre, çatlak ölçer (crackmeters and joinmeters), basınç ölçer (pressure cell), strengeç (strain gauges), termometrelerdir. (Hill & Sippel 2002). Bu cihazlar amacına uygun şekilde bölgeye tesis edilir ve zamana bağlı veriler toplanır. Tez çalışmasında kullanılan inklinometre hakkında genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.4.1 İnklinometre cihazı

İnklinometre ölçüm cihazı, bir algılayıcı (prob) yardımıyla sahada açılmış olan sondaj ölçüm kuyusunun eksenindeki açısal sapmaları ölçerek, kuyu eksenindeki deformasyonları ölçmeye yarayan bir ölçerdir. İnklinometre cihazları ile genelde düşey kuyulardaki, yatay deformasyonlar takip edilmektedir. Uygulamaları az da olsa tünel ya da galerilerde açılan, değişik açılara sahip ölçüm kuyularındaki deformasyonlar da izlenmektedir. İnklinometre ölçüm borusu genellikle düşey veya düşeye yakın bir açıyla açılan sondaj kuyuları içerisine yerleştirilir ve böylece kuyu içerisindeki deformasyonların ölçümüne olanak sağlar. Boru ekseninde gerçekleşen açısal sapmalar trigonometrik fonksiyonların yardımıyla deformasyon değerlerine dönüştürülür. İnklinometre cihazının başlıca kullanım alanları (Özkan, 2010);

i. Şevlerde ve dolgularda kayma bölgesinin belirlenmesi,
ii. Dolgu barajlarında baraj setindeki kayma ve oturmaların izlenmesi,
iii. Kazıklarda veya istinat yapılarında oluşan yatay hareketlerin gözlenmesi,
iv. Dolguların veya yumuşak zemin üzerinde yapılan diğer yapıların oturmalarının gözlenmesi,

v. Yeraltı açıklıklarında (galeri ve tünel gibi) açıklık tabanında ve yan duvarlardaki yatay deplasmanın izlenmesi,

vi. Yerleşim merkezlerinde açılan metro tünel yüzeylerinde oluşan tasman (yüzeyde oluşan oturmalar) büyüklüklerinin izlenmesi,

vii. Yatay deformasyonlardan yola çıkılarak eğilme momentlerinin hesaplanmasıdır.

İnklinometre ölçüm düzeneği genel olarak üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; hassas bir şekilde ölçüm yapabilen taşınabilir bir algılayıcı, algılayıcının ölçtüğü değerleri hafızasına kaydeden ve aynı zamanda bir elektrik güç kaynağı olarak da kullanılan okuma ünitesi ve ölçüm yapan algılayıcının okuma ünitesiyle bağlantısını sağlayan ölçekli kablodur (Özkan, 2010). İnklinometre ölçüm cihazının bahsedilen kısımları Şekil 2.5'de sunulmuştur.

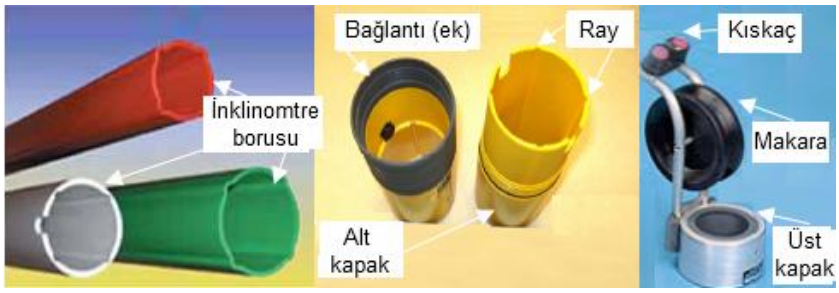


Şekil 2.5. İnklinometre cihazı bileşenleri (Mıh, 2010, Özkan, 2010)

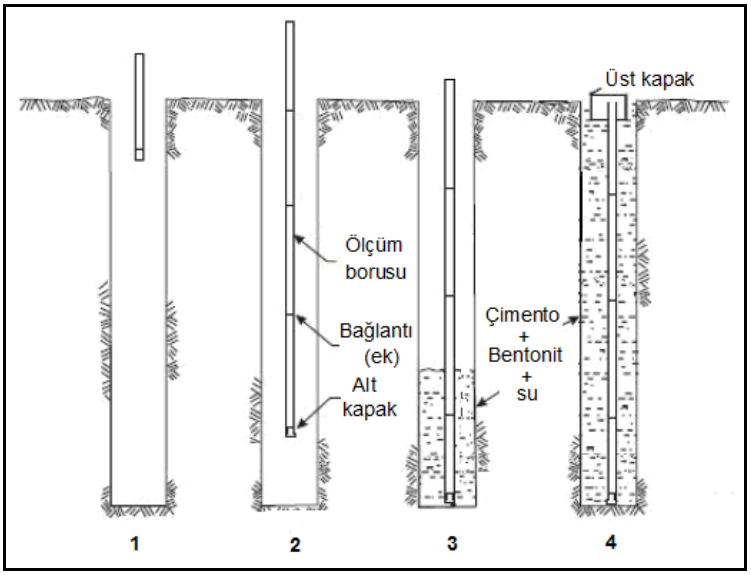
2.4.2. İnklinometrik ölçüm için sondaj kuyusunda yapılan hazırlıklar

İnklinometrik ölçümlerde kullanılan ölçüm borusundan daha büyük çaplı bir sondaj kuyusunun açılması gereklidir. Açılacak sondaj kuyusunun derinliği önemlidir. Ölçüm kuyusu, inklinometre borusunun düşey eksenine dik yönde oluşan, yatay yöndeki deformasyonların olmadığı ya da çok az olacağına inanılan seviyede bulunan

kaya biriminde en az 3-4 m daha ilerlemelidir. Daha sonra ölçüm borusunun sondaj kuyusuna yerleştirilmesi işlemlerine geçilir. Ölçüm borusu, üretici firmalara bağlı olarak 1,5-3,0 m uzunluğunda ve değişik çaplarda, nitelikli plastik malzemeden yapılmıştır. Bu borunun içinde ölçüm sırasında algılayıcının tekerleklerinin yerleştirildiği birbirine dik açılar yapan 4 adet kılavuz ray bulunmaktadır (Şekil 2.6). Ölçüm borusu açılan sondaj kuyusuna art arda eklenerek yerleştirilir. Ölçüm borusu sondaj kuyusuna yerleştirildikten sonra çimento-bentonit-su karışımı malzeme kuyu ile ölçüm borusu arasındaki boşluğa doldurulur. Böylece ölçüm borusu bu karışım içerisinde sabitlenir. Bu işlem Şekil 2.7'de görülmektedir (Machan ve Bennett, 2008).



Şekil 2.6. Ölçüm borusu ve bileşenleri (Mıh, 2010, Özkan,2010)



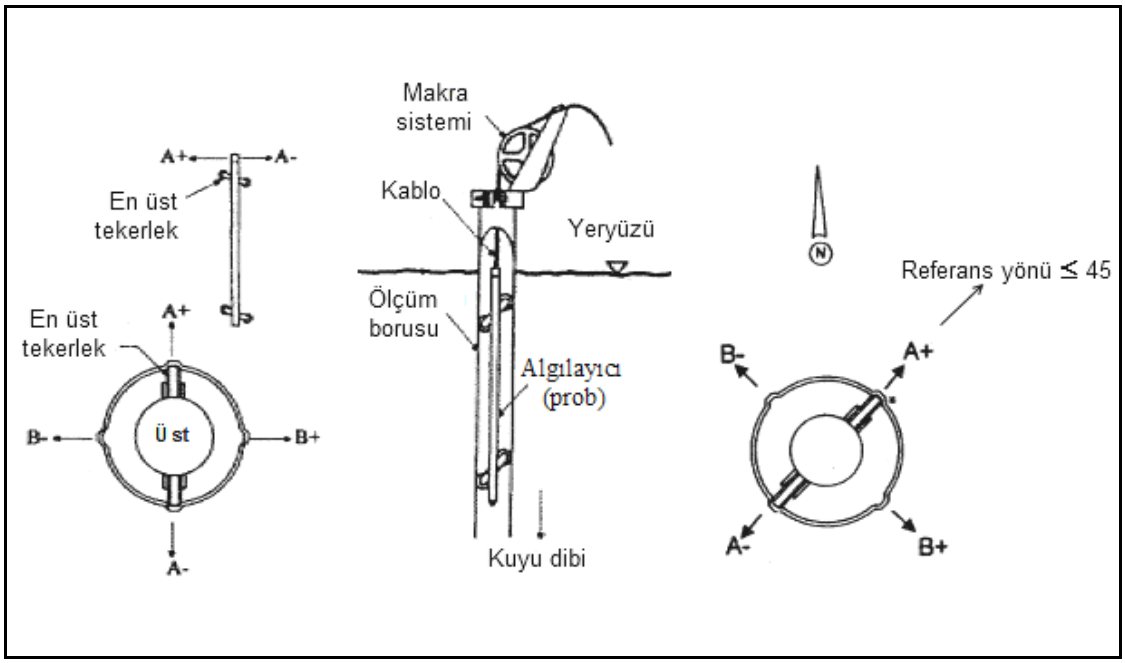
Şekil 2.7. Ölçüm borusunun kuyuya yerleştirilmesi (Machan ve Bennett, 2008)

2.4.3. İnklinometrik ölçümler

Sondaj kuyusu içerisine ölçüm borularının yerleştirilmesi tamamlandıktan ve boru çevresine yapılan çimento-bentonit karışımının konmasından sonra sondaj ölçüm

kuyusu 2 gün içerisinde inklinometre ölçümlerine hazır hale gelmektedir. Ancak ölçüm boruları kuyu içerisinde sabitlenmeden önce ölçüm borusu içerisindeki raylardan bir tanesi, kuzeyden ≤ 45° açı yapacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu koşul sağlandığında ölçümlerde A+ olarak tanımlanan referans ray belirlenmiş olmaktadır (Özkan, 2010).

Şekil 2.8'de görüldüğü gibi ölçümün alınabilmesi için okuma ünitesi ile bağlantısı sağlanan algılayıcının en üst tekerleği referans olarak seçilen A+ yönündeki referans raya yerleştirilir. Bu esnada diğer üst teker A- rayındadır.

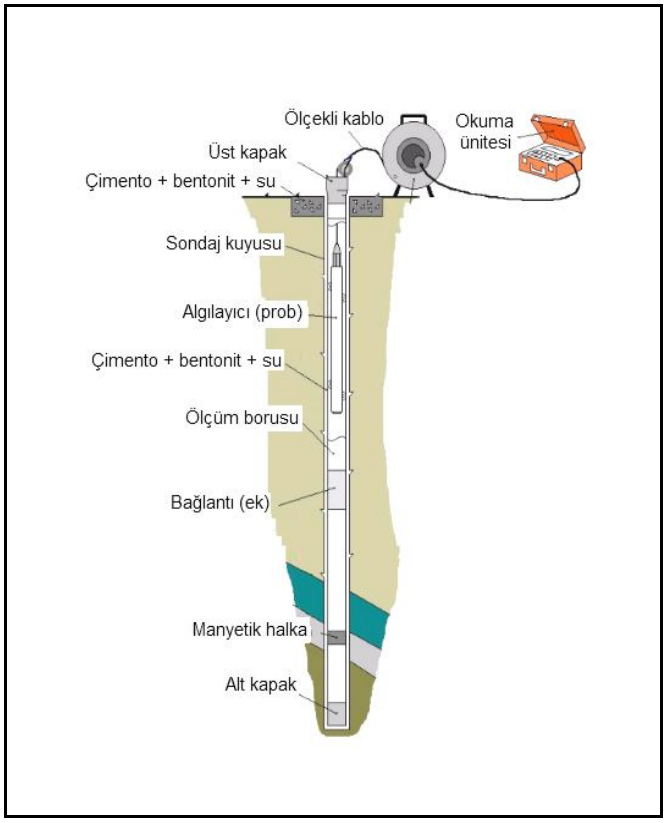


Şekil 2.8. İnklinometre cihazının kuyuya yerleştirilmesi (Graham, 1989)

Ölçümler sistematik olarak iki türlü yapılabilmektedir. Bunlardan birincisi kuyu dibinden kuyu başına doğru, ikincisi ise kuyu başından kuyu dibine doğrudur. Genel olarak ölçümlerde daha çok birinci yöntem kullanılmaktadır. Eğer kuyu içerisinde herhangi bir problem varsa algılayıcı (prob) aşağı indirilirken (ölçüm yapılmadan) problem tespit edilerek ölçümün yapılıp yapılmamasına karar verilebilir. Aksi takdirde kuyunun ilk metrelerinde yapılan ölçümler boşa gidecektir. Özkan (2010), bu ölçümlerde gerçek ölçüme geçilmeden önce klavuz prob (sahte prob) kullanımını önermektedir.

Birinci ölçüm yöntemine göre ölçümlerin alınabilmesi için algılayıcının kuyu tabanına değmesi gerekmektedir. Algılayıcı kuyu tabanına indirildikten sonra inklinometre algılayıcısının (prob) daha doğru ölçüm yapabilmesi amacıyla yaklaşık 10 dakika inklinometrenin kuyu dibi ortam sıcaklığına uyum göstermesi için

beklenmelidir. İnklinometre ile okuma ünitesi arasındaki bağlantıyı sağlayan 0,5 m aralıklara bölünmüş olan ölçekli kablo ile algılayıcı, her 0.5 m'de bir yukarı doğru çekilir ve ölçüm kuyusu ağzındaki sabitleyici kıskaç yardımıyla sabitlenir. Kayıt cihazının ekranında görülen ölçüm değerleri hafızasına kaydedilir (Şekil 2.9). Bu işleme algılayıcının kuyu başına gelmesine kadar 0,5m okuma aralıkları ile devam ettirilir (Özkan, 2010).



Şekil 2.9. İnklinometre algılayıcısının sondaj kuyusu içerisinde hareketi ve veri kaydı (Sisgeo 2006, Özkan ve Özşen, 2010)

İnklinometre ölçümleri iki yönlü ve dört yönlü olmak üzere iki ayrı şekilde yapılabilmektedir. Dört yönlü ölçüm sisteminde izlenecek yol aşağıda sunulmuştur (Özkan,2010);

i) Algılayıcının en üst tekeri (Şekil 2.8) referans ray A+'ya yerleştirilir. Bu esnada algılayıcının üst kısmındaki diğer teker A- rayında konumlanır.

ii) Bu pozisyonda inklinometre algılayıcısı kaya tabanına indirilir. Algılayıcının ortam sıcaklığına uyum sağlaması için 10 dk beklenir ve daha sonra ölçüme başlanır.

iii) Algılayıcı kuyu başına geldiğinde ilk aşama tamamlanmış olur bu esnada veri toplama ünitesi II. aşamaya geçiş için ikaz verir.

iv) İkinci aşama için bu kez algılayıcının en üst tekeri B+ rayına gelecek şekilde prob kuyuya sokulur. Bu esnada diğer üst teker B- rayında konumlanır. Bu şekilde prob kuyu dibine indirilir ve ölçüme başlanır.

v) Algılayıcı kuyu başına geldiğinde veri toplama ünitesi III. aşamaya geçiş için ikaz verir.

vi) Algılayıcının en üst tekeri bu kez A- rayına gelecek şekilde prob kuyuya indirilir. Bu işlem ile diğer üst tekerin A+ rayına yerleşmiş olması gerekir. Bu koşul sağlandıktan sonra prob kuyu dibine indirilir ve her 0,5 m 'de bir prob çekilerek ölçümler yapılır. Prob kuyu başına gelince veri toplama ünitesi IV. aşamaya geçiş için ikaz verir.

Son IV. aşama için probun en üst tekeri bu kez B- rayına gelecek şekilde prob kuyuya indirilir. Bu işlem ile diğer üst teker B+ rayına yerleşmiş olur. Algılayıcı kuyu dibine indirilir ve daha sonra ölçüme geçilir. Algılayıcı kuyu başına gelince ölçüm tamamlanmış olur.

İki yönlü diğer ölçüm sisteminde izlenecek yol (Özkan, 2010) ;

i) Algılayıcının en üst tekeri (Şekil 2.8) referans ray olan A+'ya yerleştirilecek şekilde prob kuyu içerisine indirilir. Bu esnada algılayıcının üst kısmındaki diğer teker A- rayında konumlanır.

ii) Algılayıcı, okuma ünitesi (veri toplama ünitesi)' ne bağlı ölçüm kablosu ile kuyu dibine indirilir. Daha sonra yaklaşık 10 dk kuyu dibinde, probun ortam ısısına uyum sağlaması için beklenir. Takibinde ölçüme geçilir.

iii) Algılayıcı kuyu başına geldiğinde veri toplama ünitesi II. aşamaya geçiş için ikaz verir.

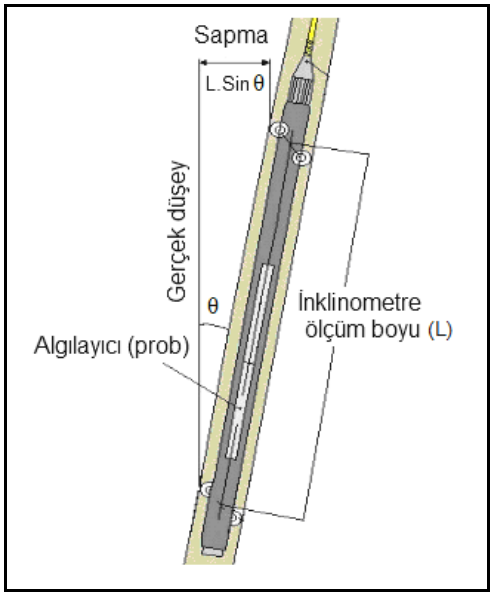
iv) Algılayıcının en üst tekeri A- rayına diğer üst teker ise A+ rayına gelecek şekilde prob kuyu içerisine alınır. Bir başka deyişle algılayıcı I. aşama ölçümüne göre 180° çevrilmiş olur. Algılayıcı bu koşul altında kuyuya indirilerek ölçümlere geçilir. Algılayıcı kuyu başına gelince ölçüm tamamlanmış olur.

Yukarıda belirtilen dört yönlü ve iki yönlü ölçüm sistemlerinden bir tanesi seçilir. Genel olarak ilk referans ölçümü dört yönlü yapılıp, diğer sistematik ölçümler

iki yönlü olarak yapılmaktadır. Bunun nedeni; iki yönlü ölçümde kullanılan A+,A- raylarında herhangi bir deformasyon olması durumunda, başlangıçta yapılan dört yönlü okumada hafızaya atılan B+,B- raylarındaki veriler kullanılır. Ancak bu durumda, sistematik ölçümlerde B+,B- rayları kullanılacaktır (Özkan, 2010). İlk referans okuma, sıfır okuması olarak adlandırılır. Diğer bir deyişle, inklinometre borusunun tesis edilmesini izleyen sürede deformasyona maruz kalmadan ilk konumu belirlenmelidir. Çünkü sıfır okuması daha sonra yapılacak ölçümlerde referans olarak kullanılacaktır.

Ölçüm aralığının sıklığı ölçüm kuyusunda gözlenen deformasyonun büyüklüğüne bağlı olarak seçilmelidir. Sorunlu bölgelerde açılan kuyularda okuma aralıkları daha kısa seçilirken, hızlı bir kayma hareketinin olmadığı kuyularda daha uzun seçilmektedir. İnklinometre okumalarının 15 günde bir yapılması Ertürk, 1996 tarafından önerilmektedir. Okuma dönemleri, okuma sonuçlarının değerlendirilmesine göre değiştirilebilir.

Hareketin olacağı yön olarak kabul edilen ve referans noktası olarak tayin edilen A+ yönünde meydana gelecek yanal hareketlerin yeri ve büyüklüğü, 0.5 m'de bir algılayıcı ile alınan okumalarda farklı sapma açılarının hesaplanması sonucu saptanabilmektedir. Algılayıcı kuyu tabanına indirilip her 0.5 m'de bir yukarı çekilerek alınan ölçüm değerleri algılayıcının bulunduğu derinliklerde, ölçüm borusunun düşeyle yaptığı açısal sapma miktarını göstermektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. İnklinometre ile düşeyden sapmanın ölçümü (Sisgeo, 2006, Özkan ve Özşen, 2010)

Ölçüm sonunda kaydedilen A+, A- ve B+, B- değerleri kullanılarak kuyu eksenindeki yatay sapma değerleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Ertürk, 1996);

$$\Delta = \pm L .\mathrm{Sin}\theta \qquad (2.1)$$

Eşitlik 2.1'de;

Δ : Sapma miktarı (mm)

L : İnklinometre algılayıcısında bulunan tekerler arası mesafe (500 mm) (Şekil 2.10)

θ : Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısı (Derece)(º)

dır. Eşitlik 2.1 deki ± hareketin yönünü ifade etmektedir.

Sapma miktarı, sapma açısının sinüsü ile doğru orantılıdır. Yani hareket beklenen A+ yönünde giderek artıyorsa sapma açısı θ'da artar ve böylece ölçüm değerinin artmasına neden olacaktır. Eşitlik 2.1'de hesaplanan sapma değerleri, sapma açıları çok küçük olduğunda ise çok küçük değerler olarak hesaplanacaktır. İşlemleri basitleştirmek için Eşitlik 2.1'de bulunan sapma miktarları 100 ile çarpılır (Ertürk, 1996). Buna göre;

$$\Delta\ (10^2\ \mathrm{mm}) = \pm L.\mathrm{Sin}\theta.100 \qquad (2.2)$$

eşitliği elde edilir. İnklinometre borusunun en üst tekerliği A+ rayında iken kuyunun her 0,5 metresindeki sapma miktarları Eşitlik 2.2 kullanılarak hesaplanır. Bu sapma miktarları algılayıcının orta noktasının bulunduğu derinliğe aittir (Ertürk, 1996).

2.4.3.1. İnklinometrik ölçüm verilerinin değerlendirilmesi

Bu ölçüm yöntemi için ISRM (2007) tarafından sunulan öneriler kılavuzunda çalışma yöntem ve değerlendirme prosedürü sunulmuştur. ISRM (2007) öneri föyünde örnek olarak verilen iki yönlü ölçme yöntemine göre bir çalışmanın verileri kullanarak ilgili hesaplamalar, Mıh,(2010) tarafından yeniden düzenlenmiş ve sunulmuştur. İlk olarak derinliğe karşılık Kuzey (A+) ve Güney (A-) yönlerindeki başlangıç referans okuma sonuçları Çizelge 2.2a'da, ilk okuma sonuçları ise Çizelge 2.2b'de ve ikinci okuma sonuçları ise Çizelge 2.2c'de sunulmuştur. Çizelge 2.2a'da Kuzey (A+) Güney (A-) yönlerindeki, 02.01.1965 tarihinde yapılan referans okumanın sonuçları sırasıyla; açı değerleri, Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri, açı fark değerleri,

deformasyon fark değerleri ve kabul (0) değerleri verilmiştir. Referans okumasındaki deformasyon fark değerleri sıfır kabul edilmektedir. Hesaplamalarda L, inklinometre tekerleri arasındaki mesafe 500 mm olarak alınmıştır (Şekil 2.10).

Çizelge 2.2a. Referans ölçüm (02.01.1965) sonuçları (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

Derinlik D (m)	1 Kuzey Açı (A+) (º)	2 Kuzey (A+) Deformasyon u (mm)	3 Güney Açı (A-) (º)	4 Güney (A-) Deformasyon u (mm)	1-3 Açı Farkı (º)	2-4 Deformasyon Farkı u (mm)	Kabul
1,0	0,5982	522	0,6257	546	-0,0275	-24	0
2,5	0,5993	523	0,6257	546	-0,0264	-23	0
4,0	0,5993	523	0,6268	547	-0,0275	-24	0
6,0	0,6016	525	0,6245	545	-0,0229	-20	0
7,5	0,5936	518	0,6291	549	-0,0355	-31	0
9,0	0,6005	524	0,6257	546	-0,0252	-22	0
11,0	0,6005	524	0,6257	546	-0,0252	-22	0
12,5	0,6028	526	0,6245	545	-0,0218	-19	0
14,0	0,6051	528	0,6211	542	-0,0160	-14	0
16,0	0,6051	528	0,6211	542	-0,0160	-14	0
17,5	0,6039	527	0,6211	542	-0,0172	-15	0
19,0	0,6039	527	0,6222	543	-0,0183	-16	0
21,0	0,6211	542	0,6028	526	0,0183	16	0
22,5	0,6222	543	0,6039	527	0,0183	16	0
24,0	0,6234	544	0,6005	524	0,0229	20	0
26,0	0,6211	542	0,6051	528	0,0160	14	0
27,5	0,6200	541	0,6039	527	0,0160	14	0
29,0	0,6222	543	0,6039	527	0,0183	16	0
31,0	0,6142	536	0,6085	531	0,0057	5	0
32,5	0,6119	534	0,6131	535	-0,0011	-1	0
34,0	0,6096	532	0,6142	536	-0,0046	-4	0
36,0	0,6062	529	0,6200	541	-0,0138	-12	0
37,5	0,6051	528	0,6211	542	-0,0160	-14	0
39,0	0,6062	529	0,6188	540	-0,0126	-11	0
41,0	0,6039	527	0,6188	540	-0,0149	-13	0
42,5	0,6039	527	0,6200	541	-0,0160	-14	0
44,0	0,6028	526	0,6222	543	-0,0195	-17	0
46,0	0,5993	523	0,6245	545	-0,0252	-22	0
47,5	0,5970	521	0,6257	546	-0,0286	-25	0
49,0	0,5970	521	0,6268	547	-0,0298	-26	0

Çizelge 2.2b'de Kuzey (A+) Güney (A-) yönlerindeki, 03.01.1965 tarihinde yapılan ilk ölçümün sonuçları sırasıyla; açı değerleri, Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri, açı fark değerleri, deformasyon fark değerleri sunulmuştur. Ayrıca aynı çizelgede, ilk okumadaki deformasyon fark değerlerinden (Çizelge 2.2b),

referans ölçümündeki deformasyon fark değerlerinin (Çizelge 2.2a) çıkarılmasıyla elde edilen değişim değerleri ve değişim değerlerinin toplanması (aşağıdan yukarı toplama) sonucu belirlenen toplam değişim değerleri sunulmuştur.

Çizelge 2.2b. İlk ölçüm (03.01.1965) sonuçları (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

	1	2	3	4	1-3	2-4		
Derinlik D (m)	Kuzey Açı (A+) (º)	Kuzey (A+) Def. u (mm)	Güney Açı (A-) (º)	Güney (A-) Def. u (mm)	Açı Farkı (º)	Def. Farkı u (mm)	Değişim (mm)	Toplam Değişim (mm) Σ ↑
1,0	0,6051	528	0,6314	551	-0,0264	-23	1	200
2,5	0,6028	526	0,6245	545	-0,0218	-19	4	199
4,0	0,6108	533	0,6349	554	-0,0241	-21	3	195
6,0	0,6096	532	0,6303	550	-0,0206	-18	2	192
7,5	0,5993	523	0,6280	548	-0,0286	-25	6	190
9,0	0,6028	526	0,6200	541	-0,0172	-15	7	184
11,0	0,6039	527	0,6131	535	-0,0092	-8	14	177
12,5	0,6211	542	0,6234	544	-0,0023	-2	17	163
14,0	0,5947	519	0,5993	523	-0,0046	-4	10	146
16,0	0,6142	536	0,6257	546	-0,0115	-10	4	136
17,5	0,6108	533	0,6257	546	-0,0149	-13	2	132
19,0	0,6131	535	0,6291	549	-0,0160	-14	2	130
21,0	0,6028	526	0,5856	511	0,0172	15	-1	128
22,5	0,6245	545	0,6028	526	0,0218	19	3	129
24,0	0,6154	537	0,5947	519	0,0206	18	-2	126
26,0	0,6131	535	0,5947	519	0,0183	16	2	128
27,5	0,6234	544	0,6062	529	0,0172	15	1	126
29,0	0,6257	546	0,6108	533	0,0149	13	-3	125
31,0	0,6096	532	0,6016	525	0,0080	7	2	128
32,5	0,6165	538	0,6096	532	0,0069	6	7	126
34,0	0,6039	527	0,5902	515	0,0138	12	16	119
36,0	0,6016	525	0,5856	511	0,0160	14	26	103
37,5	0,6108	533	0,5856	511	0,0252	22	36	77
39,0	0,6142	536	0,6028	526	0,0115	10	21	41
41,0	0,6177	539	0,6165	538	0,0011	1	14	20
42,5	0,6211	542	0,6349	554	-0,0138	-12	2	6
44,0	0,6165	538	0,6349	554	-0,0183	-16	1	4
46,0	0,6108	533	0,6326	552	-0,0218	-19	3	3
47,5	0,6131	535	0,6429	561	-0,0298	-26	-1	0
49,0	0,6039	527	0,6326	552	-0,0286	-25	1	1

Çizelge 2.2c'de Kuzey (A+) Güney (A-) yönlerindeki, 04.01.1965 tarihinde yapılan ikinci okumanın sonuçları sırasıyla; açı değerleri, Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan deformasyon değerleri, açı fark değerleri, deformasyon fark değerleri verilmiştir.

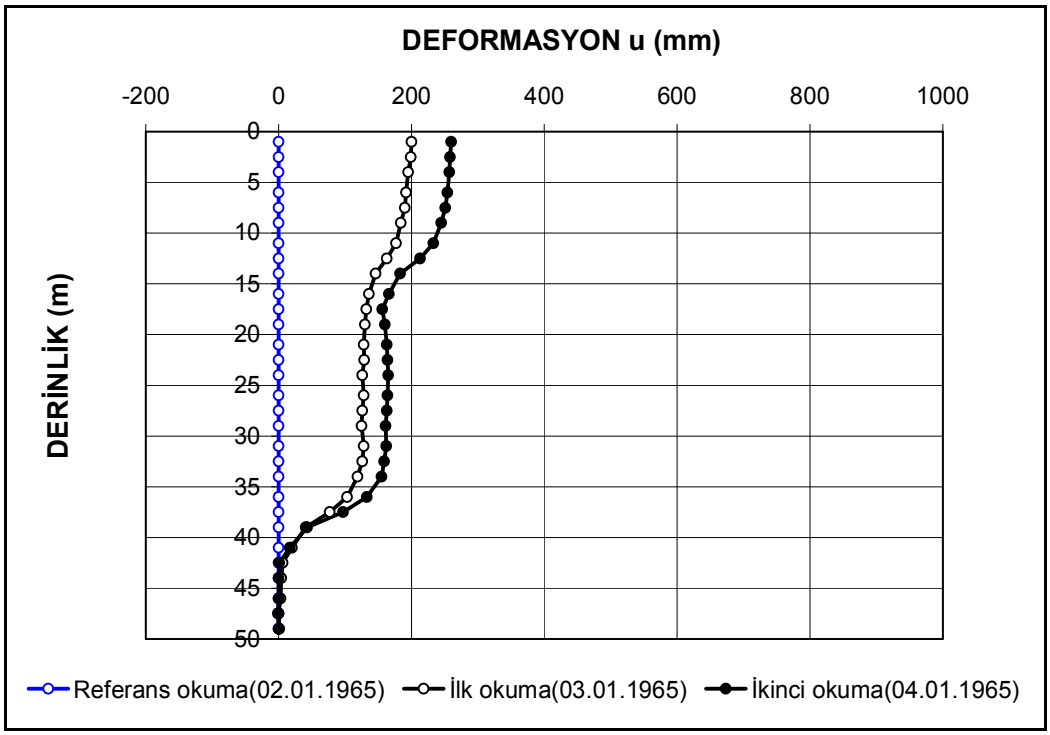
Bununla birlikte aynı çizelgede ikinci okumadaki deformasyon fark değerlerinden (Çizelge 2.2c), referans okumasındaki deformasyon fark değerlerinin (Çizelge 2.2a) çıkarılmasıyla elde edilen değişim değerleri ve değişim değerlerinin aşağıdan yukarı toplaması sonucu kuyu ekseninde oluşan toplam değişim değerleri sunulmuştur.

Çizelge 2.2c. İkinci ölçüm (04.01.1965) sonuçları (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

Derinlik D (m)	1 Kuzey Açı (A+) (º)	2 Kuzey (A+) Def. u (mm)	3 Güney Açı (A-) (º)	4 Güney (A-) Def. u (mm)	1-3 Açı Farkı (º)	2-4 Def. Farkı u (mm)	Değişim (mm)	Toplam Değişim (mm) Σ ↑
1,0	0,6119	534	0,6371	556	-0,0252	-22	2	260
2,5	0,6085	531	0,6337	553	-0,0252	-22	1	258
4,0	0,5982	522	0,6222	543	-0,0241	-21	3	257
6,0	0,6028	526	0,6222	543	-0,0195	-17	3	254
7,5	0,6108	533	0,6394	558	-0,0286	-25	6	251
9,0	0,6188	540	0,6303	550	-0,0115	-10	12	245
11,0	0,6200	541	0,6222	543	-0,0023	-2	20	233
12,5	0,6131	535	0,6005	524	0,0126	11	30	213
14,0	0,6028	526	0,5993	523	0,0034	3	17	183
16,0	0,6051	528	0,6096	532	-0,0046	-4	10	166
17,5	0,6108	533	0,6326	552	-0,0218	-19	-4	156
19,0	0,6188	540	0,6406	559	-0,0218	-19	-3	160
21,0	0,6096	532	0,5924	517	0,0172	15	-1	163
22,5	0,6200	541	0,6028	526	0,0172	15	-1	164
24,0	0,6142	536	0,5902	515	0,0241	21	1	165
26,0	0,6085	531	0,5913	516	0,0172	15	1	164
27,5	0,6188	540	0,6005	524	0,0183	16	2	163
29,0	0,6234	544	0,6062	529	0,0172	15	-1	161
31,0	0,6073	530	0,5982	522	0,0092	8	3	162
32,5	0,6142	536	0,6108	533	0,0034	3	4	159
34,0	0,6005	524	0,5798	506	0,0206	18	22	155
36,0	0,6051	528	0,5776	504	0,0275	24	36	133
37,5	0,6096	532	0,5638	492	0,0458	40	54	97
39,0	0,6131	535	0,5959	520	0,0172	15	26	43
41,0	0,6085	531	0,6051	528	0,0034	3	16	17
42,5	0,6188	540	0,6337	553	-0,0149	-13	1	1
44,0	0,6234	544	0,6429	561	-0,0195	-17	0	0
46,0	0,6154	537	0,6394	558	-0,0241	-21	1	0
47,5	0,6062	529	0,6360	555	-0,0298	-26	-1	-1
49,0	0,6165	538	0,6463	564	-0,0298	-26	0	0

Çizelge 2.2a'da sunulan referans okumadaki kabul değerleri ile Çizelge 2.2b ve 2.2c'deki ilk ve ikinci ölçüm okumalarındaki toplam değişim değerleri kullanılarak Şekil 2.11 hazırlanmıştır. Şekil 2.11'de görüldüğü gibi kuyunun yaklaşık 13. metresinde ve 40. metresinde kuyu ekseninde önemli yer değişmelerin olduğu anlaşılmaktadır.

Kaya kütlesinin, ölçüm kuyusunun belirtilen derinliklerinde (13.m ve 40.m) yenildiği ve harekete geçtiği yorumu yapılabilir.



Şekil 2.11. Ölçüm değerlerinin grafiksel yorumlanması (ISRM, 2007, Mıh, 2010)

2.5. Tez Konusuyla İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar

Kaynak araştırması sonucunda belirlenen yayınların genel bir değerlendirilmesi Çizelge 2.3.'de sunulmuştur. Yayınlarda araştırmacıların dikkate aldıkları parametrelerin kullanılma sıklıkları bu çizelgeden görülebilmektedir. Takip eden bölümde ise yayınlara ait özet bilgiler sunulmuştur.

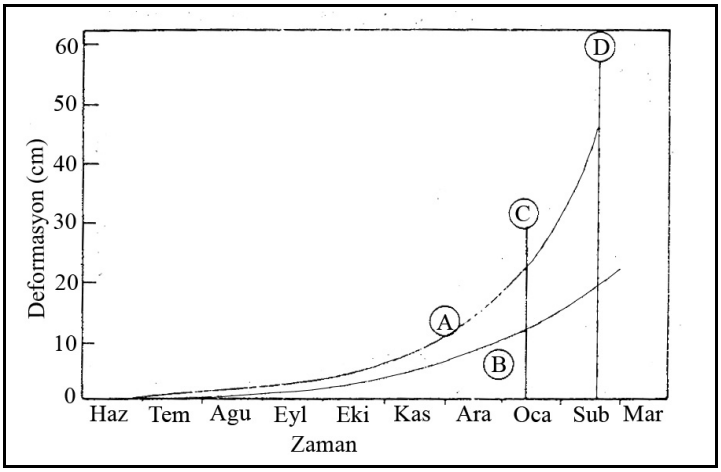
Çizelge 2.3 hazırlanırken konu üzerinde yayınlanan makale, bildiri ve tez çalışmalarında araştırmacıların önemle üzerinde durdukları anahtar kelimeler dikkate alınmıştır. Belirtilen çizelgede görüldüğü üzere araştırmacıların büyük bir çoğunluğu yamaç ve şev duraylılığı, şev izleme, deformasyon ve nümerik (sayısal) modelleme konularında yoğunlaşmışlardır. Çizelge 2.3'de verilen yayınlar listesinde konu ile ilgili yapılan önceki çalışmaların genel bir değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 2.3. Tez konusu ile ilgili yapılan önceki çalışmaların genel bir değerlendirmesi

	Araştırmacıların Çalışmalarında Önem Verdikleri Anahtar Kelimeler															
Araştırmacılar / Yıl	Yamaç duraylılığı	Şev duraylılığı	Şev izleme	Şev emniyeti	Kaya düşmesi	Deformasyon	Nümerik modelleme	Dijital görüntü işleme	Jeoteknik inceleme	Depremsellik	Kaya kütle sınıflaması	Yağış miktarı	Yeraltı su durumu	Süreksizlik	Eklem takımı
Kennedy ve Niyermeyer, 1970	✓	✓	✓	✓		✓				✓				✓	✓
Varnes, 1978		✓			✓						✓				
Hoş, 1995	✓						✓							✓	
Tunç, 1995			✓						✓	✓		✓		✓	
Yoleri, 1995		✓		✓											
Mierlo ve ark., 1996	✓					✓		✓							
Connor ve Murphy, 1997	✓					✓									
Cai ve ark., 1998		✓					✓					✓	✓		
Tuncay, 1999		✓				✓									
Dobreva ve Kostak, 2000				✓		✓									
Sendir, 2001	✓	✓									✓				
Zvelebil ve ark., 2001	✓	✓	✓	✓	✓										
Kalkan ve ark., 2002	✓	✓	✓			✓			✓						
Mora ve ark., 2002	✓		✓				✓	✓							
Rizzo, 2002	✓		✓			✓		✓							
Tarchi ve ark., 2002	✓		✓												
Corsini ve ark., 2004	✓	✓	✓												
Çevik ve Ulusay, 2004	✓	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓	✓	✓
Hatzor ve ark., 2004		✓								✓					
Liu ve ark., 2004	✓	✓	✓						✓						
Kumsar ve ark., 2004	✓	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓	✓	✓
Petley ve ark., 2004	✓	✓	✓			✓	✓								
Pektaş, 2005	✓	✓	✓			✓						✓	✓	✓	✓
Uslu, 2005	✓	✓	✓			✓						✓	✓	✓	✓
Lee ve ark., 2008	✓												✓		
Peyret ve ark., 2008	✓					✓		✓							
Ağan, 2009		✓	✓				✓		✓						
Herrera ve ark., 2009	✓		✓					✓							
Lebourg ve ark., 2009	✓					✓									
Ujvari ve ark., 2009	✓							✓							
Mıh,2010		✓	✓			✓						✓		✓	
Özkan ve Özşen, 2010		✓				✓	✓					✓		✓	
TMMOB. 2011		✓				✓							✓		
Üstün ve ark., 2013						✓		✓				✓	✓		

Kennedy ve Niyermeyer (1970), tarafından yapılan çalışmada, Şili Chuquicamata bakır madenlerindeki gerilme çatlakları şevde ilk kez 1966 Ağustos'unda görülerek basit bir kontrol sistemi kurulmuştur. Chuquicamata bakır madeni, bir çöl bölgesinde bulunduğundan yeraltı sularının kaymada bir etken olamayacağı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Ancak 20 Kasım 1967'deki Richter 5 ölçeğindeki deprem hareketinden sonra arazide kurulmuş olan yer değişim kontrol sisteminden önemli deformasyon verileri alınmaya başlanmıştır. Arazi izleme

çalışmalarında kullanılan ağ, gerilme çatlağı ölçerler, mesafe ölçerler ve bazı ekstensometre ölçerlerden oluşmuştur. Bunun yanı sıra 3 kanal kısa devre sismograf bölgeye kurulmuştur. Bu sismograflardan elde edilen sonuçlar, diğer ölçümlerden elde edilen yer değiştirme kayıtları ile karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre duraysız hale gelen şevi dengede tutabilmek için 1968 Ağustos'unda yük boşaltma işlemi başlatılmıştır. İlk olarak 4,5 milyon ton malzeme şevin üst yüzeyinden aşağı doğru sıyrılmıştır. 1968 sonlarına doğru yük boşaltma işleminin yapılmasına rağmen bir türlü duraysızlığın önlenemediği şevde büyük bir şev kaymasının artık kaçınılmaz olduğu ve bu nedenle nakliye yollarının değiştirilerek önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Kennedy ve Niyermeyer (1970) tarafından izlenen sahaya ait arazi ölçüm sonuçları Şekil 2.12'de sunulmuştur. Şekilde gösterilen A arazide kurulan ve en çok deformasyonun okunduğu istasyona ait iken B grafiğin en küçük deformasyon okumalarının yapıldığı diğer bir istasyonu göstermektedir. C noktasında (13 Ocak 1969) şev yer değişim hızının arttığı tespit edilerek ocak çalışmaları durdurulmuş ancak ölçümlere devam edilmiştir. Olası kaymanın D noktasında yani 18 Şubatta olabileceği tahmin edilmiştir. Takip eden günlerde gerçekten kütlesel kaymanın 18 Şubat saat 18.58'de olduğu tespit edilmiştir. 12 milyon ton malzemenin kaydığı bu olayda mühendislik ölçümleri neticesinde hiçbir can ve mal kaybı yaşanmamış ve maden ocağı sadece 65 saat kapalı kalarak daha sonra faaliyetlerine geri dönmüştür. Bu sonuç önemli bir mühendislik kazanımı olmuştur.



Şekil 2.12. Şili Chuquicamata madeninde zaman-şev yer değişim grafiği (Kennedy ve Niermeyer, 1970)

Günümüzde şev duraysızlıklarının sınıflandırılmasında yaygın olarak Varnes tarafından 1978 yılında oluşturulan sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır (Çizelge 2.4).

Kayanın fiziksel ve kimyasal bozunması sonucunda kaya malzemesinde kırık ve çatlakların arttığı süreksizlik yüzeyleri arasındaki mesafenin açıldığı gözlenir. Süreksizlik açıklıklarının artması ile bu düzlemlerin makaslama dayanımı, yeraltı suyunun süreksizlik düzlemleri arasına girmesi ile düşer Aynı zamanda bu su, şeve uygulanan gerilme miktarında doğal olarak bir artışa neden olacaktır. Bozunma sonucu kaya malzemesi zemin özelliğine yakın özelliklere sahip bir malzemeye dönüşebilmektedir.

Çizelge 2.4. Şev duraysızlığı türleri için geliştirilen mühendislik sınıflaması (Varnes, 1978)

Duraysızlık Türü			Malzemenin Türü		
			Toprak Zeminler		Kaya
			İnce Taneli	İri Taneli	
Düşme			Zemin düşmesi	Moloz düşmesi	Kaya düşmesi
Devrilme			Zemin devrilmesi	Moloz devrilmesi	Kaya devrilmesi
Kayma	Dönel (Dairesel)	Sınırlı sayıda birim	Zeminde dairesel kayma	Molozda dairesel kayma	Kayada dairesel kayma
	Ötelemeli	Çok sayıda birim	Zeminde blok türü ötelenme Zemin kayması	Molozda blok türü ötelenme Moloz kayması	Kayada blok türü ötelenme Kaya ötelenmesi
Yanal Yayılma			Zemin yayılması	Moloz yayılması	Kaya yayılması
Akma			Zemin akması	Moloz akması	Kaya akması
Karmaşık Kaymalar			Yukarıda belirtilen diğer duraysızlık türlerinden ikisinin veya bir kaçının birleşmesiyle gelişen duraysızlıklar		

Hoş (1995), yapmış olduğu bir çalışmada, Tarsus ayrımı - Mersin otoyolundaki yarma ve dolguların jeoteknik incelemesini yapmıştır. Güzergâhtaki yarma şevleri için yapılan sayısal ve kinematik analiz sonuçlarına göre, kuzey yarma şevlerindeki tabakalanma düzlemlerinin eğim yönüne bağlı olarak gelişen en kritik kayma mekanizmasına sahip olduğu belirlenmiştir. Tabakalanma düzlemleri boyunca belirlenen düşük kesme dayanım parametreleri nedeniyle, kuzey yarma şevlerinin bir bölümünde oldukça düşük eğimli şev düzenlemesi için dekapaj çalışmalarının veya çeşitli istinat yapılarıyla duraylılık koşullarının sağlanabileceği belirlenmiştir. Bununla birlikte tabakalanma düzlemlerinin kritik yönde olmadığı tüm kuzey ve güney yarma şevlerinin ise oldukça duraylı olduğu araştırmacı tarafından belirtilmiştir.

Toprakkale-İskenderun Otoyolu güzergâhındaki heyelan problemi Tunç (1995), tarafından araştırılmıştır. İki aşamalı çalışmanın birinci aşamasında, arazi çalışmalarında sahanın jeolojik konumu belirlenerek basit arazi deneyleri, süreksizliklerin ölçülmesi, incelenmesi, tanımlanması ve değerlendirilmesi

gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada su seviyesi değişkenliği ve deprem etkisi göz önünde tutularak şev kayma analiz yöntemleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Yoleri (1995), TKİ-GELİ Eskihisar (Yatağan-Muğla) linyit açık işletmesi pasa yığınları şev duraylılığını araştırmıştır. Bu çalışmada amaç pasa malzemesinin ve taban kilinin jeoteknik özelliklerini tayin etmek, duraylı pasa yığınları oluşturmak için en uygun şev geometrisi parametrelerini araştırmak ve duraylılığı artırmak amacıyla mümkün olabilecek iyileştirme yöntemlerini önermektir. Pasa yığınlarının geometrik boyutları ocak genelinde jeodezik çalışma yapılarak ölçülmüş, yığınlardaki yeraltı suyu koşulları değerlendirilmiş ve üzerinde pasa yığılan zayıf taban kilinin eğimindeki değişimler kaydedilmiştir. Ayrıca hem pasa malzemesinin hem de taban kilinin jeomekanik özelliklerini tayin etmek amacıyla laboratuar deneyleri gerçekleştirilmiştir. İncelenen pasa malzemesi çok düşük kohezyona sahip, yer yer iri bloklar içeren kum-silt tane boyutundaki bir malzeme ile temsil edilmektedir. Taban zemini ise çok düşük su geçirgenliğine sahip plastik siltli killer ve killi siltlerden oluştuğu anlaşılmıştır. Ocak tabanında yapılan riperleme çalışmasının, taban kilinin makaslama dayanımında önemli derecede azalmalara neden olduğu belirlenmiştir. Taban kilinin dayanımı, tabanın eğimi ve şev geometrisi duraylılığı denetleyen başlıca faktörler olduğu belirlenmiştir. Ana nakliye yolu boyunca ve dış döküm sahasındaki pasalarda gözlenen diğer duraysızlıklar, dairesel kayma yüzeyleri boyunca meydana gelmiş ve pasa malzemesinin makaslama dayanımı tarafından etkilenmiştir. Ana nakliye yolunu çevreleyen pasa yığınları için dairesel kayma, kepçeli ekskavatör dökümü yığınlar için de aktif-pasif kazma modeli kabul edilerek farklı geometrik durumlar için duraylılık analizleri yapılmıştır. Aynı araştırmada, dragline döküm yığınlarının duraylılığı artırmak için zayıf taban kili üzerine kireçtaşı dolgusunun serilmesi ve yığının önünde topuk oluşturulması gibi iki farklı yöntem analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. İki boyutlu duraylılık analizlerinin sonuçları en etkin yöntemin kömür üretiminden sonra ocak tabanına kireçtaşı bloklarının serilmesi işlemi olacağını göstermiştir. Dairesel kayma modeli kabulüyle ana nakliye yolu kenarlarında yer alan yığınlar için yapılan analizler de TKİ tarafından uygulanan 35°'lik genel şev açısı esas alınmış ancak projenin revize edilerek özellikle yığınların tamamen drene edilmesi koşulunda genel şev açısının 25° olması durumunda duraylılığı sağlayacağı belirlenmiştir.

Mierlo ve arkadaşları (1996) çalışmalarında, Alpler üzerindeki kabuksal hareketlerin izlenmesi için bir GPS ağı kurmuşlardır. Mayıs 1991, Ağustos 1992–1994

tarihlerinde Münih, Almanya ve İtalya da 43 değerlendirme noktası incelenmiştir. Bu makalede GPS gözlemlerinin ve deformasyon analizlerinin sonuçları sunulmuştur.

Connor ve Murphy (1997) çalışmalarında, yeraltı boşluklarının çökme ihtimalinin sayısal analizini yapmışlardır. Zaman alanı tepki ölçme ilkesine dayalı bir sensör geliştirilmiştir. Bu sensör Nova Scotia ve Ontario da terk edilmiş altın madenlerinde topukların sağlamlığının yanı sıra İllinois ve Ohio da terk edilmiş kömür madenlerinde tabaka hareketlerinin izlenmesi için kullanılmıştır. Kaya kütlesi hareketlerinin yerini belirlemek ve miktarının hesaplanması için bu sensörü kullanmışlardır.

Cai ve arkadaşları (1998), yağışın şev duraylılığına etkisini nümerik ve sonlu elemanlar metodunu kullanarak doymuş ve doymamış zeminler üzerinde kısa süreli su etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, hidrolik karakteristikler, doygunluk, rölatif başlangıç derecesi, yağış yoğunluğu ve yağış süresinin etkilerini incelemişlerdir. Yağış altındaki şevlere ait duraylılık analizinde, makaslama dayanımı sonuçlarını, sonlu elemanlar metodununda girdi verisi olarak kullanmışlardır. Analiz sonuçları hidrolik karakteristikler, doygunluk, rölatif başlangıç derecesi, yağış yoğunluğu ve süresinin şevlerdeki su basıncı ile doğrudan etkisi olduğunu göstermiştir.

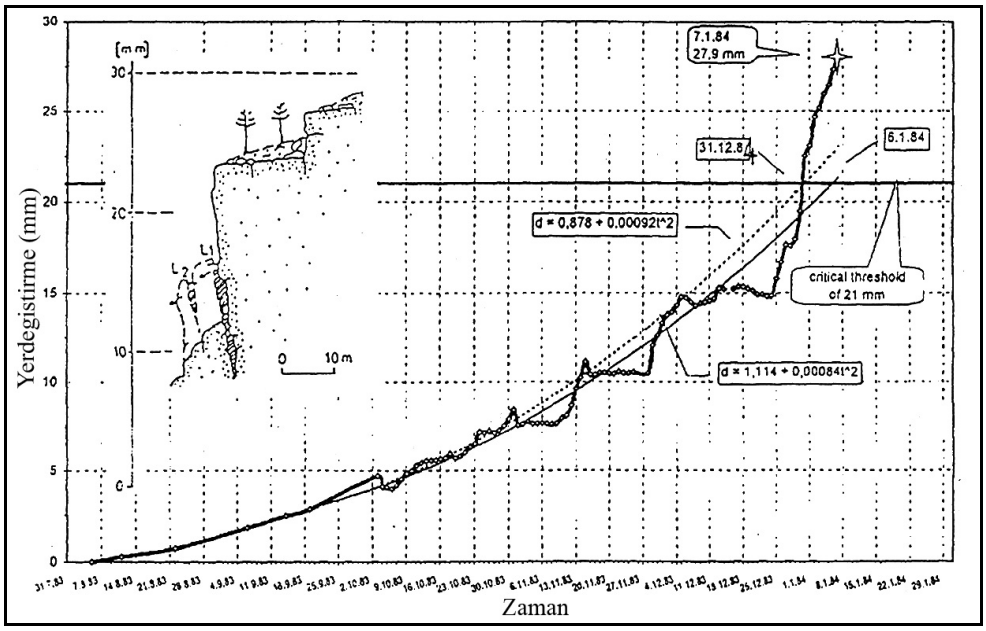
Tuncay (1999), TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) Linyit açık işletmesindeki şevlerin duraylılığının deterministik ve olasılığa dayalı yöntemlerle değerlendirilmesini yapmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında işletmenin mühendislik jeolojisi dokümantasyon haritası hazırlanmış, hareket izleme çalışması yapılmış, duraysızlıklar incelenmiş, süreksizliklere ilişkin veri toplanmış ve laboratuar deneyleri için örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Bu aşamadan sonra laboratuar deneyleri gerçekleştirilmiş ve deney sonuçları saha gözlemlerinden elde edilen verilerle birlikte değerlendirilerek şev duraysızlıklarının mekanizmaları belirlenmiştir. Analizler, şev topuğundan kazı yapılmasının sakıncalı, bunun yerine üstten kademeli bir kazı sistemiyle oluşturulacak şev geometrisinin ise emniyetli olacağını göstermiştir.

Dobreva ve Kostak (2000) çalışmalarında, Güney-Batı Bulgaristan'ın aktif deprem bölgesindeki (Kroupnik) tektonik hareketleri uzun süreli izlemişlerdir. Araştırmacılar, fay hareketlerini izlemek için üç ana çatlaklı bölgeye, 0,01 mm hata payı ile ölçüm yapabilen ekstensometreler yerleştirmişlerdir. Saha ölçümleri, 1,9 mm/yıl ortalama oranda itmenin yanı sıra, 2,7 mm/yıl oranında sol yanal doğrultu atımı olduğunu göstermiştir. Kroupnik aktif deprem fay bölgesindeki B6 izleme noktasında nispeten daha yüksek oranda deformasyon hareketleri kaydedilmiştir. Son depremden

etkilenen dik yamaçta oluşan bir çatlak üzerine yerleştirilen K7 izleme noktası, Strouma fayının batı bloğunun yükseldiğini göstermiştir. Aynı bölgede görülen bir başka çekme çatlağına yerleştirilmiş K5 izleme noktasında ise 8 yıl hareketsizlikten sonra son 2 yıl boyunca artan hareketler gözlemlenmiştir. Uzun süreli çatlak izleme yöntemi, geniş bir bölgenin hareketlerinin yorumlanmasına yönelik çok sayıda ayrıntıları ortaya çıkarmıştır.

Sendir (2001) yaptığı bir çalışmada, Koyulhisar (Sivas) heyelanlarını incelemiştir. Bu çalışmada detaylı jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik çalışmalar yapıldıktan sonra Sivas'ın kuzeydoğusunda yer alan Koyulhisar ilçesinde duraylılık koşulları değerlendirilmiştir. Çalışma alanındaki kayaçların, faylanma etkisi ile oldukça yoğun kırıklı çatlaklı bir yapı kazandığı tespit edilmiştir. RMR (Kaya Kütle İndeksi) kaya kütle sınıflamasına göre çalışma alanındaki kaya kütlesinin yapısal tanımı, zayıftan (Iğdır formasyonu) orta (Erdembaba ve Yeşilce formasyonu) ya kadar değişen sınıflarda olmuştur. Araştırmacıya göre kütlesel hareketin oluşumunda eski yenilmeler, süreksizlikler, yağışlar ve bitki örtüsü, topografya, tektonik aktivite, bozunma ve ayrışma faktörleri etkindir.

Zvelebil ve Moser (2001) çalışmalarında, Çek Cumhuriyeti-Almanya sınırındaki uluslararası bir yol kenarındaki 100 m uzunluğunda ve 40 m yüksekliğindeki kumtaşı kaya biriminden meydana gelen şevde bir çalışma başlatılmıştır. 1983 Ocak ayından önce şevde hiçbir hareket gözlenmemiştir. Bu tarihten itibaren, şev yer değişimi 0,44 mm/ay hızında oluşmaya başlamıştır. Haziran 1983'te Zvelebil gözlemlerine, bazı zemin oturmalarına ve bitki örtüsü değişimlerine bağlı olarak kaya düşme tehlikesi olduğunu belirtmiş ve muhtemel kaya düşmesinin zamanını teşhis etmeye yönelik çalışmalarına başlamıştır. Eski istasyonlara ilaveten sekiz adet yeni istasyon tesis edilmiş ve ölçüm aralığı bir haftaya indirilmiştir. Eylül 1983'te kayma tehlikesinin artması sonucu en tehlikeli olduğu belirlenen bölgelerde patlatma yapılarak şevde bir yük boşaltımı sağlanmıştır. Yeni durum statik denge modeli ile değerlendirilmiş ve yatay açılmada kritik değerin 21 mm olduğu sonucuna varılmıştır. Ardından 5 Kasım ve 5 Aralık tarihlerinde bu değerlere erişilmesinin muhtemel olacağı hesaplanmıştır ve şevin altındaki yol 27 Aralık 1983'te ulaşıma kapatılmıştır. Kritik değere 31 Aralık 1983 günü ulaşılmış ve son ölçüm değeri 27,93 mm olmuştur. Kayma 7 Ocak 1984 günü saat 11.30'da gerçekleşmiş ve 1360 m^3 malzeme yer değiştirmiştir. Şekil 2.13'de arazi ölçümleri ve muhtemel kayma zamanı görülmektedir.

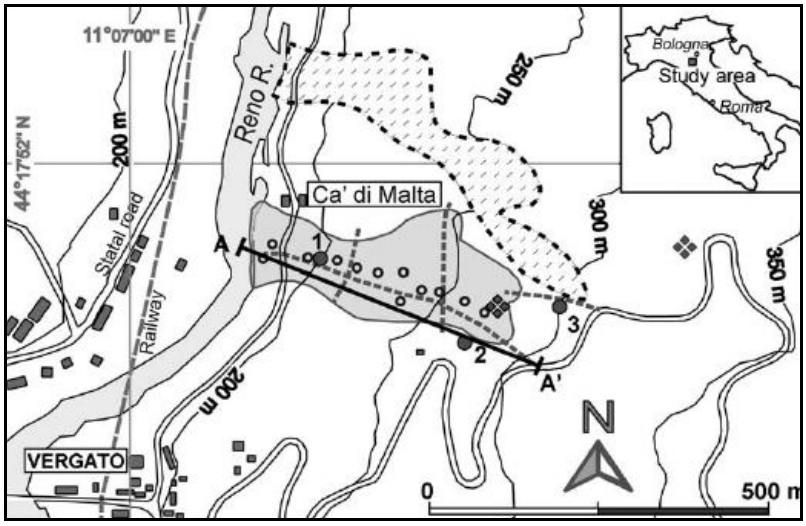


Şekil 2.13. Çek Cumhuriyeti -Almanya sınırındaki şev kaymasının tahmini (Zvelebil ve Moser, 2001)

İstanbul ambarlı liman sahasının da içinde bulunduğu heyelan ihtimali yüksek olan bölgede gerçekleştirilen heyelan izleme çalışmalarından Kalkan ve arkadaşları (2002), bazı önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırmacılar, saha çalışmalarında klasik ve uydu tabanlı ölçme yöntemleri, jeoteknik çalışmalar ve inklinotmetre, piezometre ve manyetik oturma kolon ölçerler kullanmışlardır. Gerek jeodezik, gerekse jeoteknik yöntemlerle yapılan ölçme sonuçlarından bazı noktalarda anlamlı hareketlerin olduğu belirlenmiş ve her iki yöntem sonuçlarının ise birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yaygın olarak kullanılan jeodezik yöntemlerle birlikte jeoteknik yöntemlerin de kullanılmasının çok büyük yararlar sağladığı görülmüştür.

Mora ve arkadaşları (2003) çalışmalarında, Ca'di Malta heyelanını, dijital fotogrametri ve GPS birleşimi olan bir ölçüm sistemini denemek için seçmişlerdir (Şekil 2.14). 0,1 m düşey hassasiyete sahip sayısal yükseklik modeli, sayısal fotogrametrik teknikler kullanılarak oluşturulmuştur. Heyelan boyunca uzunlamasına bir eksen üzerinde dağıtılmış birkaç işaretli noktada dakikalık sürelerde santimetre boyutunda değişimler gözlemlenmiştir. Gözlemlerdeki kinematik incelemeler devamlı olarak yapılmış, düzensiz dağıtılmış noktaların konum ölçümleri ile yüzey modeli çıkarılmıştır. Biri heyelanın olduğu alan içerisinde diğeri heyelan dışında sabit bir yere yerleştirilmiş iki GPS alıcısıyla yedi ayı aşkın süre boyunca sürekli gözlemler yapılmıştır. Sabit zaman aralıklarında deformasyon miktarlarını hesaplamak için bir yöntem geliştirilmiştir. Genel olarak hem yapısal hem de morfolojik düzenlemelerde

uygulanabilen bu birleşik inceleme tekniği, pahalı ancak etkili bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Gerçek zamanlı izleme, heyelan risk yönetimi ve sayısal yükseklik modelinden elde edilen tekrarlanan kinematik analiz sonuçları GPS ölçüm sistemi ile birleştirilebilir. Birleşik sistem heyelanın geometrisi, kapladığı alan ve evrimi hakkında bilgi verebilmektedir.



Şekil 2.14. Ca'di Malta heyelanı; ○ GPS, ● İnklinometre ve Piezometre konumları (Mora ve ark., 2003)

İtalya, Basilicata yerleşim alanını kapsayan Maratea vadisinde geniş ölçekli toprak hareketleri, Rizzo (2002) tarafından incelemiştir. Bu çalışmalar killi mostra yapılarını ve özellikle vadinin sol kıyısında karbonatlı kısımlar ve geniş blok döküntülerinden oluşan üst üste binmiş kütleleri ortaya çıkarmıştır. 1983 ve 1996 yılları arasında toprak hareketleri, kızılötesi mesafe ölçüm aletiyle izlenmiştir. 1997 ve 2000 yılları arasında yaklaşık 50 değerlendirme noktası üzerinde yüksek hassasiyette izleme sonuçları makalede sunulmuştur. Vadinin alt kısmında mostra killer ile bağlantılı alanlarda sürekli hareketlerin varlığı doğrulanmıştır.

Tarchi ve arkadaşları (2003), Tessina heyelanını izlemek için radar interferometreye dayalı yenilikçi bir teknik uygulamışladır. Bu teknik kayma bölgesinin uzun dönemli yüzey deformasyon haritasının elde edilmesini sağlamaktadır. Doğrusal SAR olarak bilinen bu uygulamada, taşınabilir ve 17 GHz hızında aygıt kullanılmıştır. Sonuçlar iki değerlendirme noktasında teodolit ve elektronik mesafe ölçerle yapılan bağımsız ölçümlerde kaydedilen deplasman görüntü noktalarının karşılaştırılmasıyla doğrulanmıştır.

Corsini ve arkadaşları (2004), İtalya Corvara heyelanını izlemişler değerlendirmişlerdir. Corvara heyelanı, dolomitlerin içinde Alta Badia vadisinde turist merkezlerinden biri olan Corvara köyünün üst tepesinde yer alan aktif, yavaş hareket eden dairesel toprak kayması olarak tanımlanmıştır. Corvara heyelanı her yıl 244. düncü ulusal yol ve alt yapılara zarar vermekte ayrıca heyelanın ön kısmında yer alan yapılar için ciddi risk oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı Corvara heyelanı 1997'den beri izlenmektedir. İzleme çalışmaları 47 ayrı istasyondan yapılan GPS ölçümleri ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.15). 1997-2005 yılları arasında, heyelanın hareket yönündeki en yüksek hareket değeri kaydedilmiştir. Yüzeydeki yatay hareketlerin birkaç cm den 1 m ye kadar ilerlemiş olduğu gözlenmiştir. Düşey hareketler ile topografyada 10-48 m arasında düşey yer değişimlerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre beklenen heyelanın 50 milyon m^3 olabileceği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak elde edilen veriler ile nümerik bir model oluşturulmaya çalışılmış ve oluşabilecek tehlikenin belirlenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 2.15. Corvara heyelanının görünümü ve izleme noktaları (Corsini ve ark., 2005)

Çevik ve Ulusay (2004) yaptıkları çalışmada, Babadağ (Denizli) ilçesini etkileyen uzun süreli kaya şevi duraysızlığını statik ve dinamik koşullar için incelenmiştir. Babadağ (Denizli) ilçesi, atmış yılı aşkın bir süredir çok düşük bir hızla gelişen bir şev hareketinin etkisi altındadır. Bu hareket; ilçedeki yapılarda önemli düzeyde deformasyona ve hasara neden olmaktadır. Bu çalışmada, şev hareketine neden olan zayıf kaya birimlerinin hareketi üzerinde, dinamik yüklerin (tekstil tezgâhlarının) etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler ve analizlerden; duraysızlığın 3,6 cm/yıl ile 14,6 cm/yıl arasında değişen bir miktarda ilçenin doğusundaki bir vadiye doğru tabakalanma düzlemi boyunca geliştiği tespit edilmiştir. Ayrıca yeraltı suyu

seviyesindeki değişimlerin hareketin hızını etkileyen başlıca faktör olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Sayısal çözümlemeler ilçedeki dokuma tezgâhlarından kaynaklanan titreşimlerin yamaç hareketine katkı sağlayabilecek boyutta olmadığını, psödostatik analizler ise yakın civarda meydana gelmiş depremlerin yamaç hareketinin gelişimine muhtemelen katkısı olduğu sonucuna varılmıştır.

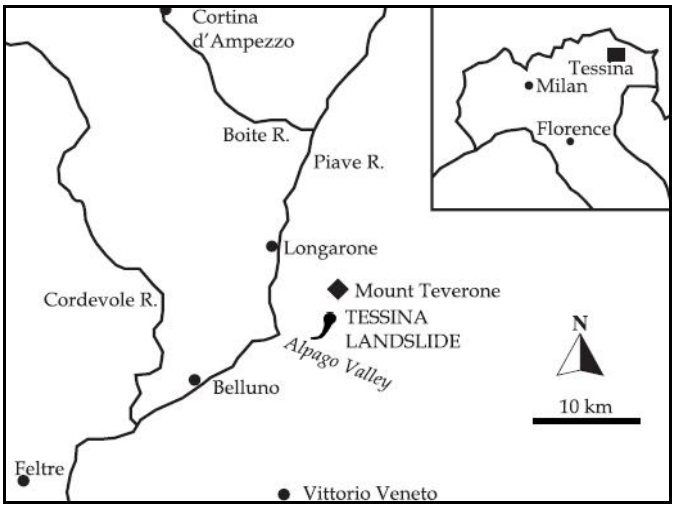
Hatzor ve arkadaşları (2004) çalışmalarında, yoğun süreksizliklerin bulunduğu bir kaya şevini iki boyutlu olarak incelemişlerdir. Bu çalışmadaki kaya şevleri Masoda'da bulunan Kral Herod'un bölgesindedir. Şevler düşey ve yatay eklemli sert dolomit yataklanmalar içermektedir. Şevdeki dinamik deformasyon verileri süreksizlik deformasyon analizi (Discontinuous deformation analysis, DDA) kullanılarak hesaplanmıştır. Gerçekte tahmin edilen yer değiştirmeler sonucunda bir miktar enerjinin dağıldığı başka bir deyişle tamamen elastik yapıya ulaşıldığı bulunmuştur.

Çin Wuqiangxi Hidroelektrik Santrali üzerinde bulunan bir şevde Liu ve arkadaşları (2004) tarafından izleme sistemi oluşturmuş ve şevdeki, eklemleri, iklim ve oluşan hareketi incelemeye ve izlemeye başlamışlardır. İzlemede çalışmalarında ekstensometre, inklinometre, toprak basınç hücresi, boşluk basınç ölçer, yeraltı suyu debi ölçer, termometre ve straingauge kullanılmıştır. Sahadan elde edilen verilerin izlenmesi ve incelenmesi için otomatik izleme bilgi sistemi isimli bilgisayar programından faydalanmışlardır.

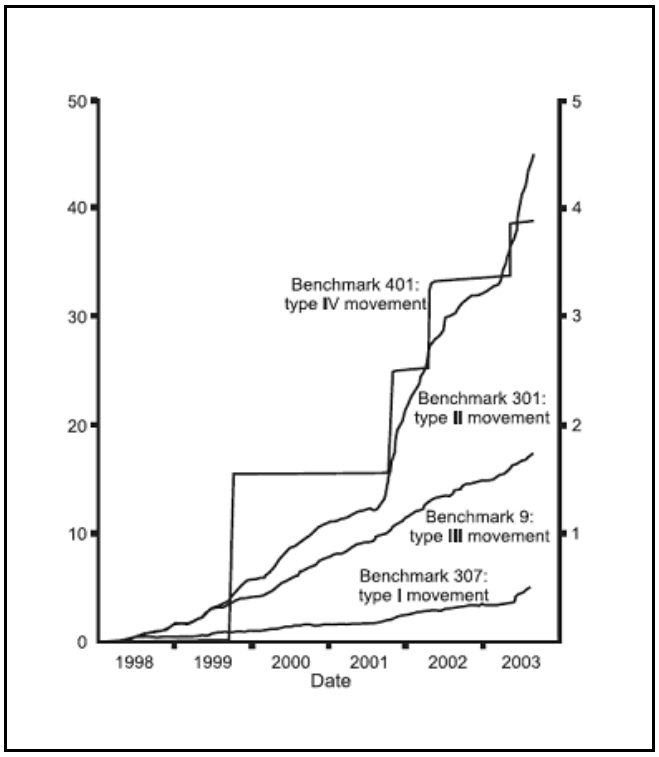
Kumsar ve arkadaşları (2004), Babadağ (Denizli) heyelanını kaya mekaniği açısından incelemiştir. Bu çalışmada hareketin hızının yanı sıra, yağışların ve yeraltı suyu seviyesindeki değişimlerin hareket üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla değişik ölçümler yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra ilçe içindeki dokuma tezgâhlarının oluşturduğu sarsıntılar, bölgesel depremsellik, su geçirgenliği gibi durumlar incelenmiş ve gözlenen uzun süreli kayma olgusuna olan etkileri incelenmiştir.

Tessina heyelanı İtalya'nın kuzeybatısı Alpago vadisinde Teverone dağının güney yamaçlarında bulunan geniş mevsimsel aktif yamaç kırılmasıdır (Şekil 2.16). 1960 yılında ilk hareketlerin gözlendiği heyelan iki köyü tehdit ettiği için piezometre, inklinometre, ekstensometre ve elektronik mesafe ölçerler ile 6 saatte bir detaylı izlemeye tabi tutulmuştur. Bu ölçüm sistemleri köyleri koruyan bir uyarı sistemi olup, aynı zamanda heyelan hareket örneklerinin içyapısını anlamada çok değerli bilgiler sağlamaktadır. Yüzey hareketleri elektronik mesafe ölçer ile ölçülmüştür. Analizde, FLAC programı kullanarak heyelanın modeli oluşturulmuştur. Bu model yeraltı suyu

şartlarına bağlı farklı heyelan alanlarının olacağını belirtmektedir. Sonuç olarak kurulmuş olan elektronik mesafe ölçüm sistemi yüzey hareketleri ile heyelan arasındaki ilişkinin bulunmasına yardımcı olmuştur. Sonuçlar sahada 4 tip hareketin var olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 2.17). Fakat detaylı analizler de bu hareketler arasındaki geçişlerin malzeme özelliklerindeki değişimlerle birebir alakalı olmadığı daha çok gözenek suyu basıncı ve meydana gelen malzemedeki deformasyonlardan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır (Petley ve ark., 2004).



Şekil 2.16. Kuzey İtalya'daki Tessina heyelanın konumu (Petley ve ark., 2004)



Şekil 2.17. Dört izleme noktası için zamana karşı deplasman grafiği (Petley ve ark., 2004)

Pektaş (2005) yapmış olduğu çalışmada, bir açık linyit maden ocağında karşılaşılan kayma hareketlerini incelemiştir. Çalışma sahası olan TKİ-Ilgın Linyit İşletmesi'nde tespit edilen gerilim çatlağı üzerinde 41 adet ölçüm istasyonu kurmuş, iki farklı arazi ölçüm yöntemi kullanmıştır. Bu ölçüm yönteminden birincisi olan hassas çelik metre yöntemi ile istasyonlardan 16 ay boyunca ölçüm alırken ikinci ölçüm metodu olan topografik yöntem ile 3 ay boyunca ölçümler yapmıştır. Arazi çalışmalarının yanı sıra, ISRM (1981) önerilerine uygun olarak 7 adet kaya mekaniği deneyi için 465 adet örnek hazırlamış ve deneyler gerçekleştirmiştir. Daha sonra belirlenen kaya kütle indeksi-GSI değerleri yardımıyla kaya kütlesine ait kohezyon ve içsel sürtünme açılarını belirlemiş, grafiksel ve diyagram yöntemleri ile şev duraylılık analizlerini gerçekleştirmiştir. Araziden elde edilen şev ölçüm sonuçlarıyla analiz sonuçları karşılaştırarak yorumlar yapmıştır.

Uslu (2005) yapmış olduğu çalışmada, TKİ-GELİ-Yatağan-Eskihisar Linyit ocağında tespit edilen çekme çatlağı üzerinde 16 adet ölçüm istasyonu kurmuş ve kurulan bu ölçüm istasyonlarını 5 ay boyunca 24 saatte bir deformasyon ölçümü alacak şekilde izlemiştir. Ayrıca, arazide tespit edilen dört farklı kaya birimi (marn, gözenekli kireçtaşı, kristalize kireçtaşı, mermer) ve kömür birimi (linyit) kaya bloklarından 1006 adet örnek hazırlamış ve ISRM (1981) tarafından önerilen 9 adet kaya mekaniği deneyi yapmıştır. Daha sonra belirlenen kaya kütle indeksi (GSI) değerleri yardımıyla bloklu-çok bloklu kaya kütlesine ait kohezyon ve içsel sürtünme açılarını belirlemiştir. Şev duraylılık analizlerinde grafiksel (Hoek,1970) ve limit denge (sayısal) analiz çözümleme yaklaşımlarını kullanmış ve analiz sonuçları ile araziden elde edilen şev ölçüm sonuçları karşılaştırarak yorumlar yapmıştır.

Lee ve arkadaşları (2008) çalışmalarında, Tayvan'da Lishan heyelan bölgesinin Güney-Doğu kesimindeki yeraltını, litolojik ve hidrojeolojik bir modelini oluşturmak için direnç görüntüleme (RIP) yöntemini kullanmıştır. Direnç görüntü kesitine ve sondajlardan toplanan kaya örnekleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarla üç farklı elektriksel tabaka tanımlanmıştır. Belirlenen dik kesme bölgesinin, 100-260 Ω-m arasında değişen elektriksel dirençleriyle, yamaçtan aşağı akan yeraltı suyunu tutan doğal bir bariyer oluşturduğu belirlenmiştir.

Haraz vadisi içinde Albroz bölgesinin merkezinde bulunan Kahrod heyelanının yüzey hareketlerinin zamansal ve mekânsal gelişimi Peyret ve arkadaşları (2008) tarafından sayısal olarak analiz edilmiştir. 8 noktadan oluşan ağ, bir yıl süre boyunca dört kez incelenmiştir. Heyelan içindeki hareket oranları doğru olarak tespit edilmiş ve

heyelan yüzünden gerilme etkisi altındaki küçük bir tepeciğin mekanik direnç durumu tanımlanmıştır. Daha sonra bu ağ yoğunlaştırılmış ve altı ayda iki kez ölçümler yapılmıştır. Jeodezi ve alan gözlemlerinin birleşimi, Kahrod heyelanının geçmiş ve bugünkü kinematik davranışının tam tanımlanmasını sağlamıştır.

Ağan (2009) çalışmasında, farklı amaçlar için geliştirilmiş ve heyelan analizlerinde daha önce denenmemiş jeoteknik yöntemleri (yer altı su seviyesi (YASS), topografik, jeofizik tomografi, inklinometre ölçümleri, presiyometre ve SPT deneyleri) aynı anda heyelan analizinde kullanmıştır. İnceleme sahası olarak, Zonguldak İli, Kozlu İlçesinde yer alan, Karadon formasyonu üyesi heyelanlı bölge seçilmiştir. Çalışmalar arazi, laboratuar ve büro olmak üzere üç ana başlık altında yürütülmüştür. Arazi çalışmaları kapsamında; temel sondajları açılmış, arazi sınıflama ve gözlemleme çalışmaları, yeraltı su seviyesi (YASS), topografik, jeofizik tomografi, inklinometre ölçümleri, presiyometre ve SPT deneyleri yapılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında; bilgisayarda kinematik, şev duraylılığı ve gerilme-deformasyon analizleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında ise, araziden ve sondajlardan alınan numuneler üzerinde jeomekanik deneyler yapılmıştır. Sonuç olarak, başka jeoteknik amaçlar için üretilmiş olan presiyometre ve tomografik yöntem sonuçlarının inklinometre sonuçlarına çok yakın olduğu ve bu yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Herrera ve arkadaşları (2009) çalışmalarında, Portalet heyelanının kinematik çalışmasını yapmışlardır. Jeomorfolojik bir bakış açısından heyelanın tanımı ilk olarak ortaya konulmuştur. Geliştirilmiş (GB-SAR) zemin izleme teknikleriyle yapılan hareket ölçümleri sunulmuş ve GB-SAR veri kümeleri karşılaştırılmıştır. Ölçülen hareket ve yağış arasındaki ilişki, heyelanın yağış miktarına karşı çok hassas olduğunu göstermiştir. 5 Ocak 2006-21 Kasım 2006 tarihleri arasında saatte bir sürekli yapılan GB-SAR ölçümlerini ayarlamak için basit bir boyutlu model kullanılmıştır.

Lebourg ve arkadaşları (2009) çalışmalarında, Peloponnesus'un Güney sahilinde bulunan Panagopoula yamacında ki tektonik ve yamaç hareketlerinin birbiriyle olan bağlantılarını incelemişlerdir. Çalışmalar, jeolojik ve jeomorfolojik araştırmalarla, elektriksel yerdirenci ölçümleriyle ve jeofizik yöntemlerle veri edinme odaklıdır. Çalışmada Panagopoula'da yüzeysel bir toprak kaymasının olduğu vurgulanmıştır.

Macaristan da Tuna nehrinin kıyıları Ujvari ve arkadaşları (2009) tarafından incelenmiştir. 2007 yılında Tuna Nehri boyunca büyük bir çökme oluşmaya başlamış, nehirdeki denizcilik faaliyetlerini tehlikeye sokmuştur. Jeolojik, hidrojeolojik ve

morfolojik koşullar gibi birkaç faktörden dolayı Tuna nehrinin kıyısında tekrarlanan sel ve aşınmalar geniş bir dairesel kaymanın gelişmesine yol açmıştır. Yamaç kırılmaları Ocak 2007 den sonra GPS, belirli seviye ölçme teknikleri ve eğimölçer cihazlarla izlenmiştir. 2007 Ekim ayı ortalarında GPS ile yapılan ölçümler ile beklenen maksimum yanal hareketlerin konumu çıkarılmıştır. Başlangıç çalışmaları için Tuna nehrinin jeodezik ve hidrojeolojik özelliklerini gösteren yağış ve su seviyesi saha gözlemleri yapılmıştır. İzleme ve saha gözlemlerine dayalı bir yamaç kırılma oluşum modeli önerilmiştir.

Mıh (2010) çalışmasında, TKİ-GLI-Ilgın Linyit İşletmesi maden ocağı doğu şevinde görülen şev duraysızlığını yerinde ölçümlerle izlemiştir. Şevde yatay ve düşey deformasyonlar 7 ay boyunca iki ayrı sondaj kuyuları kullanılarak izlenmiştir. Saha ölçümleri inklinometre ve manyetik kolon ölçerler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Sahada ayrıca aynı zaman süresince jeodezik ölçümler yapılmıştır. Mıh (2010), sahada yaptığı çalışmalarda ölçüm kuyularının güneybatı yönünde hareket ettiği belirlemiş ve şevde ölçülen deformasyonların maden ocağının dip noktasına doğru olduğunu belirtmiştir.

Özkan ve Özşen (2010) çalışmalarını, TUBİTAK (106M126) projesi kapsamında, iki farklı sahada gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında inklinometre ve manyetik oturma ölçerler ile yatay ve düşey yer değiştirme ölçümleri yapmışlardır. Bu ölçümler için sondaj kuyuları açılmış ve ölçüm kuyuları yaklaşık 2 yıl boyunca izlenmiştir. Ölçümler sonucunda ilk çalışma sahası olan Konya çimento fabrikası kalker hammadde ocağında ocak içine doğru kuzeydoğu istikametinde yaklaşık 61 mm yatay ve yaklaşık 4 mm boyutunda düşey yer değişimin gerçekleştiğini belirlemişlerdir. İkinci çalışma yeri olan KOSKİ su arıtma tesis sahasında ise güneydoğu istikametinde 1,41 mm yatay yer değişim ve 2 mm boyutunda düşey yer değişimin oluştuğunu tespit etmişlerdir. Her iki sahada yatay yer değişim hızları sırasıyla; 0,0111 mm/gün ve 0,00415 mm/gün olduğunu bu hız değerleri ile çok yakın bir gelecekte sahalarda bir duraysızlığın olmayacağını belirlemişlerdir. Ancak her iki sahada da yer değişim hızları düşük olsa da kayma düzlemlerinin oluştuğunu belirlemişlerdir. İnklinometre ölçüm verileri yardımıyla zamana ve yağış miktarına bağlı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ölçüm sahalarına ait istatiksel katsayılar içermektedir. Model yardımıyla ölçüm yapılmamış bir tarihte olası yatay yer değişim değerleri kestirilebilmektedir.

EÜAŞ bünyesinde Afşin-Elbistan kömür havzasında, Park Termik tarafından işletilen açık linyit ocağında 2010 yılında önemli bir şev kayması sorunu gündeme gelmiştir. TMMOB – Jeoloji ve Maden mühendisleri odaları tarafından hazırlanan raporda (2011), ocak sınırlarında bulunan yeraltı su drenaj kuyularından yer altı suyunun çekilmesiyle yaşanan teknik problemler nedeniyle, bölgede ilk olarak ocağın batısında bir şev kayması olduğu daha sonra ise ocağın doğu şevinde yaklaşık 50 milyon m^3'lük malzemenin, ocak içerisine doğru hızla kaydığı belirtilmiştir (Şekil 2.18). Bu şev kaymaları toplam 11 kişinin can kaybına neden olmuştur. Ocakta madencilik çalışmalarına tekrar başlanılmıştır.



Şekil 2.18. EÜAŞ –Park Termik Linyit kömür ocağında oluşan şev kaymaları

Üstün ve arkadaşları (2013) tarafından yürütülen bir TUBİTAK (101Y121) projesinde, Konya kapalı havzasında önemli bir tarım bölgesi olan, Çumra ilçe sınırları çevresindeki yer altı su kullanımına bağlı, toprak oturmalarını izlemektedirler. Projede 22 adet GPS istasyon noktası, 11 adet inklinometre ölçüm kuyusu kurulmuştur. Yılda üç kez ölçümlerin yapıldığı proje çalışmasında, tarım bölgesinde yılda ortalama 2–4 cm oturmaların olduğu belirlenmiştir. 62000 m2 alana sahip bölgede, yaklaşık 1.300.000 m3/yıl büyüklüğünde yeraltı suyu, her yaz döneminde, bölgede var olan kuyulardan sulama amaçlı olarak, çiftçiler tarafından kullanılmaktadır. Hala çalışmaların devam ettiği projede araştırmacılar, uzun bir süreçte bölgede gözlenen zemin hareketlerinin önemli gelişmelere neden olabileceğini vurgulamaktadırlar.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Genel

Bu bölümde tez çalışmasının gerçekleştirildiği, Konya Çumra tarım havzası ve TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli Linyit İşletmesi'nin genel bilgileri, ölçüm yeri, sondaj çalışmaları, ölçüm hazırlıklar, arazi ölçümleri ve laboratuar çalışmaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

3.2. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi Sahası Hakkında Genel Bilgiler

3.2.1. Kuruluş ve tarihçe

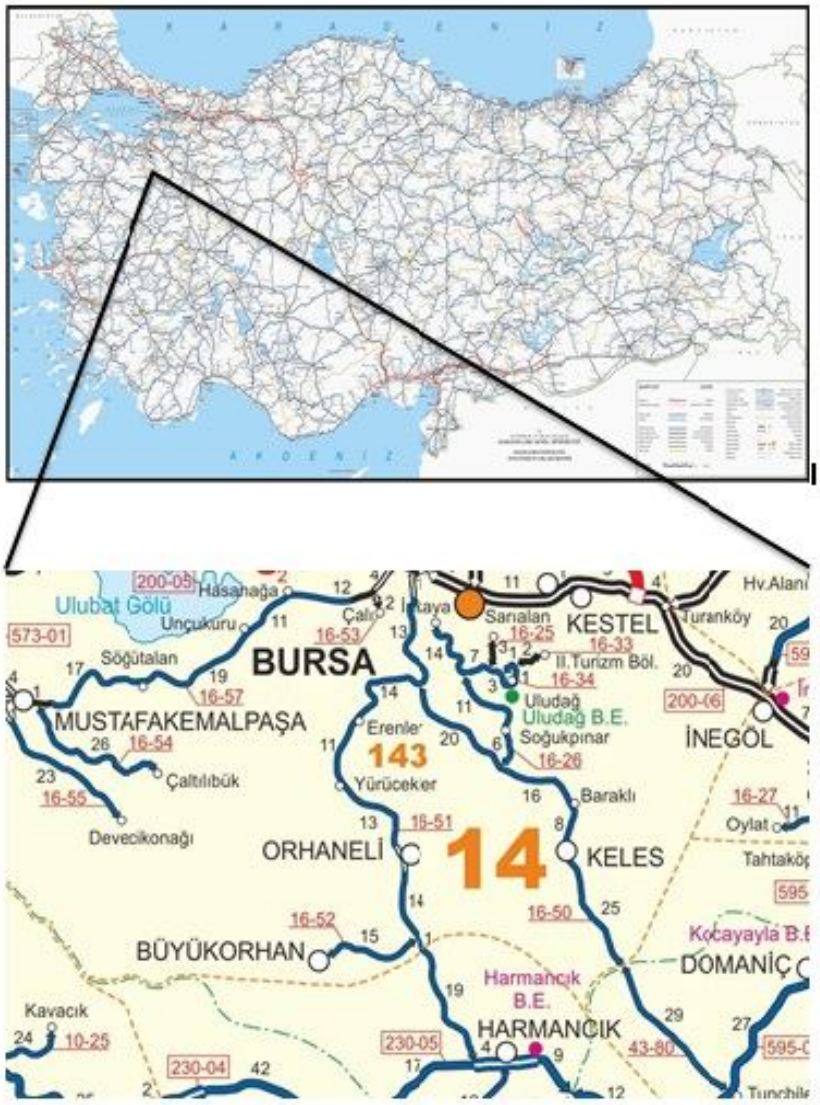
Madenlerin kamulaştırılması ile ilgili 2172 sayılı yasanın yürürlüğe girmesi sonucu 01.01.1979 tarihinden itibaren faaliyete geçmek üzere TKİ, Sınırlı Sorumlu Orhaneli Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü'nü kurmuştur. Müessesenin unvanı 13.09.1979 tarihinde de Marmara Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü (MLİ) olarak değiştirilmiştir. Önceleri Orhaneli, Keles ve Saray sahalarında faaliyet gösteren müesseseye 01.09.1982 tarihinden itibaren Çan Linyitleri İşletmesi'de bağlanmıştır. Söz konusu işletme 01.07.1990 tarihinden itibaren Çan Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü adını alarak bu müesseseden ayrılmış ve genel müdürlüğe bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. Daha sonra MLİ Müessese Müdürlüğünün tüzel kişiliği 30.06.1994 tarihi itibariyle kaldırılmış ve 01.07.1994 tarihinden geçerli olmak üzere Bursa Linyitleri İşletmesi (BLİ) Müdürlüğü adıyla faaliyetlerine devam etmiştir.

Saray Linyitleri İşletmesi, 30.06.2004 tarihinde MLİ Müdürlüğü'nün kapatılması nedeniyle Orhaneli'de oluşan Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü'ne başmühendislik olarak bağlanmıştır. TKİ Yönetim Kurulunun 28.08.1995 tarih ve 3501/315 sayılı kararıyla ismi Bursa Linyitleri İşletmesi Bölge Müdürlüğü olarak değiştirilmiştir.

Seyitömer Linyitleri İşletmesi (SLİ) Müessese Müdürlüğü'nün oluşturulmasıyla birlikte BLİ Müdürlüğü 01.04.2004 tarihinde SLİ Müessese Müdürlüğü'ne, 01.09.2012 tarihinde ise Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü'ne (GLİ) bağlanmış olup halen faaliyetlerini sürdürmektedir.

3.2.2. Coğrafi konum ve ulaşım

Orhaneli ilçesi, Bursa il merkezine 64 km mesafededir. Bursa ilinin güneydoğusunda bulunan ilçe, Kütahya-Bursa karayolu üzerindedir (Şekil 3.1). Orhaneli, Bursa'nın güneyindeki engebeli düzlüklerde yer almaktadır. İlçenin dağlık kesimleri kayın, kızılçam, karaçam, meşe, ardıç ormanları ile kaplıdır. Adırnaz çayı ilçeden geçer. İlçe, ılıman Akdeniz iklimi ile Ege ve Marmara'nın kara iklimini taşımaktadır.



Şekil 3.1. Bursa Orhaneli Yerbulduru Haritası

3.2.3. Orhaneli kömür havzası

Orhaneli ilçesi Karıncalı Beldesi'nde kurulu bulunan 1 x 210 MW gücündeki EÜAŞ Orhaneli Termik Santralının ihtiyacı olan linyit kömürlerinin üretiminin gerçekleştirilmesi ve konuyla ilgili diğer faaliyetlerin sürdürülmesi amacı ile kurulan BLİ Orhaneli Linyit İşletmesi, İR-2404 nolu ruhsat sahasında toplam yaklaşık 9.000 Hektarlık sahada faaliyetlerini sürdürmektedir. İşletme Müdürlüğü sorumluluğundaki ruhsat sahası Gümüşpınar, Sağırlar (Altıntaş) ve Çivili olmak üzere üç ayrı sektörden oluşmaktadır. Bu kömür bölgelerine ait genel bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.2.3.1. Gümüşpınar bölümü

Bursa - Orhaneli asfaltındaki Yürücekler köyü yol ayrımından yaklaşık olarak 6 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu yol sıcak asfalt olup, her mevsimde ulaşıma açıktır. İşletmenin rakımı + 500 m dolayındadır. Bu sektörde halen görünür 23.000.000 ton civarında kömür rezervi bulunmakta olup bu kömürler, ortalama 2300-2600 kcal/kg alt ısıl değerine sahiptir. Sahada halen açık ocak madenciliği sürdürülmektedir.

3.2.3.2. Sağırlar (Altıntaş) bölümü

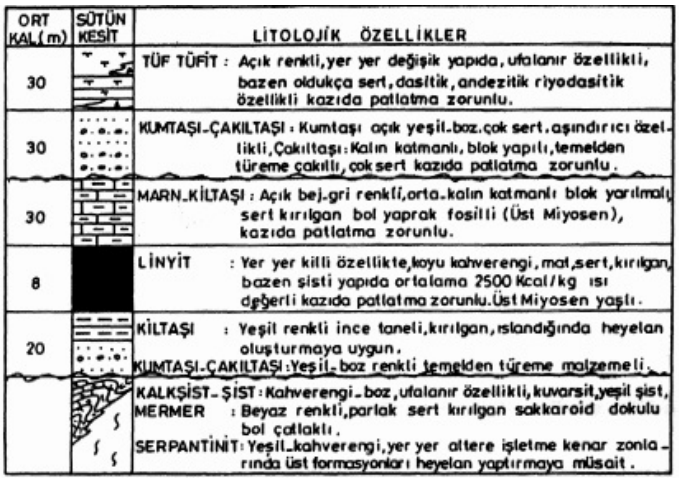
Yürücekler yol ayrımından Gümüşpınar - Dündar istikametinde yaklaşık olarak 12 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu yol Gümüşpınar köyünden itibaren asfalt olup, her mevsim ulaşıma açıktır. Havzanın rakımı +550 m dolayındadır. Bu sektörde halen 1.700.000 tonu açık işletme, 4.300.000 tonu yeraltı işletmesine uygun, toplam görünür 6.000.000 ton civarında kömür rezervi bulunmaktadır. Bu kömürler proje değerine göre ortalama 3000 kcal/kg alt ısıl değerine sahiptir. Sektördeki kömürün bir kısmı, 1990 yılına kadar açık ocak madenciliği ile ve müteahhit vasıtası ile çalışılmış olup açık ocak madenciliğine uygun kömür rezervi tüketilmiştir. Sahada üretilmemiş kömür rezervi, yeraltı madenciliği ile alınacak kısımdır. Bunun için planlama çalışmaları yapılmaktadır.

3.2.3.3. Çivili bölümü

Yürücekler yol ayrımından Gümüşpınar - Yenidanişment istikametinde 10 km, Yenidanişment'den itibaren 2 km olmak üzere toplam 12 km uzaklıktadır. Bu yol da asfalt olup, her mevsim ulaşıma açıktır. Havzanın rakımı +600 m dolayındadır. Sahada yaklaşık 9.800.000 ton kömür rezervi bulunmaktadır. Halen hiçbir madencilik çalışması yapılmamaktadır. Sahadaki kömür rezervinin bir kısmı (7.900.000 ton) yeraltı, bir kısmı (1.900.000 ton) açık ocak madenciliği ile işletilmesi yönündeki çalışmalar, TKİ tarafından yapılmaktadır.

3.2.4. Sahanın genel jeolojisi

Havzadaki detay jeolojik etütler 1960-1975 yılları arasında MTA Enstitüsü elemanları tarafından yapılmıştır (MTA, 1976). 1979-1984 yıllarında BLİ Müessese Müdürlüğünce havzada 96 adet araştırma ve geliştirme sondajı yapılmıştır. Gümüşpınar ve Sağırlar sektörlerinde tek damar oluşumu gözlenirken Çivili sektöründe bazı sondajlarda tek damar, bazı sondajlarda ise birkaç damara rastlanmaktadır. Ortalama damar kalınlığı Gümüşpınar sektöründe 7.05 m Sağırlar sektöründe 3.36 m, Çivili sektöründe ise 3.36 m olarak bulunmuştur. Katman eğimleri Gümüşpınar ve Sağırlar sektörlerinde 6°-10° arasında değişir. Çivili sektöründe ise 7°-15° arasındadır. Faylar basamak faylar şeklinde gelişmiş olup atımları 10-50 m Arasında değişir. Fay eğimleri 55°-65° arasındadır. Orhaneli havzasının litolojik dizilimi Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Orhaneli havzası litolojik dizimi (Ölçeksiz) (Uçaku,2000)

3.2.5. Yapısal jeoloji

3.2.5.1. Genel yapı

Orhaneli linyit havzası eksen doğrultuları kuzeydoğu-güneybatı olan başlıca iki tali kuvvetten oluşmaktadır. Birinci kuvvet Gümüşpınar-Sağırlar doğrultusunda, ikinci kuvvet ise Çivili köyünden güneybatıya doğru uzanan hat boyunca yerleşmiştir. İkinci tali kuvvet büyük olasılıkla Dündar-Yeni Danişment-Gazioluk köyünü birleştiren hat üzerinde yer alan yüksek bir temel ile birbirinden ayrılmış durumdadır. Söz konusu temel, Yeni Danişment köyü ile bu köyün batı, kuzeybatısındaki Kasak tepede izlenir. Diğer kesimlerde ise tüflerle örtülü durumdadır. Bu görüşten hareketle kömür damarının teşekkülüne kaynak olan turbiyerin oluşma evresinde bu temelin çok büyük bölümünde kara halinde kaldığı su atımına inmesinin ise kısmen marn-tüfit formasyonlarının çökelim devresinde olduğu ileri sürülebilir (Akat ve ark., 1979).

3.2.5.2. Tabaka doğrultu ve eğimleri

Gümüşpınar bölümünde, linyit damarının doğrultusu çoğunlukla kuzeydoğu-güneybatıdır. Bu doğrultu Dündar köyünün güneyinde mevcut fayların etkisi ile kuzey-güney ve kuzey batıya dönmüştür. Damar eğimleri ise 6°-10° arasında değişir. Sadece Dündar köyünün batısında ve güneybatısında eğim değeri 22° ye çıkar. Eğim istikameti havza batı kıyısında Gümüşpınar ve Dündar köyleri civarından geçen havza eksenine kadar olan kesimde doğu ve güneydoğuya doğrudur. Havza eksenine kalan çok dar bir bölgede ise, eğim yine terslenmiş olup batı ve kuzeybatıya doğrudur (Kulaksız ve ark., 1991, Karpuz ve ark., 2005).

3.2.5.3. Kıvrımlar ve faylar

Havza Alp orojenezinin rodanijen fazı ve yalak fazının etkisi altında kalmıştır. Gümüşpınar yöresinde kuzey-güney istikameti kuzey ve güney dalımlı bir senklinal ve Dündar köyünün güneyinde bir antiklinal oluşmuştur (Akat, 1979).

Açık ocak şevlerinden gözlenen 1-2 m atımlı fayların dışında diğer faylar yüzeyde görülmez. Tüfitlerle örtülü durumdadır. Faylar basamak şeklinde gelişmiş olup atımları çoğunlukla 15-20 m arasında değişir. Ancak Gümüşpınarda Dündar köyünün

batısında ve güneyindeki faylarda atım 50 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 3.3). Fay eğimleri 55°-65° arasında değişir. Sağırlar bölümünde fay doğrultuları da Gümüşpınar bölümündeki hakim doğrultuya uygundur. Bu bölümdeki fayların atımları 20-50 m arasındadır (Kulaksız ve ark., 1991, Karpuz ve ark., 2005).



Şekil 3.3. Gümüşpınar kömür ocağında basamaklarda fayın görünümü.

3.2.6. Orhaneli kömür havzasının rezerv durumu

3.2.6.1. Sahada yapılan sondajlar

Orhaneli bölgesinde 191 adedi MTA Genel Müdürlüğü tarafından olmak üzere 128 adedi müessese adına diğer kuruluşlarca yapılmış toplam 319 adet sondaj yapılmıştır. Bu sondajlar ile elde edilen bilgiler ışığında yağılan etütlerde sahanın tektoniği, kömür damarının durumu, jeolojisi tespit edilmiştir. İşletme şekli belirlenmiş, rezerv, dekapaj ve kömür kapasitesi tam olarak ortaya çıkmıştır. Bunun dışında 1979-1984 yıllarında BLİ Müessese Müdürlüğünce havzada 96 adet araştırma ve geliştirme sondajı yapılmıştır. 2012-2013 döneminde ise ek sondajların yapılması planlanmış ve yaptırılmıştır.

3.2.6.2. Rezerv Durumu

Üretilebilir rezervin hesaplanmasında görünür rezervden hareket edilmiş olup açık ocak çalışmalarında işletme zayiatı % 10 olarak alınmıştır. Bu görünür rezervden düşüldükten sonra işletilebilir rezerv değerleri bulunmuştur. Kömür damarı ortalama kalınlığı, Gümüşpınar bölümünde 7.05 m, Sağırlar bölümünde 3.81 m ve Çivili bölümünde 3.36 m ‘ dir. Rezerv değerleri ise Gümüşpınar Sektöründe 25.500.000 ton, Sağırlar Bölgesinde 6.000.000 ton, Çivili Bölgesinde ise 9.800.000 ton olmak üzere havzada 41.300.000 ton üretilebilir rezerv vardır. Havzada Gümüşpınar bölgesinde açık ocak madenciliği ile 2.500.000 ton’luk kömür rezervi üretilmiştir. Sağırlarda ise 1.700.000 tonluk kısım açık ocak ile üretilmiş, geriye kalan 4.300.000 tonluk rezerv, yeraltı madenciliği ile üretilmek amacıyla planlama çalışmaları devam etmektedir. Benzer şekilde Çivili yöresinde 1.900.000 ton’luk kısım açık ocak madenciliği ile geriye kalan 7.900.000 ton ise yeraltı madenciliği ile işletilmesi için planlama çalışmaları yapılmaktadır.

3.2.6.3. Havza kömürünün nitelikleri

Yapılmış olan sondajlarda kesilen linyit damarlarından, damarı karakterize edecek şekilde sistemli numuneler alınarak orijinal kömürde ve havada kuru kömürde ısı değeri, su, kül, uçucu madde, sabit karbon ve toplam kükürt değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Havza kömürünün genel niteliği (www.bli.gov.tr, 2013).

Gümüşpınar Bölümü	Orijinal Kömür	Havadaki Kuru Kömürde
Su (%)	32.28	8.35
Kül (%)	10.27	24.72
Uçucu Madde (%)	25.54	33.33
Sabit Karbon (%)	23.54	29.48
Toplam Kükürt (%)	1.57	2.12
Alt Isı Değeri (%)	2.666	3.691

3.2.7. Madencilik çalışmaları

Yapılan jeolojik etütler ve sondajların neticesine göre sektörler incelenmiş ve bu incelemeler sonucunda Gümüşpınar da 13.31 ton/m^3 oranında 25.500.000 ton işletilebilir kömürün, Sağırlar da 16.55 ton/m^3 oranında 1.700.000 ton işletilebilir kömürün, Çivili de 16.8 ton/m^3 1.900.000 ton oranında işletilebilir kömürün açık ocak olarak çalıştırılması öngörülmüştür. Bunun haricinde Sağırlar ve Çivili sektöründe yeraltı olarak tespit edilen sahalarda toplam 12.200.000 ton rezerv tespit edilmiştir. Planlama çalışmaları devam edilmektedir.

Bölgede yapılacak açık işletmede uygulanacak dekapaj yönteminin seçimi, örtü tabakasının kalınlığı, cinsi, fiziksel özelliği, kömür damarı kalınlığı, meyili, arazinin topografyası ve toprak döküm sahası olanaklarına bağımlı olarak saptanmıştır.

Ekskavatör-kamyon kazı yöntemi, sistemler içinde en büyük esnekliğe sahip bir metottur. Dekapaj malzemesi, ekskavatör ile kazılıp döküm sahasına taşınmaktadır. Ancak bu sistemde, çalışma şartlarının ağırlığı nedeniyle, ekipmanlarda oluşacak arıza sebeplerinin fazla olması, yedek parçalarının tamamına yakınının dışarıdan temin edilmesi ve dekapaj döküm naklinde kullanılan kamyonların lastik ve yakıt sarfiyatlarının çok fazla olmasından dolayı, sistemin maliyeti yüksek olmaktadır.

İşletmede, kömür üzerindeki 26 m yüksekliğindeki dekapaj dilimi dragline kepçesi ile alınarak kömürü alınmış komşu sahaya dökülmekte ve bir dilim kömür üstü açılmaktadır. Açılan kömür genellikle kömür tabanında çalıştırılan ekskavatör veya yükleyicilerle kazılarak kamyonlara yüklenmektedir. Yapılan etütler bu sistemin en ucuz yöntem olduğunu göstermektedir. Ekskavatör-kamyon metodunun maliyeti bu yönteme nazaran bir kat daha fazladır. Dragline metodunda akaryakıt sarfiyatının olmayışı, tamir, bakım ve yedek parça azlığı bu metoda ayrı bir avantaj sağlamaktadır. Sahada dragline-ekskavatör-kamyon yöntemi dekapaj çalışmalarında uygulanmaktadır. Orhaneli bölgesinde imkânların ve arazi şartlarının el verdiği oranda örtü tabakasının mümkün olan kısmını dragline ile bunun ötesindeki kısmı ekskavatör-kamyon metodu ile alınması çalışmaları hala yürütülmektedir. Kazı çalışmalarında delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Sahada gerçekleştirilen madencilik çalışmalarına ait bazı görüntüler Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ‘da sunulmuştur.



Şekil 3.4. Gümüşpınar açık ocağından genel bir görünüş.



Şekil 3.5. Ekskavatör – Kamyon yönteminin kullanımı



Şekil 3.6. Ocakta kullanılan dragline kazı makinesi

3.2.8. Sahada karşılaşılan şev kayması problemlerine ait tarihsel gelişim

Gümüşpınar sahasında madencilik faaliyetleri esnasında çeşitli şev kayma problemleri ortaya çıkmıştır. Ocağın güneybatı şevlerinde 1998 yılında önemli bir şev kayması olmuştur. 2004 yılında ise ocağın kuzeydoğu şevlerinde önemli bir duraysızlık görülmüştür (Karpuz ve ark., 2005)**.** Bu tarihte doğu şevinde yapılan hazırlık çalışmaları tamamlanmadan meydana gelen bu şev problemi nedeniyle bölgedeki çalışmalar durdurulmuştur. EÜAŞ Termik Santraline verilen kömür termin planına göre gerekli olan kömürün çıkarılması için ocağın güney bölgesinde dekapaj çalışmalarına başlanılmıştır. Ancak ocağın güney şevinde 2009 yılında yapılan dekapaj çalışmalarında yine bir şev kayması söz konusu olmuştur. Bu bölgede oluşan şev kayması kömürün üstündeki kil tabakasında oluşmuştur. Genel olarak kayan malzeme kil yüzeyinde blok olarak hareket etmiş olup kömür damarı örselenmemiştir. Ocakta kömür üretiminin yapılacağı doğu ve güney şevlerindeki problemler nedeniyle kömür üretimi sekteye uğramıştır. Bunun üzerine ocak yönetimi ocağın güney bölgesinde 2009' da oluşan şevlerde tekrar basamak oluşturma çalışmalarına başlamıştır. Bununla birlikte 2004 yılında şev kayma probleminin yaşandığı doğu şevinde, 2011 yılında hizmet alımı ile tekrar dekapaj çalışmalarına başlanmıştır. Ancak 2012 Nisan ayında bu şevde yeni bir

kayma söz konusu olmuştur. Bu son şev kayması 2004 yılında oluşan şev kayma alanının üzerindeki bölgede oluşmuştur. Ocakta yaşanan son şev kayması ile ilgili bazı fotoğraflar Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de sunulmuştur.



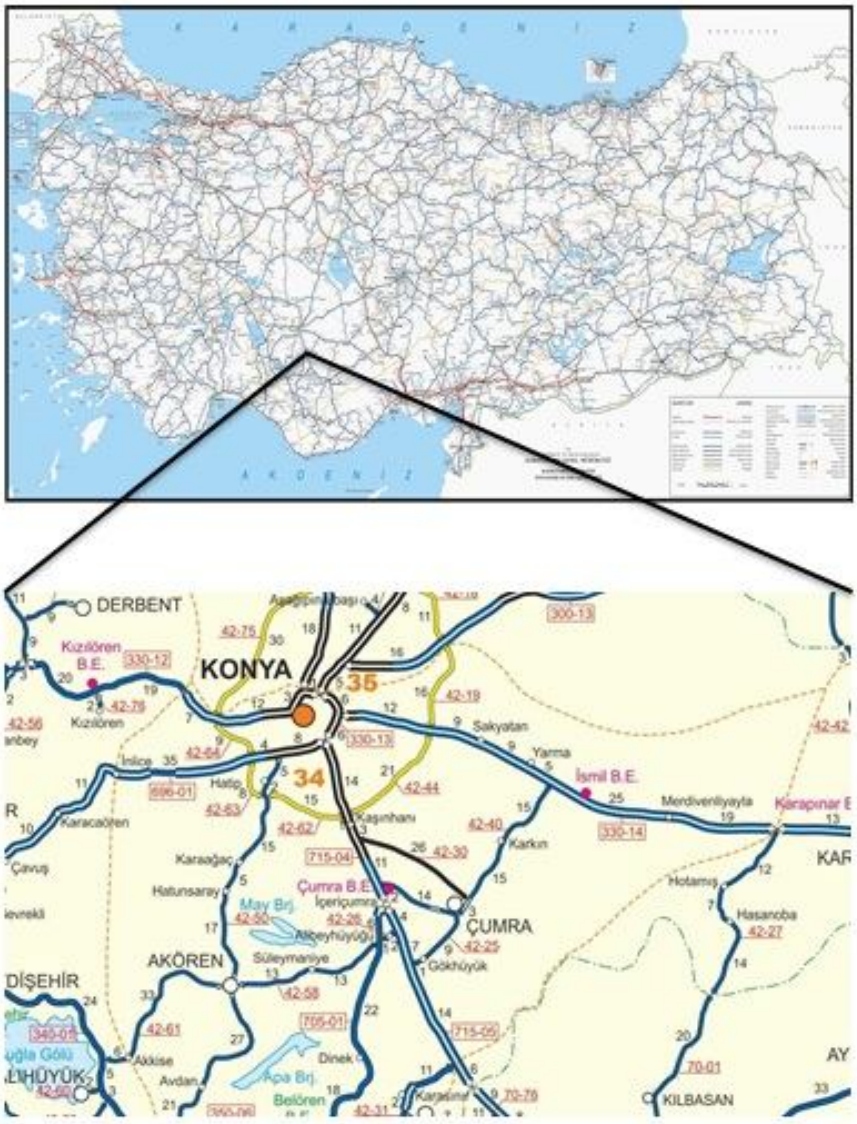
Şekil 3.7. 2012 Nisan ayında meydana gelen şev kayması (Gökay M.K. ve ark. , 2013)



Şekil 3.8. 2004 yılında ocakda meydana gelen şev kayması (www.bli.gov.tr, 2013)

3.3. Konya Çumra Kapalı Tarım Havzası Hakkında Genel Bilgiler

Çumra tarım alanı Konya kapalı havzasında önemli bir tarım işlevinin yapıldığı kışları sert, yazları kurak, ilkbahar aylarında yağış alan bir bölgedir. Çumra ilçesi, Konya iline yaklaşık 45 km mesafede olup, ilin güneyinde yer almaktadır. İlçe Konya-Adana karayolu üzerindedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çumra Tarım Havzası Yerbulduru Haritası

Konya kapalı havzasına diğer bölgelerden yeraltı ve yerüstü su akışı olmamaktadır. Havzaya düşen yüzey suları ve yeralt suları tekrar havzada kullanılmaktadır. Türkiye'nin önemli bir tarım üretim bölgesi olan havzada nüfus artışlarına bağlı olarak çok sayıda sulama amaçlı açılan kuyu bulunmaktadır.

Konya kapalı havzası yaklaşık 62000 km^2 ‘dir. Bu bölgenin Çumra ilçe sınırlarına düşen 27500 km^2’lik tarım alanı bu tez çalışmasında dikkate alınmıştır. Yüksek lisans tezinin bir bölümünü oluşturan bu çalışma sahası, TUBİTAK 101Y121 numaralı proje çalışmalarının bir kısmını içermektedir. 27500 km^2’lik çalışma bölgesinde tarım amaçlı kullanılan yeraltı su miktarının yaklaşık 1300000 m^3/yıl olduğu ifade edilmektedir. Bu yüksek miktardaki su kullanımı, yeraltı su seviyesinin düşmesine neden olurken aynı zamanda toprak zeminde oturmalara neden olmaktadır.

Tez çalışmasına konu olan çalışma sahası Şekil 3.9’da görülmektedir. Sahada genellikle pancar ekimi yapılmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Çumra tarım havzasından bir görüntü

3.4. TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli Gümüşpınar Kömür Sahasında Kaya Ortam için Yapılan Çalışmalar

Yüksek lisans tez çalışmasına konu olan saha çalışmaları, TKİ adına, dört üniversite tarafından yapılan proje çalışmalarının bir kısmını içermektedir.

Gümüşpınar kömür sektöründe mevcut ocağın doğu şevinde bulunan kömür damarının açılması 2011 ocak çalışma planına işlenmiştir. Doğu şevinde yapılan çalışmalar esnasında 2012-Nisan ayında bu şevin hemen üzerinden geçen Gümüşpınar-Sağırlar yolu heyelan içerisinde kalmıştır. Aynı zamanda şevin hemen üstünde

Gümüşpınar Köyü bulunmaktadır. Şekil 3.11'de bu problemli şeve ait bazı fotoğraflar sunulmuştur.



Şekil 3.11(a). Şevin ocak içine girilen ilk bölgesinden görünüm

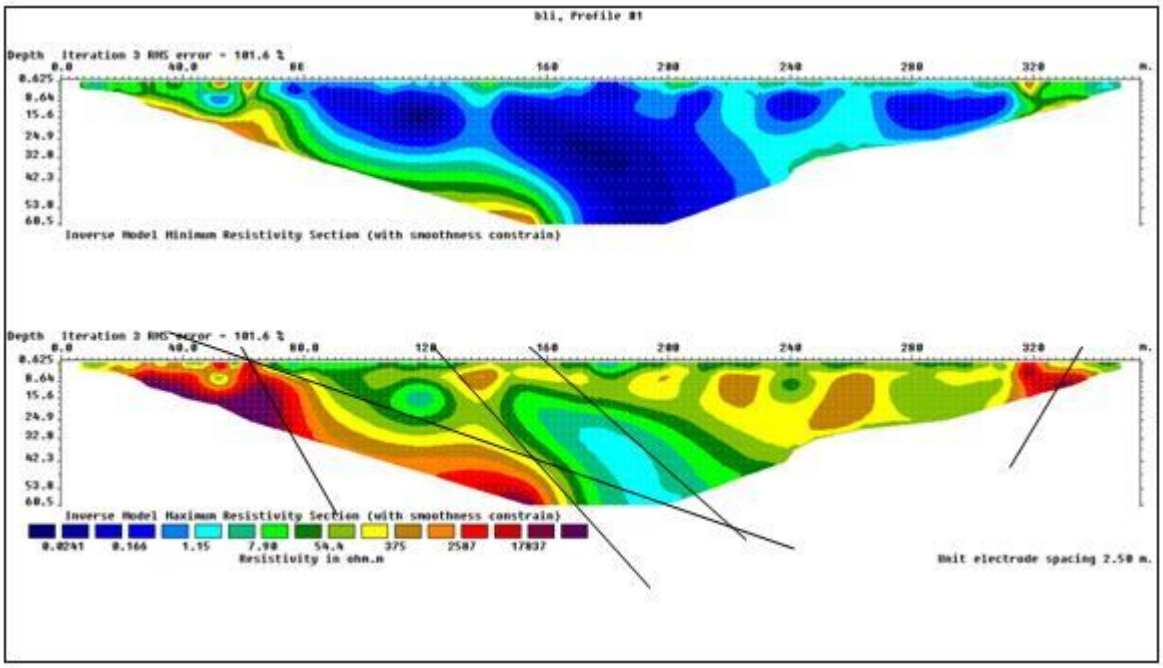


Şekil 3.11(b). Şevin ocak içine girilen son bölgesinden görünüm

Nisan 2012 tarihinde doğu şevinde karşılaşılan bu problemden sonra dekopaj çalışmalarına ara verilmiştir. Bölgede yolun kullanılamaz hale gelmesi ve Gümüşpınar Köyü'nün risk altına girmesi nedeniyle TKİ Genel Müdürlüğü, sahada duraylılık analizlerinin yapılması amacıyla bir proje çalışması başlatmıştır. Bu çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi'nden oluşan toplam 16 araştırmacıdan oluşan bir çalışma grubu görev almıştır. Selçuk Üniversitesi çalışma grubunun üstlendiği görev doğu şevinde deformasyon ölçüm sistemlerinin kurulması, izlenmesi ve değerlendirilmesi olmuştur. Bu tez çalışması bu arazi ölçüm sonuçlarının matematiksel açıdan değerlendirilmesi ile ilgilidir.

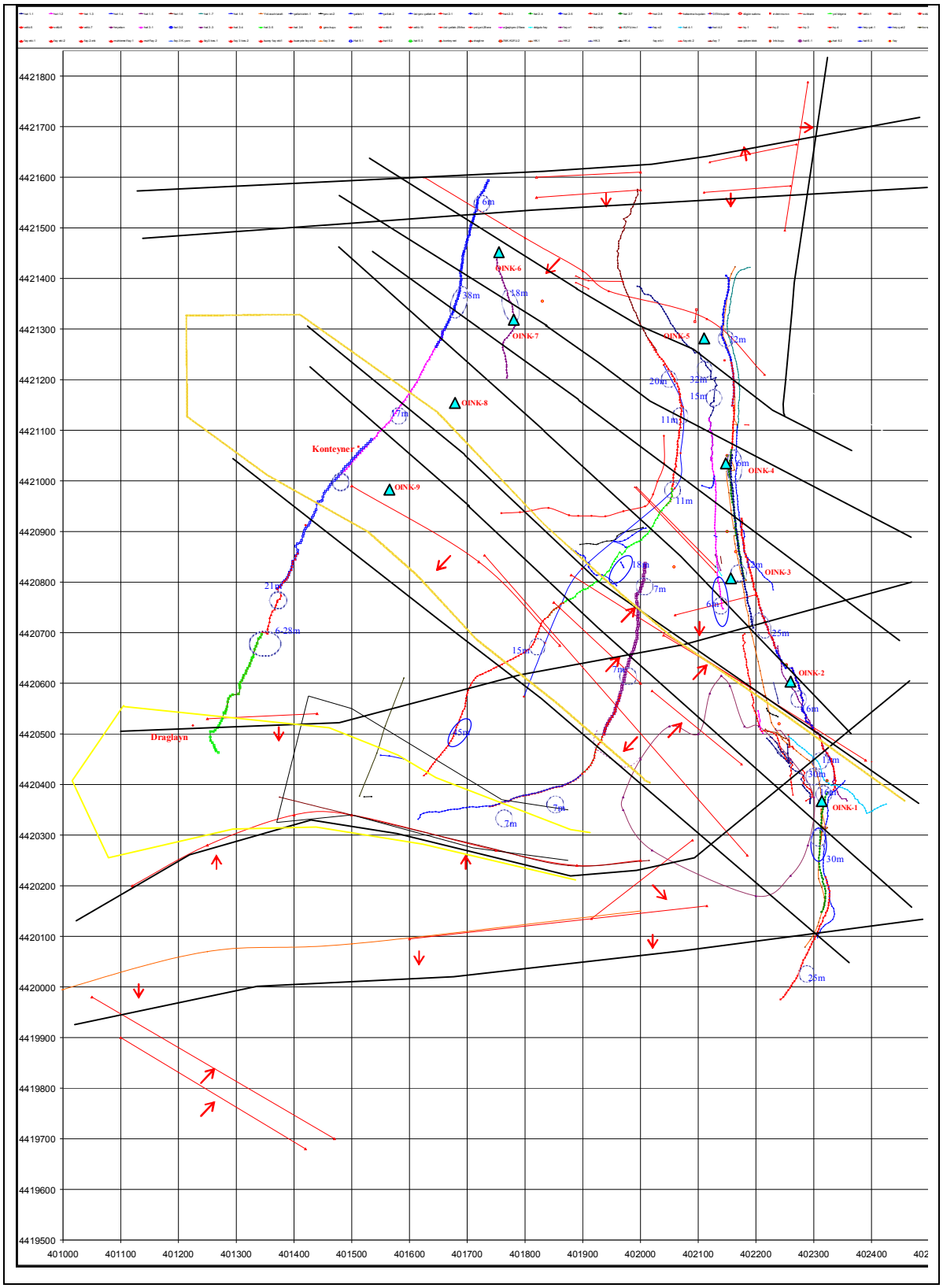
3.4.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti

Sahada deformasyon ölçümlerinin izlenmesi amacıyla inklinometre ölçüm kuyularının açılması planlanmıştır. Ancak sahada kuyuların açılacağı yerlerin en ideal şekilde belirlenebilmesi için yerdirenci ölçümlerinin öncelikle yapılması hedeflenmiştir. Bu ilk amacın gerçekleştirilebilmesi için şevin üst bölgesinde konumlanan Gümüşpınar-Sağırlar yoluna (+550) paralel 400 m uzunluğunda 8 adet yer direnci ölçüm hattı oluşturulmuştur. +468 kotunda 6 hat, +460 kotunda 2 hat, +436 kotunda 2 hat, +410 kotunda (dragline yolu) 4 hat olmak üzere toplam 22 yerdirenci hattında ölçümler alınmıştır. Yerdirenci ölçümlerinin RES2DINV yazılımı yardımıyla değerlendirmeleri yapılmıştır (Gökay ve ark., 2013). Yazılım yardımıyla iki boyutlu yerdirenci kesitleri alınabilmektedir. Yerdirenci kesitlerinde farklı kaya tabakaları farklı elektriksel direnç değerleri ile ifade edilmektedir. Bu kesitlerde tabakalanma yapıları, yeraltı su geçiş yolları, mevcut fayların konumları görülmektedir. Tipik olarak verilen Şekil 3.12'de kaya birimlerinin tabakalanma şekilleri, yeraltı su geçiş yolu ve fayın yatım yönü görülmektedir. Fayın belirlenen yatım yönüne dik olan eksende fayın doğrultusu tespit edilebilmektedir.



Şekil 3.12. Tipik bir yerdirenci ölçüm sonucu (Gökay ve ark.,2013)

Yukarıda tipik olarak verilen iki boyutlu yerdirenci kesitlerinde belirlenen fayların yatım ve doğrultuları sahaya ait plan görünüşte her bir yerdirenci ölçüm hattında konumlandırılmıştır. Şekil 3.13 de yerdirenci hatları ve bu hatlar üzerinde belirlenen fayların yatım ve doğrultuları görülmektedir. Ayrıca yeraltı su geçiş yolları işlenmiştir. Sahanın +550, +468, +460, +438 ve +410 kotlarında yapılan yerdirenci ölçüm değerlendirmelerinin işlendiği Şekil 3.13'deki plan üzerinde ikinci değerlendirme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada sahanın içinde oluşturulan 5 farklı kottaki fayların yatım ve doğrultuları dikkate alınarak aynı eksen üzerinde olanlar birleştirilmiştir. Böylece sahada etkin olan fay düzlemleri belirlenmiştir. Şekil 3.13'de görüldüğü gibi faylar ile bölünen 5 farklı bölgenin olduğu anlaşılmıştır. Yerdirenci ile belirlenen fay hatlarının daha önce meydana gelen şev kaymaları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Aslında her bir fay düzlemi arasının olası kayma bölgesi olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.13. Yerdirenci sonuçlarından belirlenen kritik fay hatları ve inklinometre kuyu yerleri (Gökay ve ark,2013)

3.4.2. Sondaj kuyularının açılması ve inklinometre ölçüm sisteminin kurulması

Şekil 3.13'de görülen riskli kritik bölgeler belirlendikten sonra bu kritik alanlar içerisine inklinometre kuyularının açılmasına karar verilmiştir. Kuyu yerleri üçgen sembol ile Şekil 3.13'de görülmektedir. Sahada 9 adet sondaj kuyusunun açılmasına karar verilmiştir. Kritik bölgelerin içerisinde kalan kuyuların bir tanesi üst şevde iken diğerinin ocak tabanında olmasına dikkat edilmiştir. Böylece her iki kuyu bir ölçüm çifti olmuştur. Bu karotlu sondajlara ait tipik bir örnek, OINK-1 kuyusu için Şekil 3.14'de verilirken, kuyulara ait genel bilgiler ise Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Sahada tesis edilen kuyulara ait genel bilgiler

Kuyu No	Sondaj Derinliği	Ölçüm Kuyu Derinliği	Kurulduğu Tarih ve Ölçüm Sayısı	x, y, z Koord.
	(m)	(m)		
OINK-1 (heyelan üstü)	25	28	27.12.2012 13	4420398 402330 +572
OINK-2 (ocak sınırı)	40	17.5	27.12.2012 15	4420637 402250 +537
OINK-3 (ocak sınırı)	50	46.5	29.01.2013 14	4420820 402172 +530
OINK-4 (ocak sınırı)	50	47	29.01.2013 13	4421047 402149 +504
OINK-5 (ocak sınırı)	50	43.5	15.01.2013 13	4421309 402089 +507
OINK-6 (ocak içi)	35	33.5	24.01.2013 6	4421480 401760 +445
OINK-7 (ocak içi)	82	58.5	03.04.2013 6	4421279 401711 +427
OINK-8 (ocak içi)	79.80	63	21.02.2013 11	4421177 401674 +423
OINK-9 (ocak içi)	70	29	21.02.2013 10	4421004 401579 +422



Şekil 3.14. OINK-1 Kuyusuna ait karot fotoğrafları

Çizelge 3.2'de belirtilen ölçüm kuyuları karotlu sondaj çalışmaları ile açılmıştır. Sondaj kuyu çapları NX veya HQ olarak açılmış ancak daha sonra inklinometre sistemi

için kuyu çapları 120 mm olacak şekilde tekrar taranmıştır. Ölçüm kuyusu olarak kullanılacak bu sondajlardan alınan karotlar üzerinde kaya kütle sınıflama (RMR, Q ve M-RMR) çalışmalarının yapılması planlanmıştır. Bu amaç için karotlar sandıklar içerisinde muhafaza edilerek Selçuk Üniversitesi'ne nakil edilmiştir. Kuyuların açılmasından hemen sonra kuyu içerisine inklinometre ölçüm aparatlarının yerleştirilmesi işlemine geçilmiştir. Bu işlem için yapılan çalışmalar adım adım aşağıda sıralanmıştır.

1. Her bir kuyunun belirlenen sondaj derinliğine sondaj matkap ve tijleri ile ulaşıldıktan sonra bu tijler, kuyu içerisindeki göçüklere neden olmamak için bir süre çekilmemiştir.
2. Kuyu dip kısmına gelecek alt kapak inklinometre boru tabanına yerleştirilmiştir.
3. Üç metre uzunluğundaki inklinometre boruları bağlantı manşonlarına perçin yardımıyla bağlanmıştır. Her bir bağlantı koli bandı ile iyice suya karşı izole edilmiştir.
4. Birbirlerine bağlanan inklinometre boruları üzerine manyetik halkalar yerleştirilmiştir.
5. Kuyu dışında hazırlanan bu sistem yaklaşık 60 dk içerisinde hazırlanmıştır.
6. Kuyu başında inklinometre boru sistemi hazırlandıktan sonra kuyu içerisindeki sondaj tijleri hızla çekilmiş ve inklinometre boruları seri bir şekilde kuyu içerisine indirilmiştir.
7. Kuyu tabanına kadar indirilen inklinometre boruları ile kuyu cidarı arasında kalan boşluk, bentonit, su, çimento ve çok küçük boyutlu ince agrega karışımı ile hazırlanan şlamla doldurulmuştur.
8. Dolgu malzemesi donduktan sonra (yaklaşık 24 saat) kuyu başındaki dışarıda kalan inklinometre borusu kesilerek üst kapak monte edilmiştir.
9. Ölçüm sisteminin dış etkilerden korunması amacıyla koruyucu metal bir kapak ile sistem koruma altına alınmıştır.

3.4.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları

Yukarıdaki bölümde anlatılan adımlar Şekil 3.15'de sunulmuştur. Bu kurulum çalışması 9 adet kuyuda (OINK-1, OINK-2, OINK-3, OINK-4, OINK-5, OINK-6, OINK-7, OINK-8 ve OINK-9) tek tek gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ölçüm çalışmalarına geçilmiştir. 13 Şubat 2013 ile 28 Mayıs 2013 tarihleri arasında yaklaşık

105 gün boyunca ortalama her 8-10 günde bir kuyularda inklinometre ölçümü gerçekleştirilmiştir. Tüm kuyular için toplamda 101 kez ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.15. İnklinometre ölçüm sisteminin Gümüşpınar kömür sektöründe kurulma çalışmaları

Sahada kurulan ölçüm kuyularına ait genel bilgi Çizelge 3.3'de sunulmuştur. Bu çizelgede belirtilen her bir ölçüm kuyusu içerisinde 0,5 m'de bir inklinometrik ölçüm alınmıştır. Bir başka ifade ile ölçüm kuyusunun her 0,5 m'sinde alt istasyon tesis edilmiştir. Çizelge 3.4'de görüldüğü gibi tipik olarak verilen OINK-1 kuyusu içerisinde aslında 56 alt istasyon noktası mevcuttur. Diğer kuyulardaki alt istasyonlar OINK-1 kuyusu gibi isimlendirilmiştir. Sonuç olarak tüm kuyulardaki alt istasyon adetleri Çizelge 3.3 'de verilmiştir. Sahada oluşturulan toplam 9 adet kuyuda toplam 733 adet alt istasyon tesis edilmiştir.

Çizelge 3.3. Ölçüm Kuyularına Ait Genel Bilgiler

Ölçüm Kuyusu	Kuyu Derinliği (m)	Kuyu İçerisindeki Ölçüm Aralığı (m)	Kuyu İçerisindeki Alt İstasyon Adetleri
OINK-1	28	0,5	56
OINK-2	17,5	0,5	35
OINK-3	46,5	0,5	93
OINK-4	47	0,5	94
OINK-5	43,5	0,5	87
OINK-6	33,5	0,5	67
OINK-7	58,5	0,5	117
OINK-8	63	0,5	126
OINK-9	29	0,5	58
		TOPLAM	733

Her bir ölçüm kuyusunda yapılan ölçümlerin tarihleri, Çizelge 3.6'da sunulmuştur. Ölçüm kuyularının kurulum tarihleri farklı olup, kuyular tesis edildikçe ölçüm programına alınmıştır. 15 Nisan 2012 tarihinde ocakta madencilik çalışmaları yeniden başlamıştır. Sahada yapılan delme-patlatma-kazı-dekapaj çalışmaları nedeniyle OINK-6, OINK-7 ve OINK-8 ölçüm kuyuları Mayıs 2012 içerisinde yok olmuştur. Diğer ölçüm kuyularından ise aktif olarak ölçüm alınmaya devam edilmektedir.

Çizelge 3.5'de, sahada kurulan ölçüm kuyuları, her bir ölçüm kuyusundaki alt istasyon adetleri, kuyularda gerçekleştirilen ölçüm sayıları ve her bir kuyudan alınan toplam veri sayıları görülmektedir. 105 günlük izleme periyodu içerisinde sahada kurulan 9 adet ölçüm kuyusundan toplam 7978 adet veri toplanmıştır.

Çizelge 3.4. Tipik Olarak OINK-1 Kuyusuna Ait Alt İstasyon Bilgileri

Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt İstasyon Adı	Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt istasyon Adı
1	0,5	OINK1-0,5	29	14,5	OINK1-14,5
2	1,0	OINK1-1,0	30	15,0	OINK1-15,0
3	1,5	OINK1-1,5	31	15,5	OINK1-15,5
4	2,0	OINK1-2,0	32	16,0	OINK1-16,0
5	2,5	OINK1-2,5	33	16,5	OINK1-16,5
6	3,0	OINK1-3,0	34	17,0	OINK1-17,0
7	3,5	OINK1-3,5	35	17,5	OINK1-17,5
8	4,0	OINK1-4,0	36	18,0	OINK1-18,0
9	4,5	OINK1-4,5	37	18,5	OINK1-18,5
10	5,0	OINK1-5,0	38	19,0	OINK1-19,0
11	5,5	OINK1-5,5	39	19,5	OINK1-19,5
12	6,0	OINK1-6,0	40	20,0	OINK1-20,0
13	6,5	OINK1-6,5	41	20,5	OINK1-20,5
14	7,0	OINK1-7,0	42	21,0	OINK1-21,0
15	7,5	OINK1-7,5	43	21,5	OINK1-21,5
16	8,0	OINK1-8,0	44	22,0	OINK1-22,0
17	8,5	OINK1-8,5	45	22,5	OINK1-22,5
18	9,0	OINK1-9,0	46	23,0	OINK1-23,0
19	9,5	OINK1-9,5	47	23,5	OINK1-23,5
20	10,0	OINK1-10,0	48	24,0	OINK1-24,0
21	10,5	OINK1-10,5	49	24,5	OINK1-24,5
22	11,0	OINK1-11,0	50	25,0	OINK1-25,0
23	11,5	OINK1-11,5	51	25,5	OINK1-25,5
24	12,0	OINK1-12,0	52	26,0	OINK1-26,0
25	12,5	OINK1-12,5	53	26,5	OINK1-26,5
26	13,0	OINK1-13,0	54	27,0	OINK1-27,0
27	13,5	OINK1-13,5	55	27,5	OINK1-27,5
28	14,0	OINK1-14,0	56	28,0	OINK1-28,0

Çizelge 3.5. İnklinometre veri tabanını oluşturan ölçü adetleri

Ölçüm Kuyusu	Alt İstasyon Adedi	Ölçüm sayısı	Alt İstasyonlar Bazında Toplam Ölçüm Adedi
OINK-1	56	13	728
OINK-2	35	15	525
OINK-3	93	14	1302
OINK-4	94	13	1222
OINK-5	87	13	1131
OINK-6	67	6	402
OINK-7	117	6	702
OINK-8	126	11	1386
OINK-9	58	10	580
TOPLAM	733	101	7978

Çizelge 3.6. İnklinometre Ölçüm Tarihleri

Ölçüm Kuyusu	Ölçüm Tarihi		
OINK-1	13.02.2013(ref.) 13.02.2013 15.02.2013 21.02.2013 09.03.2013	22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013 02.05.2013	10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013 28.05.2013
OINK-2	21.01.2013(ref.) 22.01.2013 13.02.2013 15.02.2013 21.02.2013	09.03.2013 14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013 28.05.2013
OINK-3	12.02.2013(ref.) 12.02.2013 12.02.2013 15.02.2013 21.02.2013	08.03.2013 14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013
OINK-4	12.02.2013(ref.) 12.02.2013 15.02.2013 21.02.2013 08.03.2013	14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013
OINK-5	13.02.2013(ref.) 13.02.2013 15.02.2013 21.02.2013 09.03.2013	14.03.2013 22.03.2013 28.03.2013 26.04.2013	02.05.2013 10.05.2013 16.05.2013 22.05.2013
OINK-6	13.02.2013(ref.) 13.03.2013 15.02.2013	21.02.2013 09.03.2013	14.03.2013 Kazı nedeniyle kuyu yıkıldı.
OINK-7	27.04.2013(ref.) 27.04.2013	03.05.2013 10.05.2013 17.05.2013	22.05.2013 Kazı nedeniyle kuyu yıkıldı.
OINK-8	10.03.2013(ref.) 10.03.2013 14.03.2013 21.03.2013	28.03.2013 27.04.2013 03.05.2013 10.05.2013	17.05.2013 22.05.2013 28.05.2013 Kazı nedeniyle kuyu yıkıldı.
OINK-9	09.03.2013(ref.) 09.03.2013 14.03.2013 21.03.2013	26.04.2013 03.05.2013 10.05.2013	17.05.2013 22.05.2013 28.05.2013

İnklinometre ölçümlerinde izlenen yol adım adım aşağıda sunulmuştur.

1. İnklinometre kuyusunun muhafaza kapağı açılmıştır.
2. İnklinometre kuyusunun üst kapağı açılmıştır.
3. İnklinometre ölçüm kuyusunda bir problemin olup olmadığını anlamak amacıyla klavuz inklinometre probu, bir halat yardımıyla kuyu içerisine indirilmiştir. Bu işlem için referans ray (A+ ve A-) kullanılmıştır.
4. Kuyuda problem olmadığı anlaşılınca gerçek inklinometre probu (algılayıcı) ölçüm kablosuna bağlanmıştır. Daha sonra prob dikkatli bir şekilde kuyu

içerisine indirilmiştir. Bu işlem için referans raylar (A+.A-) kullanılmıştır. Ayrıca probun en üst tekerinin A + rayında olmasına dikkat edilmiştir.

5. İnklinometre probu kuyu dibine ulaşınca yaklaşık 8-10 dk, probun ortam sıcaklığına ulaşması için beklenmiştir.
6. İnklinometre probunun bağlı olduğu ölçüm kablousunun bulunduğu makara sistemi veri toplama ünitesine bağlanmıştır.
7. Ölçüme hazır hale getirilen sistem, probun kuyu dibinden her 0.5 m çekilmesi ile ölçümler veri toplama ünitesine kayıt edilmiştir.
8. İnklinometre probu en üst nokta olan 0.5 m'ye ulaşınca, burada alınan ölçümden sonra veri toplama ünitesi probun yön değiştirilmesi için uyarıda bulunmuştur.
9. İnklinometre probu kuyu dışına çıkarıldıktan sonra, tekrar referans rayları A- ve A+ olacak şekilde (prob 180° çevirilerek) kuyu içerisine indirilmiştir. Bu durumda probun en üst tekeri A- rayına konumlanmıştır. Daha sonra yukarıda belirtilen işlemler tekrarlanmıştır.
10. İnklinometre probu kuyu başına gelince, veri toplama ünitesi, ölçüm verilerini kayıt ederek ölçümü tamamlanmıştır.
11. Ölçüm sistemi toparlanarak, diğer kuyular için ölçüm işlemlerine geçilmiştir.

Her bir ölçüm, her bir kuyu için yaklaşık 60 dk sürmektedir. Dokuz kuyuya ait ölçümler genel olarak iki günde tamamlanmıştır. Yukarıda verilen ölçüm sistematiğini gösteren fotoğraflar, Şekil 3.16 'da sunulmuştur.





Şekil 3.16. İnklinometre ölçümlerine ait bazı görüntüler

3.4.4. İnklinometre ölçüm sonuçları

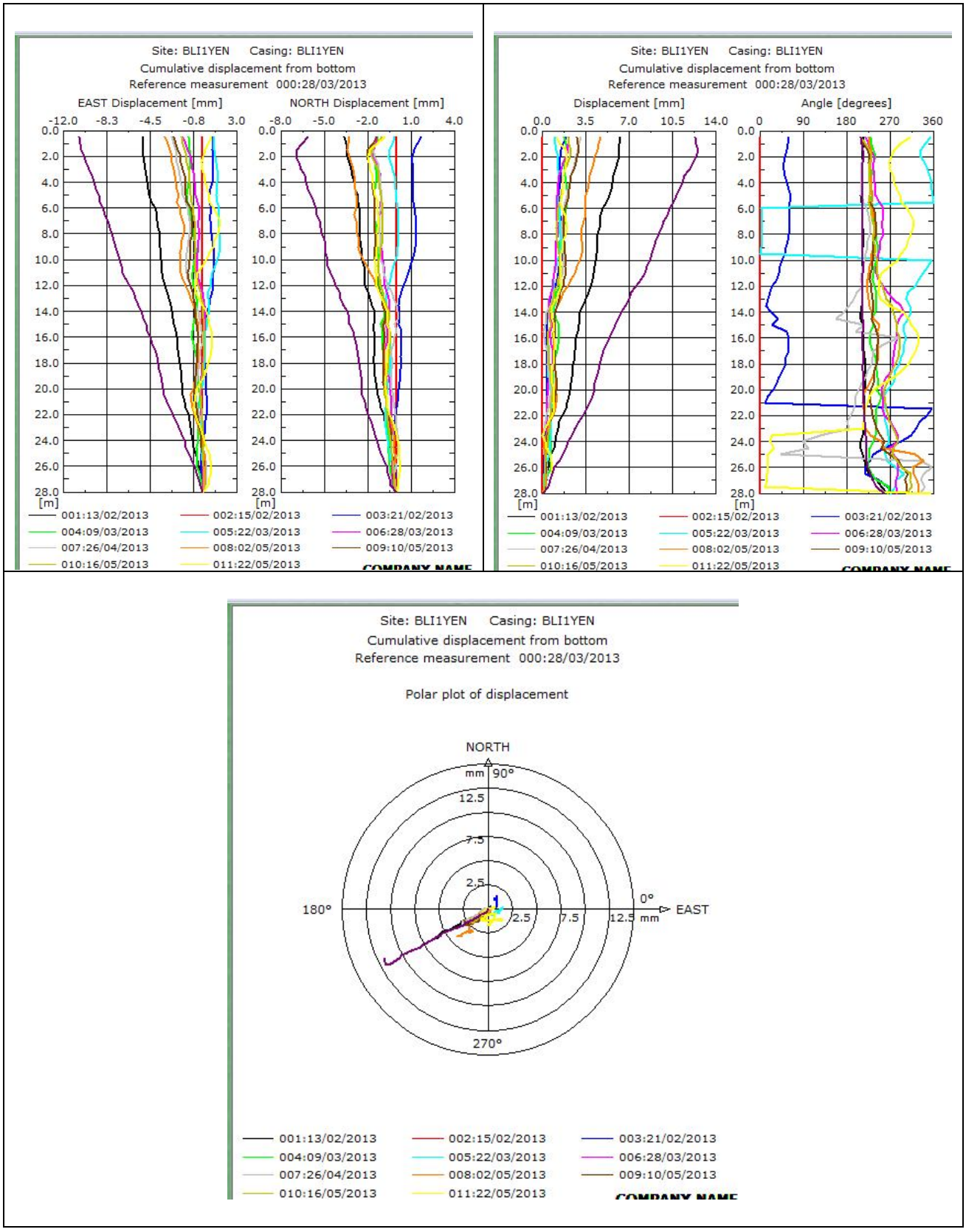
Orhaneli-Gümüşpınar kömür ocağında kurulan, dokuz inklinometre ölçüm kuyusundan alınan veriler, Smart programı aracılığı ile veri toplama ünitesinden bilgisayar ortamına aktarılmıştır**.** Daha sonra ikinci bir yazılım olan, INCLI-2 programı yardımı ile veriler grafiksel formda hazırlanmıştır. Değerlendirme çalışmalarında genel

olarak, Cumulative Displacement (CD-toplam deformasyon) ve Incremental Displacement (ID-fark deformasyon) olarak isimlendirilen grafikler kullanılmaktadır. Bu çalışma sonucunda üretilen bu iki tip grafik türü, INCLI-2 yazılımı ile elde edilmiştir. OINK-1 kuyusuna ait sonuçlar tipik bir örnek olarak Şekil 3.17 ve Şekil 3.18 'de verilmiştir. Diğer kuyulara ait grafikler topluca EK-1'de sunulmuştur.

Cumulative Displacement(CD), referans ölçümden (ilk ölçüm) son ölçüme kadarki kuyu ekseni arasındaki konumsal sapmaları vermektedir. Bir başka ifade ile kuyu ekseni boyunca, kuyu profilini vermektedir. Bu grafikler, hep referans ölçüme göre, ölçüm tarihindeki deformasyonu vermektedir. Bir sonraki ölçüm tarihinde yine referans ölçümü ile arasındaki mesafeyi vermektedir. Hareket eden noktanın her zaman son konumunu vermektedir.

Şekil 3.17 'de beş farklı sunum verilmiştir. Cumulative East Displacement (CED), kuyu düşey eksenindeki, doğu-batı yönündeki sapmaları vermektedir. Pozitif (+) değerler, doğu yönünü, negatif (-) değerler batı yönündeki deformasyonları tanımlamaktadır. Aynı şekilde Cumulative North Displacement (CND) grafiğinde pozitif (+) değerler, kuzey istikametindeki, negatif (-) değerler ise güney istikametindeki deformasyonları vermektedir. Bu iki grafikte kuyu ekseninin hangi yönde deformasyona uğradığı belirlenebilmektedir. Şekil 3.17 'de görülen Cumulative Displacement grafiğinde ise kuyu ekseninin bileşke yönde ne kadar deformasyona uğradığı görülmektedir. Bu tür grafiklerde kuyu ekseninin hangi yönde deformasyona uğradığı değil, kuyunun ölçüm tarihinde ne kadar deformasyona uğradığı belirlenebilmektedir. Hangi yönde deformasyon olduğu Cumulative East ve North Displacement (CED ve CND) grafiklerinden tespit edilebilmektedir.

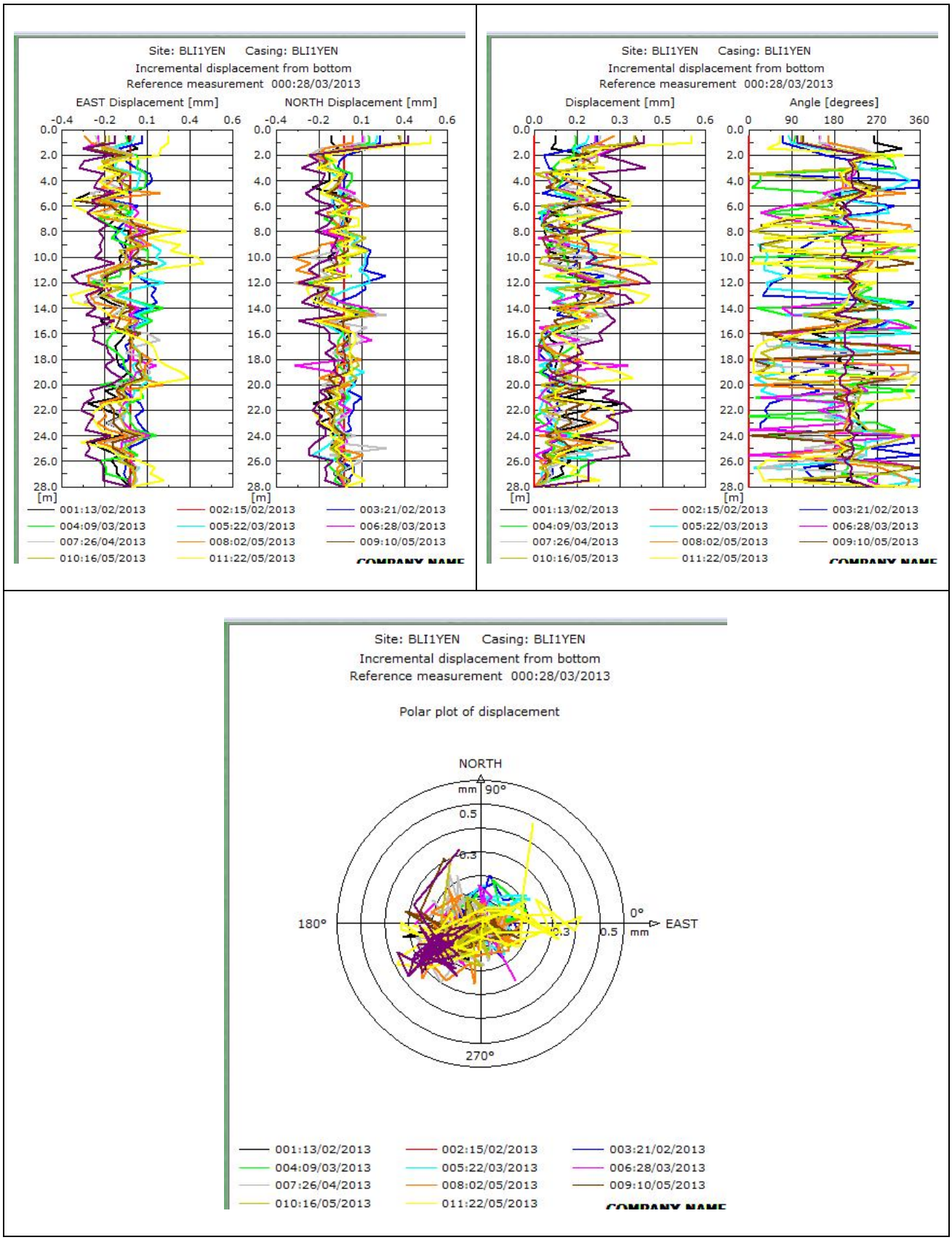
Üzerinde A+ ve A- olarak isimlendirilen referans raylardan A+ rayının, kuzeyden yaptığı açı, ölçümlerin değerlendirilmesinde önemlidir. İnklinometre borusunun kuyu içerisine indirilmesi işleminde borunun kendi ekseni etrafında dönmesi söz konusu olmaktadır. Bu durumda kuyu ağzındaki A+ referans rayının kuzeyden yaptığı açı, borunun yerleştirme esnasında dönmesinden dolayı kuyu içerisindeki herhangi bir derinlikte A+ rayının o noktadaki kuzeyden yapmış olduğu açı aynı olmayacaktır. Kuyu içerisinde aynı zamandaki deformasyona bağlı açısal değişimler Şekil 3.17 'de görülmektedir. Aynı şeklin altında verilen beşinci grafiksel sunumda ise, ölçüm kuyusunun plan görünüşü içerisinde, kuyu profilinin hangi yönde hareket ettiği görülmektedir. Cumulative East ve North Displacement (CED ve CND) grafiklerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.17. OINK-1 kuyusuna ait Cumulative Displacement grafikleri

Şekil 3.18 ‘de yine beş ayrı grafiksel sunum yapılmıştır. Bu grafikler Incremental Displacement (ID) olarak tanımlanmaktadır. Bu tür grafiklerin hazırlanmasında INCLI-2 yazılımının izlediği yol şu şekildedir. Örneğin; kuyunun 5-5,5 ve 6. metresinde mevcut olan alt istasyon noktalarını ele alalım. Bu alt istasyonlarda ölçülen Cumulative Displacement (CD) değerleri birbirlerinden çıkarılmaktadır. Bir başka ifade ile 6. metre istasyonundaki değer 5.5. metredeki değerden çıkarılarak bulunan değer 5.5. metreye işlenmektedir. Böylece fark deformasyon değerleri hesaplanarak, grafiksel formata getirilmektedir. Bu tür grafikler ile çok rahat kuyu eksenindeki yatay deformasyonların yerleri belirlenebilmektedir.

Şekil 3.18 ‘deki grafiklerin genel anlatım şekilleri, Şekil 3.17 ‘ye benzemektedir. İncremental East Displacement (IED) grafiklerinde (+) değer doğu, (-) değer batı yönünü ifade etmektedir. İncremental North Displacement (IND) grafiklerinde (+) değer kuzey, (-) değer güney yönünü belirtmektedir. Total İncremental Displacement grafiklerinde doğu-batı ve kuzey-güney yönlerdeki deformasyonların farksal değerlerinin bileşkeleri sunulmaktadır. Aynı şekilde boru eksenindeki dönmeye bağlı açısal fark değerleri ve kuyu plan görünüşündeki farksal deformasyon değerleri diğer iki grafikten görülebilmektedir.



Şekil 3.18. OINK-1 kuyusuna ait Incremental Displacement grafikleri

3.5. Konya Çumra Tarım Havzasında Toprak Ortam için Yapılan Çalışmalar

3.5.1. Sondaj kuyu yerlerinin tespiti ve sondaj çalışmaları

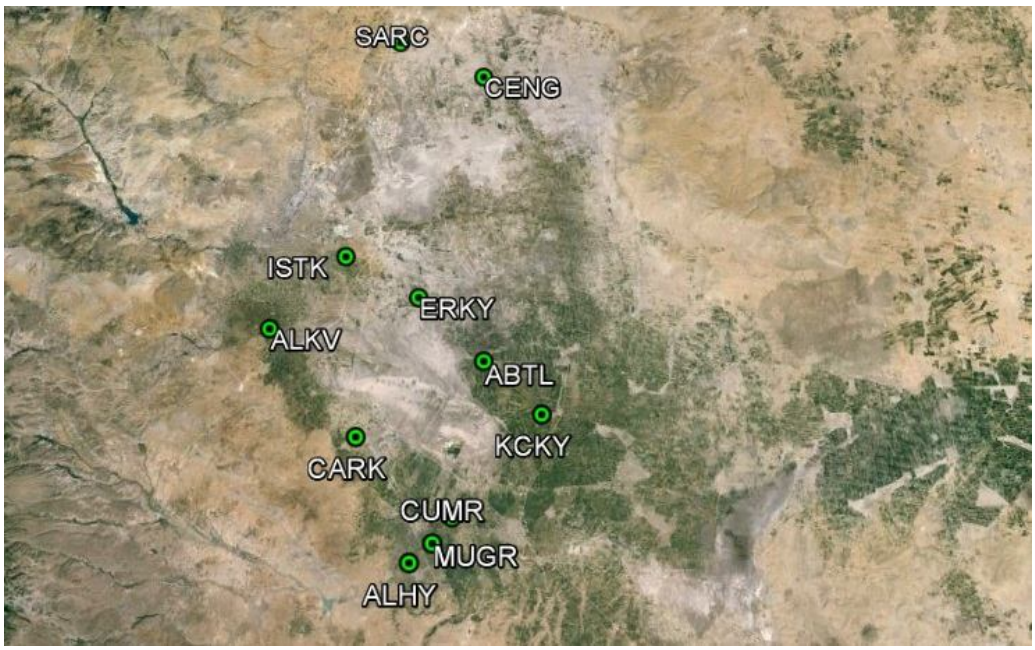
Konya-Çumra tarım havzasındaki yeraltı su kullanımına bağlı olarak toprak ortamda oluşan deformasyonların belirlenmesi amacıyla 106M121 no'lu TUBİTAK projesi (Üstün ve ark., 2013) çerçevesinde sahada inklinometre ölçüm kuyularının açılması planlanmıştır. Yaklaşık 27.500.000 km^2'lik bir alana sahip tarım bölgesinde havzanın en çok su çekilen bölgelerine tekabül eden noktalara 25 adet GPS ölçüm istasyonu kurulmuştur.

Bu istasyonlara ait ölçümler, Selçuk Üniversitesi-Harita Mühendisliği Bölümü araştırmacıları tarafından yürütülmektedir. Bundan dolayı bu ölçümlere bu tezde yer verilmemiştir. 25 adet GPS ölçüm istasyonu içerisinde en kritik olacağı varsayılan 11 noktada inklinometre ölçüm kuyuları açılmıştır. GPS ölçüm noktaları, sadece topografya yüzeyindeki x,y,z yönlerindeki deformasyonları izlerken inklinometre ölçüm kuyularından kuyu içerisindeki her bir 0,5 m derinlikteki deformasyonlarda izlenebilmektedir.

Çalışma sahasında açılan ölçüm kuyularına ait genel bilgiler (Çizelge 3.7) ve sondaj yerlerini gösteren plan görünüş Şekil 3.19 'da sunulmuştur. Sondaj çalışmalarında karot alınamadığı için, sondajlar kırıntılı ilerleme şeklinde yapılmıştır. Ancak her 3m'lik bölgeden örnekler alınmıştır. Örnekler genel olarak killi, şistli, çakıltaşlı birimlerden oluşmaktadır (Çizelge 3.8). Bu toprak ortam için kırıntı örneklerine ait fotoğraflar çekilerek kayıt altına alınmıştır. Örnek olarak Abditolu kuyusu için hazırlanan birimlere ait katalog fotoğraflar Şekil 3.20 'de sunulmuştur. Sondajlar için hazırlanan istifleme logları ise Şekil 3.21 'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Çumra tarım havzasında kurulan kuyu bilgileri

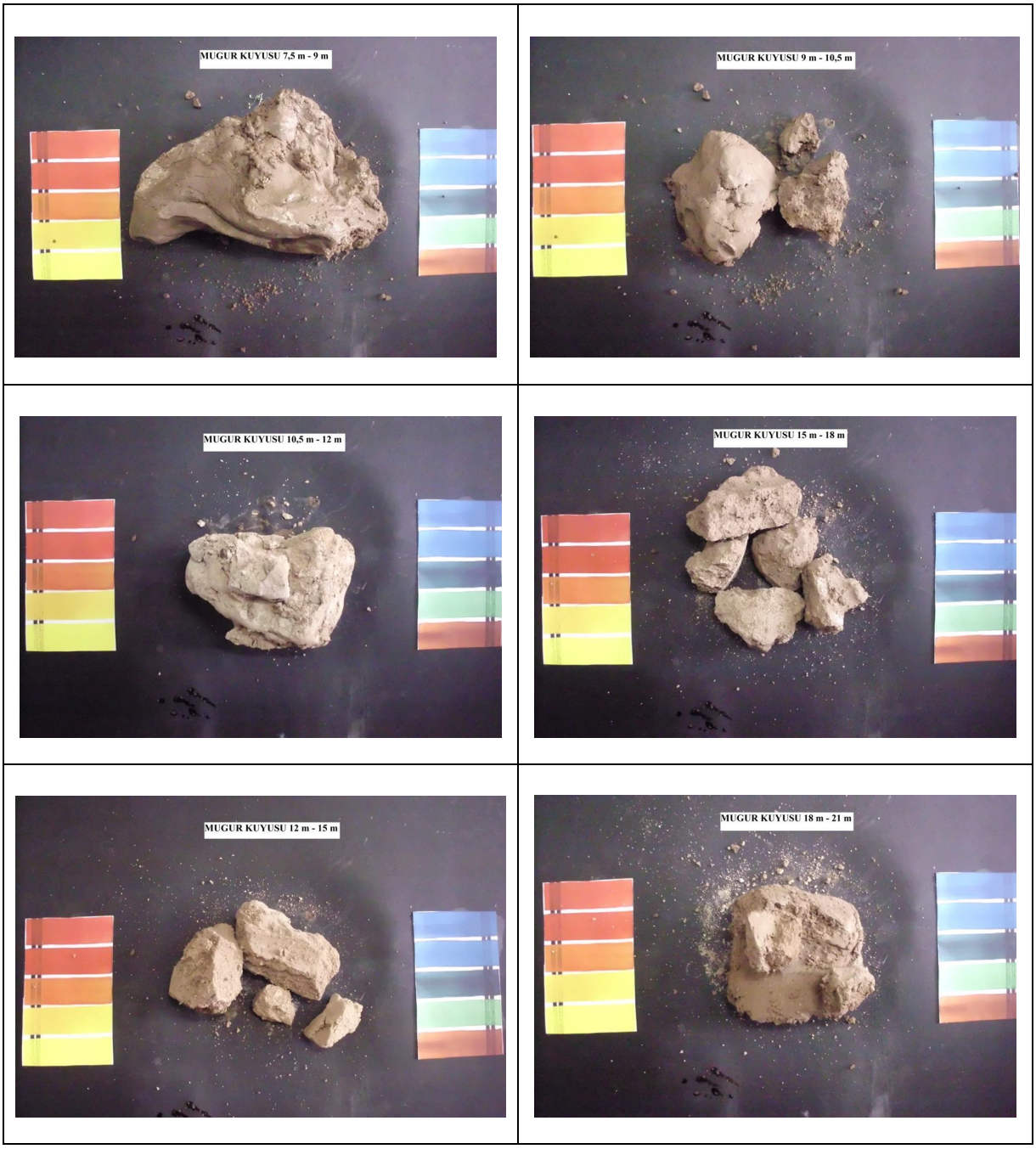
Ölçüm Kuyusu	Kuyu İsimleri	Kuyu Derinliği (m)
Alakova	ALKV	21.0
Çarıklar (DSİ-114)	CARK	17.5
Alibeyhüyüğü	ALHY	25.0
Mugur	MUGR	22.5
Çumra	CUMR	20.0
Küçükköy	KCKY	19.5
Abditolu	ABTL	16.5
Erler Köyü	ERKY	18.5
İstiklal (Bahri dağdaş)	ISTK	23.5
Sarıcalar	SARC	22.5
Çengilti	CENG	22.5



Şekil 3.19. Çumra tarım havzasında açılan sondaj lokasyonları

Çizelge 3.8. Sondaj karotlarından alınan örneklere ait genel zemin tanımlamaları

Sondaj kuyu ismi	Sondaj uzunluğu (m)	Kuyu boyunca geçilen zemin malzeme özelliği		
		Çakıl (%)	Kum (%)	İnce kil-silt (%)
Alakova	21.0	Kil-Silt-Kum-Çakıl		
DSİ-114	17.5	Kil-Silt-Kum-Çakıl		
Alibeyhüyüğü	25.0	0.0	5.28	94.72
Muğur	22.5	1.88	65.50	32.62
Çumra	20.0	9.86	37.15	52.99
Küçükköy	19.5	0.0	54.83	45.17
Abditolu	16.5	0.0	0.98	99.02
Erler	18.5	0.0	4.72	95.28
İstiklal	23.5	0.0	3.33	96.67
Sarıcalar	22.5	0.0	1.58	98.42
Çengelti	22.5	0.0	0.21	99.79



Şekil 3.20. Mugur sondaj kuyusuna ait birimlerin kataloglanması

Alakova

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Bitkisel toprak	
1,5	3	Kil kum çakıl	
3	4,5	Kil kum çakıl	
4,5	6	Kil kum çakıl	
6	7,5	Kil kum çakıl	
7,5	9	Kil kum çakıl	
9	10,5	Kil kum çakıl	
10,5	12	Kil kum çakıl	
12	13,5	Kil kum çakıl	
13,5	15	Kil kum çakıl	
15	16,5	Kil kum çakıl	
16,5	18	Kil kum çakıl	
18	19,5	Kil kum çakıl	
19,5	21	Kil kum çakıl	
21	22,5	Kum çakıl	

Alibeyhüyüğü

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Killi kum	
1,5	3	Killi kum	
3	4,5	Killi kum	
4,5	6	Killi kum	
6	7,5	Killi kum	
7,5	9	Killi kum	
9	10,5	Kil	
10,5	12	Kil	
12	13,5	Kil	
13,5	15	Kil	
15	16,5	Kil	
16,5	18	Kil	
18	19,5	Az çakıllı killi kum	
19,5	21	Az çakıllı killi kum	
21	22,5	Kil	
22,5	24	Az çakıllı killi kum	
24	25,5	Az çakıllı killi kum	

Çengilti

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Kil	
1,5	3	Kil	
3	4,5	Kil	
4,5	6	Kil	
6	7,5	Kil	
7,5	9	Kil	
9	10,5	Kil	
10,5	12	Kil	
12	13,5	Kil	
13,5	15	Kil	
15	16,5	Kil	
16,5	18	Kil	
18	19,5	Kil	
19,5	21	Kil	
21	22,5	Kil	
22,5	24	Kil	
24	25,5	Kil	

ErlerKöyü

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Bitkisel toprak	
1,5	3	Kireçtaşı	
3	4,5	Kireçtaşı	
4,5	6	Kireçtaşı	
6	7,5	Kireçtaşı	
7,5	9	Kireçtaşı	
9	10,5	Kireçtaşı	
10,5	12	Kireçtaşı	
12	13,5	Kireçtaşı	
13,5	15	Kireçtaşı	
15	16,5	Kireçtaşı	
16,5	18	Kireçtaşı	
18	19,5	Kireçtaşı	
19,5	21	Kireçtaşı	
21	22,5	Kireçtaşı	
22,5	24	Kireçtaşı	
24	25,5	Kireçtaşı	

Mugur

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Kil	
1,5	3	Kil	
3	4,5	Kil	
4,5	6	Kil	
6	7,5	Kil	
7,5	9	Marn	
9	10,5	Marn	
10,5	12	Çakıl	
12	13,5	Çakıl	
13,5	15	Çakıl	
15	16,5	Killi çakıl	
16,5	18	Killi çakıl	
18	19,5	Killi çakıl	
19,5	21	Killi çakıl	
21	22,5	Killi çakıl	
22,5	23	Killi kum	

Sarıcalar

Başlangıç (m)	Bitiş (m)	Birim	Log
0	1,5	Bitkisel toprk	
1,5	3	Kil	
3	4,5	Kil	
4,5	6	Kil	
6	7,5	Kil	
7,5	9	Kil	
9	10,5	Kil	
10,5	12	Kil	
12	13,5	Kil	
13,5	15	Kil	
15	16,5	Kil	
16,5	18	Kil	
18	19,5	Kil	
19,5	21	Kil	
21	22,5	Kil	
22,5	24	Kil	
24	25,5	Kil	

Şekil 3.21. Sahada açılan bazı sondaj kuyularına ait birim istifleme logları

3.5.2. İnklinometre ölçüm kuyularının kurulma çalışmaları

Sahada açılan 11 adet sondaj noktasında, Orhaneli sahasında yapılan inklinometre kurma çalışmalarına benzer şekilde inklinometre boru sistemi hazırlanmadan, sondaj kuyularından sondaj tijleri çekilmemiştir. İnklinometre boru sistemi hazırlandıktan sonra kuyudan tijler çekilmiş ve hemen ölçüm boru sistemi kuyuya indirilmiştir. Kuyu cidarı ile inklinometre boruları arasında kalan boşluk, bentonit, su, çimento ve çok küçük ince agrega karışımı ile hazırlanan dolgu malzemesi ile doldurulmuştur. Kurulum çalışmalarına ait bir fotoğraf Şekil 3.22 'de sunulmuştur.



Şekil 3.22. Sahada inklinometre kuyularının kurulma çalışmaları

3.5.3. İnklinometre ölçüm çalışmaları

Sahada açılan 11 adet sondaj kuyusuna tesis edilen ölçüm sisteminden 22/07/2011 ile 09/04/2013 tarihleri arasında toplam 617 gün boyunca 6 kez ölçüm yapılmıştır. İnklinometre kuyularında ölçümler her 0.5m 'de bir gerçekleştirilmiştir. Ölçüm kuyularına ait genel bilgiler Çizelge 3.9 'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. İnklinometre ölçüm kuyularına ait genel bilgiler

Ölçüm Kuyusu	Kuyu Derinliği (m)	Kuyu İçerisindeki Ölçüm Aralığı (m)	Kuyu İçerisindeki Alt İstasyon Adetleri
Alakova	21.0	0,5	42
Çarıklar	17.5	0,5	35
Alibeyhüyüğü	25.0	0,5	50
Mugur	22.5	0,5	45
Çumra	20.0	0,5	40
Küçükköy	19.5	0,5	39
Abditolu	16.5	0,5	33
Erler Köyü	18.5	0,5	37
İstiklal	23.5	0,5	47
Sarıcalar	22.5	0,5	45
Çengilti	22.5	0,5	45
		TOPLAM	458

Çizelge 3.9 'da görüldüğü gibi, ölçüm kuyuları içerisindeki her bir 0,5 m 'deki ölçüm noktası alt istasyon olarak isimlendirilmiştir. Çizelge 3.10 'da örnek olarak Abditolu kuyusu için alt istasyon tanımlamaları verilmiştir. Her bir ölçüm kuyusunda yapılan ölçüm tarihleri ise Çizelge 3.11'de sunulmuştur.

Çizelge 3.10. Abditolu ölçüm kuyusunda oluşturulan alt istasyonlar

Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt İstasyon Adı	Sıra No	Ölçüm Derinliği (m)	Alt istasyon Adı
1	0,5	ABT-0,5	18	9,0	ABT-9,0
2	1,0	ABT-1,0	19	9,5	ABT-9,5
3	1,5	ABT-1,5	20	10,0	ABT-10,0
4	2,0	ABT-2,0	21	10,5	ABT-10,5
5	2,5	ABT-2,5	22	11,0	ABT-11,0
6	3,0	ABT -3,0	23	11,5	ABT -11,5
7	3,5	ABT -3,5	24	12,0	ABT -12,0
8	4,0	ABT -4,0	25	12,5	ABT -12,5
9	4,5	ABT -4,5	26	13,0	ABT -13,0
10	5,0	ABT -5,0	27	13,5	ABT -13,5
11	5,5	ABT -5,5	28	14,0	ABT -14,0
12	6,0	ABT -6,0	29	14,5	ABT -14,5
13	6,5	ABT -6,5	30	15,0	ABT -15,0
14	7,0	ABT -7,0	31	15,5	ABT -15,5
15	7,5	ABT -7,5	32	16,0	ABT -16,0
16	8,0	ABT -8,0	33	16,5	ABT -16,5
17	8,5	ABT -8,5	34		

Çizelge 3.11. İnklinometre ölçüm tarihleri

Ölçüm Kuyusu	Ölçüm Tarihi		Ölçüm Kuyusu	Ölçüm Tarihi
Abditolu	07.10.2011(ref) 07.10.2011 22.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013		Alakova	08.10.2011(ref) 08.10.2011 29.03.2012 04.07.2012 09.10.2012 09.04.2013
Alibeyhüyüğü	08.10.2011(ref) 08.10.2011 23.03.2012 04.07.2012 09.10.2012 09.04.2013		İstiklal (Bahridağdaş)	22.07.2011(ref) 22.07.2011 22.03.2012 05.07.2012 08.10.2012 09.04.2013
Erlerköyü	22.07.2011(ref) 22.07.2011 22.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013		Çarıklar (DSİ 114)	08.10.2011(ref) 08.10.2011 23.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013
Çengilti	05.07.2012(ref) 05.07.2012 05.07.2012 05.07.2012 09.10.2012 10.04.2013		Sarıcalar	04.07.2012(ref) 05.07.2012 05.07.2012 05.07.2012 09.10.2012 09.04.2013
Küçükköy	07.10.2011(ref) 07.10.2011 29.03.2012 03.07.2012 08.10.2012 09.04.2013		Mugur	07.10.2011(ref) 07.10.2011 23.03.2012 03.07.2012 08.10.2012
Çumra	14.03.2013(ref) 07.10.2011 07.10.2011 23.03.2012			

Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11 göz önüne alınırsa sahada 617 günlük ölçüm süresince alınan toplam veri adetleri topluca Çizelge 3.12'de sunulmuştur.

Çizelge 3.12. İnklinometre ölçüm veri tabanını oluşturan ölçüm adetleri

Ölçüm Kuyusu	Alt İstasyon Adedi	Ölçüm Sayısı	Alt İstasyonlar Bazında Toplam Ölçüm Adedi
Alakova	42	6	252
Çarıklar	35	6	210
Alibeyhüyüğü	50	6	300
Mugur	45	5	225
Çumra	40	4	160
Küçükköy	39	6	234
Abditolu	33	6	198
Erler	37	6	222
İstiklal	47	6	282
Sarıcalar	45	6	270
Çengilti	45	6	270
TOPLAM	458	63	2623

Yukarıda belirlenen 2623 adetten oluşan veri tabanına ait saha ölçümlerinde izlenen yol bölüm 3.4.2.'de anlatıldığı şekilde olmuştur. Sahada yapılan ölçümlere ait görünüm Şekil 3.23 'de verilmiştir.



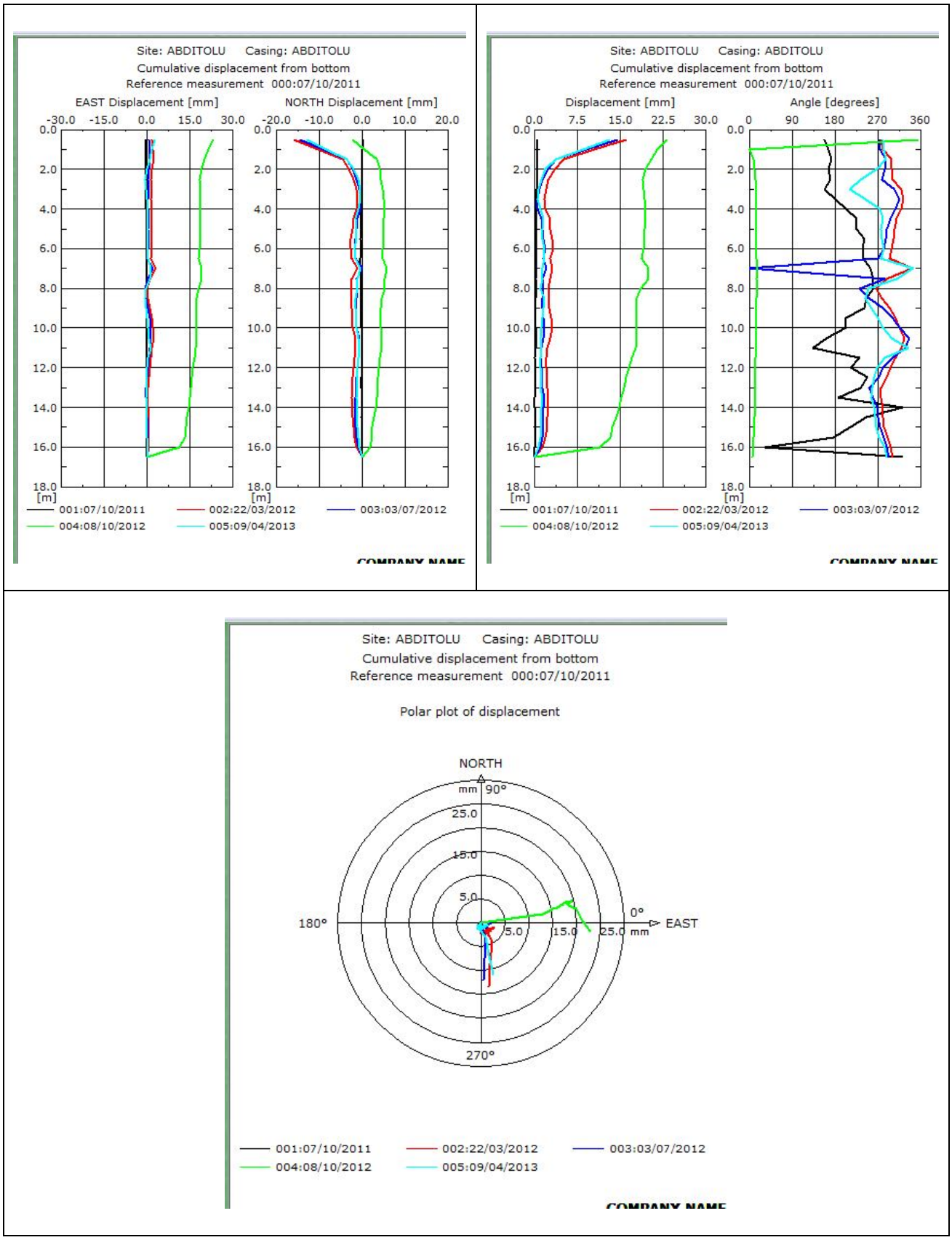
Şekil 3.23. İnklinometre ölçümlerini yansıtan bir görünüm

3.5.4. İnklinometre ölçüm sonuçları

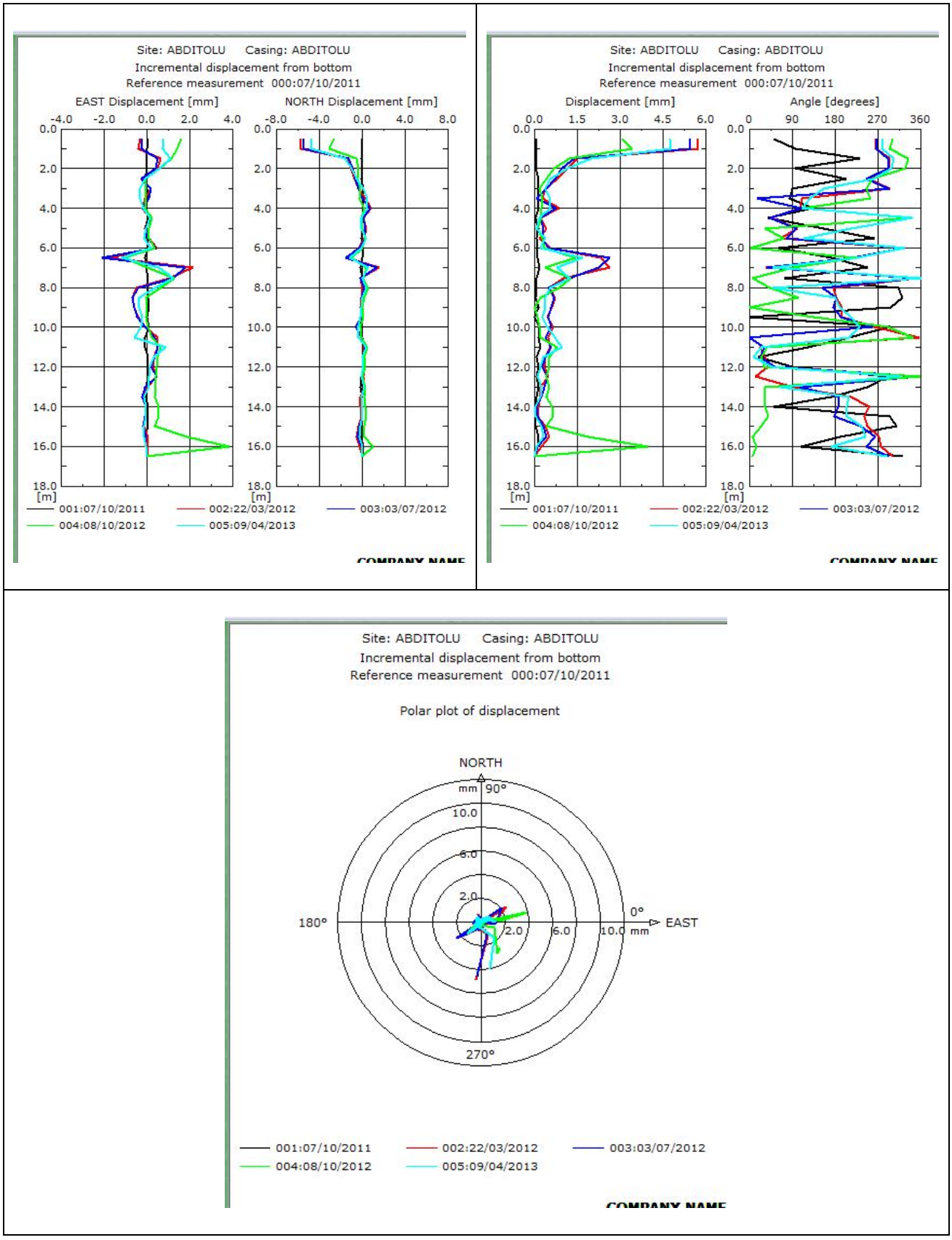
Konya Çumra tarım havzasında kurulan 11 inklinometre ölçüm kuyusundan alınan ölçümler öncelikle veri toplama ünitesine kayıt edilmiştir. Daha sonra smart programı ile veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar programına alınan veriler INCLI-2 yazılımı ile grafiksel formata aktarılmıştır. Aşağıda Çarıklar kuyusuna ait grafiksel sunumlar verilmiştir. Şekil 3.24 ve Şekil 3.25 'da Cumulative Displacement (CD) ve Incremental Displacement (ID) grafikleri sunulmuştur. Diğer kuyulara ait grafiksel çıktılar EK-2 'de verilmiştir.

Şekil 3.24'de Cumulative East Displacement (CED) grafiklerinde (+) değer doğu, (-) değer batı yönündeki deformasyonları, Cumulative North Displacement (CND) grafiklerinde ise benzer olarak (+) değer kuzey, (-) değer güney yöndeki deformasyonları vermektedir. Toplam deformasyon (Cumulative Displacement) grafikleri ise kuzey-güney ve doğu-batı yönlerdeki deformasyonların bileşkelerini vermektedir. Plan görünüşler ise kuyu içerisindeki deformasyonların hangi yönlerde konumlandığını belirtmektedir.

Şekil 3.25'de Incremental East Displacement (IED) grafiklerinde (+) değer doğu yönündeki fark deformasyonları, (-) değer ise batı yönündeki fark deformasyonları göstermektedir. Aynı şekilde Incremental North Displacement (IND) grafiklerinde (+) değer kuzey, (-) değer ise güney oluşan fark deformasyonları belirtmektedir. Aynı şekilde sunulan Incremental Displacement (ID) grafikleri ICD ve IND grafiklerinde sunulan değerlerin bileşkesini vermektedir. Plan görünüş ise kuyu içerisindeki fark deformasyonlara ait grafiksel görünümü vermektedir.



Şekil 3.24. Abditolu kuyusuna ait Cumulative Displacement grafikleri



Şekil 3.25. Abditolu kuyusuna ait Incremental Displacement grafikleri

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel

Açık ocak madenlerinde ve doğal ortamlarda oluşan deformasyonların izlenmesinde, inklinometre ölçümleri vazgeçilmez bir yöntemdir. Ancak yöntemin uygulanması pahalı ve zordur. Ayrıca yapılacak ölçümlerin sıklığı da oldukça önemlidir. Bu tez çalışmasında, öncelikle Özkan ve arkadaşları (2010) tarafından geliştirilen matematiksel model, Orhaneli linyit ocağı ve Çumra tarım bölgesinde yapılan inklinometre ölçüm sonuçları ile denenmiş ve model üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan analizlerde Özkan ve arkadaşlarının (2010) önerdiği matematiksel modelin, bu tez çalışmasında dikkate alınan 9 adet Orhaneli bölgesindeki ölçüm kuyusunda ve 11 adet Çumra bölgesindeki ölçüm kuyusu verileri üzerinde yapılan istatistiksel analizlerde, istenen başarıyı veremediği tespit edilmiş ve model, kaya ve toprak ortamlar için yeniden düzenlenmiştir.

Bu bölümde, Özkan ve Özşen (2009) tarafından önerilen modele ait bilgiler verilmiş, daha sonra bu modelin yeniden düzenlenen son halinin geliştirilmesine ait çalışmalara değinilmiş ve model yardımıyla yapılan bir seri analiz sonucu verilmiştir.

4.2. Matematiksel Modele Ait Önceki Çalışmalar

Özkan ve Özşen (2009) tarafından gerçekleştirilen bir TUBİTAK proje çalışmasında, Konya Çimento kalker ocağı ve Konya Büyükşehir Belediyesi KOSKİ su deposunun bulunduğu doğal yamaçta tesis edilen toplam 3 adet inklinometre kuyusunda, arazi deformasyonları, inklinometre ölçümleri ile yaklaşık 2 yıl boyunca izlenmiştir. Sahada yapılan ölçüm verileri ile zaman ve yağışa bağlı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Özkan ve arkadaşları (2010) tarafından, bu matematiksel modeli konu alan uluslararası bir yayın yapılmıştır. Matematiksel model Eşitlik 4.1'deki gibi ifade edilmektedir.

$$U_m = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+(y/C)^D] \qquad (4.1)$$

Yukarıda verilen eşitlikte, Um modelden bulunan deformasyon, A,B,C,D istatistiksel sabit, t zaman (gün) ve y ortama düşen toplam yağış (mm) değeridir. Özkan ve Özşen (2009) tarafından önerilen eşitlik iki alt parçaya bölünebilir.

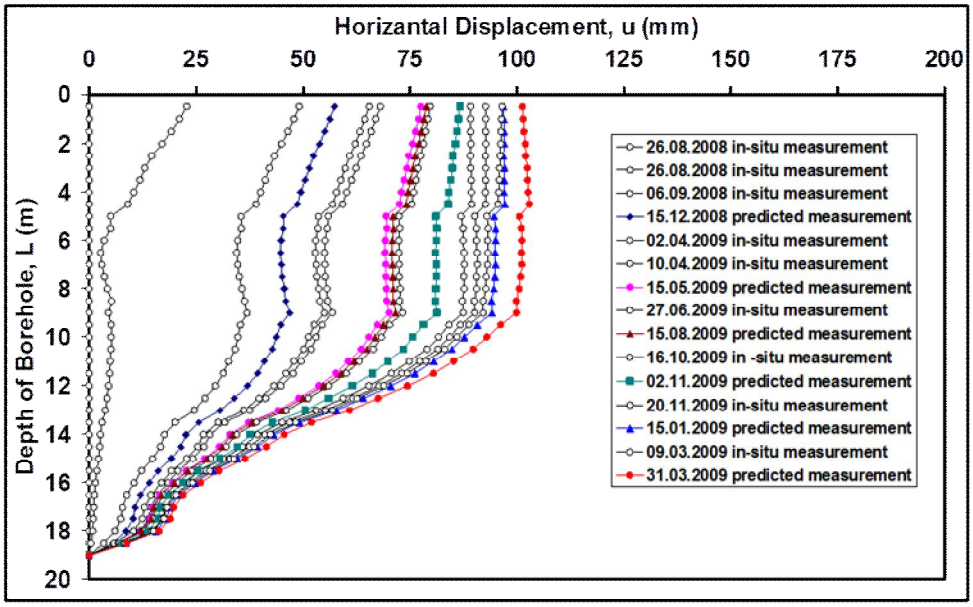
Bunlardan zamana bağlı ilk eşitlik;

$$U_{mt} = A\,[1-e^{(-t/B)}] \quad (4.2)$$

diğer eşitlik ise yağışa bağlıdır.

$$U_{my} = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[(y/C]^{D} \quad (4.3)$$

Özkan ve arkadaşları, 2010 yılında yapmış oldukları bir yayında zamana ve toplam yağışa bağlı bu eşitliği kullanarak Konya Çimento kalker ocağında yapılan ölçümleri değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, bu yayınlarında modeli kullanarak rastgele seçtikleri ölçüm tarihleri için inklinometre ölçüm verilerini belirlemişler ve grafik ortamına aktarmışlardır (Şekil 4.1). Aynı zamanda Şekil 4.1'de sunulan grafik üzerine, gerçek ölçüm verilerini de eklemişlerdir. Şekil 4.1' den görüldüğü gibi ölçüm yapılmayan, rastgele seçilen tarihlere ait modelden bulunan ölçümlerin eğrileri, gerçek ölçüm eğrilerinin arasında konumlanmıştır. Başka bir ifade ile, gerçekte yapılan inklinometre ölçüm tarihleri arasına düşen sanal ölçüm tarihlerine ait modelden bulunan veriler bu gerçek ölçüm eğrilerinin arasında konumlanmıştır.



Şekil 4.1. Gerçek ölçüm sonuçları ve tahmin edilen ölçüm sonuçları (Özkan ve ark, 2010)

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, yukarıda sınırlı sayıdaki inklinometre ölçüm kuyu verilerine bağlı olarak geliştirilen matematiksel modelin, Orhaneli'de tesis edilen 9 inklinometre kuyusuna ait verilerle öncelikle doğrulanması hedeflenmiştir.

Konya Çumra havzasında yapılan inklinometre ölçümleri ise toprak ortamda yapılan ölçümlere dayalıdır. Eşitlik 4.1'in toprak ortamdaki geçerliliğinin de bu tez çalışmasında öncelikle irdelenmesi planlanmıştır. Bu tez çalışmasında ön analiz olarak nitelendirilen ilk çalışmalar, Orhaneli sahasındaki OINK-1 kuyusu üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3. Matematiksel Analizler İçin Veri Tabanının Hazırlanması

Matematiksel analizlerde kullanmak amacıyla veri tabanı hazırlıklarına ait yapılan çalışmalar, tipik bir örnek olarak Orhaneli sahasında tesis edilen OINK-1 kuyusu üzerinde anlatılmıştır.

OINK-1 kuyusu 28 metre uzunluğunda olup, içerisinde 0,5m aralıklarla ölçümler alınmıştır. Aslında kuyu içerisinde 56 adet alt istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlar OINK-1/0,5 ve OINK-1/1,0 gibi tanımlanmıştır (Çizelge 3.4). Her ölçüm kuyusu gibi OINK-1 kuyusunda gerçekleştirilen ölçümlere ait INCLI-2 programından üç temel veri alınmıştır (Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3).

Mutlak deformasyon (absolute diplacement) için verilen Çizelge 4.1'de kullanılan sütun başlıkları, bu tezde Depth [m]: Derinlik (m), East Disp.[mm]: Doğu Deformasyon [mm] (AED), North Disp.[mm]: Kuzey Deformasyon [mm] (AND), Displacement [mm] : Deformasyon [mm] (AD), Azimuth[degr.] : Açısal konum [derece] (AA) olarak tanımlanmıştır. Çizelge 4.2'de belirtilen birikimli deformasyonlar (cumulative displacement) için belirtilen sütun başlıkları ise East Disp.[mm]: Doğu Deformasyon [mm] (CED),North Disp.[mm]: Kuzey Deformasyon [mm] (CND), Displacement [mm]: Deformasyon [mm] (CD), Azimuth[degr.] : Açısal konum [derece] (CA) olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde artış deformasyonlarının (incremental displacement) verildiği Çizelge 4.3'de görülen sütun başlıkları IED, IND, ID ve IA olacak şekilde tanımlanmıştır. Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de AED, AND, CED, CND, IED ve IND sütunlarındaki değerlerin (+) veya (-) olması, deformasyonların yönlerini ifade etmektedir. Pozitif (+) değer doğu ya da kuzeyi, negatif (-) değer ise batı ya da güneyi belirtmektedir.

Çizelge 4.1. OINK-1 kuyusuna ait mutlak (absolute) INCLI-2 çıktısı

Depth[m]	East Disp. [mm]	North Disp. [mm]	Displacem.[mm]	Azimuth[degr.]
0.5	343.55	-501.9	608.22	304.39
1	315.75	-490.09	583	302.79
1.5	287.96	-478.28	558.27	301.05
2	265.35	-472.75	542.13	299.31
2.5	258.1	-473.58	539.35	298.59
3	255.77	-470.31	535.36	298.54
3.5	257.09	-458.45	525.62	299.28
4	259	-441.33	511.71	300.41
4.5	259.36	-420.82	494.32	301.65
5	256.49	-398.97	474.3	302.74
5.5	267.95	-386.39	470.2	304.74
6	287.37	-376.67	473.77	307.34
6.5	310.73	-366.89	480.79	310.26
7	327.5	-358.82	485.81	312.39
7.5	333.07	-362.41	492.21	312.58
8	332.93	-373.5	500.35	311.71
8.5	329.51	-391.99	512.09	310.05
9	322.2	-408.16	520.01	308.29
9.5	307.49	-418.08	518.98	306.33
10	282.09	-420.48	506.34	303.86
10.5	248.05	-415.76	484.13	300.82
11	213.62	-406.35	459.08	297.73
11.5	187.08	-389.39	432	295.66
12	163.89	-369.99	404.66	293.89
12.5	143.41	-345.39	373.98	292.55
13	126.76	-313.87	338.5	291.99
13.5	117.6	-276.69	300.64	293.03
14	115.31	-240.3	266.53	295.63
14.5	119.82	-214	245.26	299.24
15	125.03	-198.12	234.28	302.26
15.5	131.94	-188.72	230.27	304.96
16	139.28	-181.49	228.77	307.5
16.5	143.94	-180.26	230.68	308.61
17	144.78	-183.81	233.98	308.23
17.5	138.78	-189.57	234.94	306.21
18	131.03	-197.28	236.83	303.59
18.5	123.21	-209.59	243.12	300.45
19	114.1	-225.25	252.5	296.86
19.5	99.37	-237.74	257.67	292.68
20	81.52	-242.8	256.12	288.56
20.5	68.09	-235.17	244.83	286.15
21	56.11	-220.12	227.16	284.3
21.5	43.12	-199.05	203.67	282.22
22	29.28	-173.76	176.21	279.56
22.5	16.28	-143.74	144.65	276.46
23	5.56	-110.56	110.7	272.88
23.5	0.53	-73.22	73.22	270.42
24	-0.19	-37.55	37.55	269.71
24.5	2.96	-6.94	7.54	293.1
25	8.84	17.02	19.17	62.56
25.5	15.38	33.75	37.09	65.5
26	20.28	43.08	47.62	64.79
26.5	19.28	40.17	44.56	64.37
27	15.57	34.36	37.73	65.62
27.5	11.42	27.2	29.5	67.22
28	0	0	0	0

Depth [m] : Derinlik (m), **East Disp.[mm]:** Doğu Deformasyon [mm] (AED),**North Disp.[mm]:** Kuzey Deformasyon [mm] (AND), **Displacement [mm] :**Deformasyon [mm] (AD), **Azimuth[degr.] :** Açısal konum [derece] (AA)

Çizelge 4.2. OINK-1 kuyusuna ait birikimli deformasyonlar (Cumulative Displacement) INCLİ-2 çıktısı

Depth [m]	East Disp.[mm]	North Disp.[mm]	Displacem.[mm]	Azimuth[degr.]
0.5	-10.65	-6.14	12.3	209.96
1	-10.56	-6.51	12.41	211.65
1.5	-10.47	-6.88	12.53	213.32
2	-10.2	-6.97	12.35	214.38
2.5	-10.08	-6.77	12.15	213.88
3	-9.81	-6.62	11.83	213.99
3.5	-9.51	-6.37	11.45	213.79
4	-9.36	-6.25	11.26	213.75
4.5	-9.17	-6.12	11.03	213.74
5	-8.96	-5.96	10.76	213.62
5.5	-8.86	-5.73	10.55	212.9
6	-8.64	-5.56	10.27	212.77
6.5	-8.44	-5.5	10.07	213.06
7	-8.19	-5.32	9.77	213.02
7.5	-7.99	-5.26	9.56	213.34
8	-7.86	-5.15	9.4	213.26
8.5	-7.67	-4.99	9.15	213.01
9	-7.52	-4.94	8.99	213.31
9.5	-7.34	-4.88	8.81	213.65
10	-7.17	-4.8	8.63	213.83
10.5	-6.96	-4.75	8.42	214.31
11	-6.86	-4.59	8.26	213.79
11.5	-6.62	-4.38	7.94	213.51
12	-6.27	-4.24	7.57	214.03
12.5	-5.97	-3.97	7.17	213.62
13	-5.8	-3.88	6.98	213.75
13.5	-5.55	-3.69	6.66	213.63
14	-5.31	-3.44	6.32	212.95
14.5	-5.11	-3.31	6.08	212.91
15	-4.85	-3.3	5.86	214.2
15.5	-4.75	-3.03	5.64	212.52
16	-4.53	-2.91	5.39	212.74
16.5	-4.32	-2.83	5.17	213.21
17	-4.1	-2.74	4.93	213.75
17.5	-3.96	-2.69	4.79	214.17
18	-3.83	-2.57	4.62	213.88
18.5	-3.74	-2.52	4.5	213.94
19	-3.58	-2.46	4.35	214.44
19.5	-3.47	-2.4	4.22	214.71
20	-3.42	-2.4	4.18	215
20.5	-3.3	-2.36	4.06	215.65
21	-3.06	-2.21	3.78	215.86
21.5	-2.85	-2.11	3.55	216.59
22	-2.58	-1.96	3.24	217.26
22.5	-2.29	-1.77	2.9	217.72
23	-2.07	-1.64	2.65	218.38
23.5	-1.84	-1.48	2.36	218.81
24	-1.57	-1.37	2.08	221.04
24.5	-1.45	-1.26	1.92	220.84
25	-1.2	-1.09	1.62	222.04
25.5	-0.97	-0.88	1.31	222.22
26	-0.71	-0.67	0.98	223.67
26.5	-0.53	-0.61	0.81	228.78
27	-0.38	-0.49	0.62	232.6
27.5	-0.22	-0.39	0.45	240.91
28	0	0	0	0

Depth [m] : Derinlik (m), **East Disp.[mm]:** Doğu Deformasyon [mm] (CED),**North Disp.[mm]:** Kuzey Deformasyon [mm] (CND), **Displacement [mm] :**Deformasyon [mm] (CD), **Azimuth[degr.] :** Açısal konum [derece] (CA)

Çizelge 4.3. OINK-1 kuyusuna ait artış deformasyonları (Incremental Displacement) INCLİ-2 çıktısı

Depth [m]	East Disp.[mm]	North Disp.[mm]	Displacem.[mm]	Azimuth[degr.]
0.5	-0.09	0.37	0.38	103.69
1	-0.09	0.37	0.38	103.69
1.5	-0.28	0.09	0.29	161.74
2	-0.11	-0.2	0.23	241.25
2.5	-0.27	-0.15	0.31	209.57
3	-0.3	-0.25	0.39	219.93
3.5	-0.15	-0.11	0.19	216.31
4	-0.19	-0.13	0.23	214.46
4.5	-0.21	-0.17	0.27	218.39
5	-0.1	-0.23	0.25	245.91
5.5	-0.22	-0.17	0.28	217.8
6	-0.19	-0.06	0.2	197.87
6.5	-0.25	-0.17	0.3	214.46
7	-0.2	-0.07	0.21	198.29
7.5	-0.13	-0.1	0.17	217.99
8	-0.18	-0.17	0.25	222.53
8.5	-0.16	-0.05	0.16	196.25
9	-0.18	-0.06	0.19	197.41
9.5	-0.17	-0.08	0.19	205
10	-0.21	-0.06	0.22	194.99
10.5	-0.09	-0.15	0.18	238.69
11	-0.25	-0.21	0.32	220.64
11.5	-0.35	-0.15	0.38	203.09
12	-0.3	-0.27	0.4	221.19
12.5	-0.16	-0.09	0.19	208.81
13	-0.26	-0.19	0.32	216.31
13.5	-0.24	-0.25	0.35	226.04
14	-0.2	-0.13	0.24	213.97
14.5	-0.26	-0.01	0.26	182.17
15	-0.1	-0.27	0.28	250
15.5	-0.22	-0.12	0.25	207.86
16	-0.21	-0.08	0.23	201.82
16.5	-0.22	-0.09	0.24	201.99
17	-0.14	-0.05	0.15	200.24
17.5	-0.13	-0.11	0.17	222.1
18	-0.1	-0.06	0.11	211.34
18.5	-0.15	-0.06	0.16	200.6
19	-0.11	-0.05	0.13	205
19.5	-0.05	-0.01	0.05	190.96
20	-0.12	-0.03	0.13	193.69
20.5	-0.23	-0.15	0.28	212.77
21	-0.22	-0.1	0.24	205
21.5	-0.27	-0.15	0.31	209.57
22	-0.28	-0.19	0.34	213.43
22.5	-0.22	-0.13	0.25	210.71
23	-0.24	-0.17	0.29	214.87
23.5	-0.27	-0.11	0.29	202.51
24	-0.11	-0.11	0.16	223.44
24.5	-0.25	-0.17	0.3	214.46
25	-0.23	-0.21	0.31	221.26
25.5	-0.26	-0.21	0.33	217.99
26	-0.18	-0.07	0.19	201.19
26.5	-0.15	-0.11	0.19	216.31
27	-0.16	-0.1	0.19	212.59
27.5	-0.15	-0.11	0.19	216.31
28	0	0	0	0

Depth [m] : Derinlik (m), **East Disp.[mm]:** Doğu Deformasyon [mm] (CED),**North Disp.[mm]:** Kuzey Deformasyon [mm] (IND), **Displacement [mm] :**Deformasyon [mm] (ID), **Azimuth[degr.] :** Açısal konum [derece] (IA)

Çizelge 4.1'de ifade edilen AED ve AND sütunlarına ait değerlerin kareleri toplamının karekökü, AD değerini vermektedir. Benzer durum Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 için de geçerlidir. Çizelge 4.2'deki CD sütununa ait verilerin hesaplanmasında CED ve CND değerleri kullanılmaktadır. Çizelge 4.3'de ise IED ve IND değerlerinin karelerinin toplamının karekökü, ID sütunu verilerini vermektedir. Aslında Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilen AD, CD ve ID sütun verileri, bileşke deformasyonu ifade etmektedir. Ayrıca Çizelge 4.3'deki IED ve IND sütun verilerinin aşağıdan yukarıya doğru toplamları Çizelge 4.2'deki CED ve CND sütun değerlerini vermektedir.

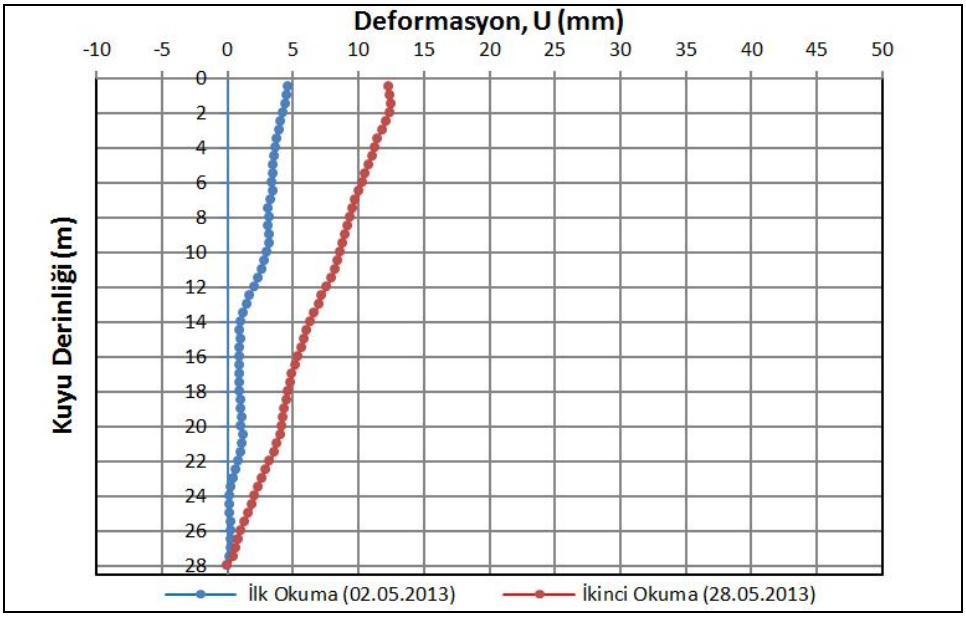
Çizelge 4.4a, 4.4b ve Şekil 4.2 OINK-1 kuyusu için örnek olarak hazırlanmıştır. Çizelge 4.4a'da OINK-1 kuyusu için referans ölçümü (13.02.2013) ve 02.05.2013 tarihli ölçüme ait IED ve IND değerleri görülmektedir. Bu değerlerin aşağıdan yukarıya toplanmasıyla, CED ve CND değerleri bulunmuştur. Bu iki sütun değerlerinin (CED ve CND) karelerinin toplamının karekökü alınarak CD değerleri hesaplanmıştır. Bulunan bu CD değerleri, 02.05.2013 tarihinde, kuyuda oluşan yer değişimi deformasyonunu vermektedir. Benzer şekilde Çizelge 4.4b'de verilen 28.05.2013 tarihli IED ve IND değerlerinin aşağıdan yukarıya toplanması ile CED ve CND değerleri, bu değerlerin karelerinin toplamının karekökleri alınarak CD değeri hesaplanmıştır. Bu değer ise 28.05.2013 tarihinde, kuyuda görülen deformasyonları göstermektedir. Örnek olarak, verilerin işlendiği bu iki tarihe ait, kuyu yer değişimi deformasyon değerleri Şekil 4.2'de sunulmuştur. INCLİ-2 yazılımı yardımıyla alınan, birikimli deformasyon (Cumulatıve Displacement) grafikleri bu şekilde hazırlanmaktadır. Eğer Çizelge 4.4a ve 4.4b'deki IED, IND, ID verileri kullanılarak grafikler çizilirse, bu grafikler de INCLI-2 tarafından verilen artış deformasyonu (Incremental Displacement) grafikleri olacaktır.

Çizelge 4.4.a OINK-1 kuyusunun 02.05.2013 tarihli ölçümüne ait fark deformasyon grafiğinin elde edilmesi

Referans Ölçüm (13/02/2012)			02.05.2013				
1	2	3	4	5	4 ile2'nin farkı	5 ile 3'ün farkı	6
Derinlik [m]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Bileşke
0,5	354,20	-495,76	350,92	-499,07	-3,28	-3,31	4,66
1	326,32	-483,58	323,30	-486,94	-3,02	-3,36	4,52
1,5	298,43	-471,39	295,65	-474,80	-2,78	-3,41	4,40
2	275,55	-465,77	272,89	-469,07	-2,66	-3,30	4,24
2,5	268,18	-466,81	265,53	-469,94	-2,65	-3,13	4,10
3	265,58	-463,69	263,08	-466,72	-2,50	-3,03	3,93
3,5	266,60	-452,09	264,19	-455,00	-2,41	-2,91	3,78
4	268,36	-435,07	266,05	-437,97	-2,31	-2,90	3,71
4,5	268,53	-414,69	266,32	-417,56	-2,21	-2,87	3,62
5	265,45	-393,01	263,41	-395,83	-2,04	-2,82	3,48
5,5	276,81	-380,66	274,60	-383,37	-2,21	-2,71	3,50
6	296,01	-371,11	294,00	-373,88	-2,01	-2,77	3,42
6,5	319,17	-361,40	317,25	-364,31	-1,92	-2,91	3,49
7	335,70	-353,50	333,99	-356,31	-1,71	-2,81	3,29
7,5	341,06	-357,15	339,49	-359,88	-1,57	-2,73	3,15
8	340,79	-368,35	339,14	-371,05	-1,65	-2,70	3,16
8,5	337,19	-387,01	335,41	-389,62	-1,78	-2,61	3,16
9	329,71	-403,22	327,89	-405,88	-1,82	-2,66	3,22
9,5	314,82	-413,20	312,88	-415,72	-1,94	-2,52	3,18
10	289,26	-415,67	287,34	-418,03	-1,92	-2,36	3,04
10,5	255,01	-411,01	253,11	-413,07	-1,90	-2,06	2,80
11	220,49	-401,76	218,64	-403,62	-1,85	-1,86	2,62
11,5	193,70	-385,01	191,99	-386,58	-1,71	-1,57	2,32
12	170,17	-365,75	168,71	-367,18	-1,46	-1,43	2,04
12,5	149,37	-341,42	148,16	-342,57	-1,21	-1,15	1,67
13	132,57	-309,99	131,51	-311,04	-1,06	-1,05	1,49
13,5	123,15	-273,00	122,33	-273,90	-0,82	-0,90	1,22
14	120,61	-236,86	120,00	-237,65	-0,61	-0,79	1,00
14,5	124,92	-210,70	124,40	-211,46	-0,52	-0,76	0,92
15	129,88	-194,83	129,49	-195,77	-0,39	-0,94	1,02
15,5	136,70	-185,69	136,31	-186,49	-0,39	-0,80	0,89
16	143,81	-178,58	143,45	-179,41	-0,36	-0,83	0,90
16,5	148,26	-177,43	147,89	-178,28	-0,37	-0,85	0,93
17	148,88	-181,07	148,51	-181,95	-0,37	-0,88	0,95
17,5	142,74	-186,88	142,36	-187,72	-0,38	-0,84	0,92
18	134,86	-194,71	134,42	-195,51	-0,44	-0,80	0,91
18,5	126,95	-207,08	126,38	-207,97	-0,57	-0,89	1,06
19	117,68	-222,79	117,03	-223,64	-0,65	-0,85	1,07
19,5	102,84	-235,34	102,10	-236,15	-0,74	-0,81	1,10
20	84,94	-240,40	84,14	-241,07	-0,80	-0,67	1,04
20,5	71,39	-232,80	70,39	-233,50	-1,00	-0,70	1,22
21	59,17	-217,91	58,26	-218,52	-0,91	-0,61	1,10
21,5	45,97	-196,93	45,12	-197,53	-0,85	-0,60	1,04
22	31,85	-171,80	31,18	-172,30	-0,67	-0,50	0,84
22,5	18,57	-141,96	18,05	-142,36	-0,52	-0,40	0,66
23	7,63	-108,92	7,25	-109,23	-0,38	-0,31	0,49
23,5	2,37	-71,75	2,18	-71,97	-0,19	-0,22	0,29
24	1,38	-36,18	1,33	-36,36	-0,05	-0,18	0,19
24,5	4,41	-5,68	4,38	-5,86	-0,03	-0,18	0,18
25	10,04	18,10	10,19	17,98	0,15	-0,12	0,19
25,5	16,35	34,63	16,58	34,54	0,23	-0,09	0,25
26	20,99	43,76	21,20	43,57	0,21	-0,19	0,28
26,5	19,81	40,78	20,04	40,58	0,23	-0,20	0,30
27	15,95	34,86	16,18	34,70	0,23	-0,16	0,28
27,5	11,64	27,59	11,83	27,48	0,19	-0,11	0,22
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge 4.4.b OINK-1 kuyusunun 28.05.2013 tarihli ölçümüne ait fark deformasyon grafiğinin elde edilmesi

Referans Ölçüm (13/02/2012)			28.05.2013				
1	2	3	7	8	7 ile 2'nin farkı	8 ile 3'ün farkı	9
Derinlik [m]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Doğu Def.[mm]	Kuzey Def.[mm]	Bileşke
0,5	354,20	-495,76	343,55	-501,90	-10,65	-6,14	12,29
1	326,32	-483,58	315,75	-490,09	-10,57	-6,51	12,41
1,5	298,43	-471,39	287,96	-478,28	-10,47	-6,89	12,53
2	275,55	-465,77	265,35	-472,75	-10,20	-6,98	12,36
2,5	268,18	-466,81	258,10	-473,58	-10,08	-6,77	12,14
3	265,58	-463,69	255,77	-470,31	-9,81	-6,62	11,83
3,5	266,60	-452,09	257,09	-458,45	-9,51	-6,36	11,44
4	268,36	-435,07	259,00	-441,33	-9,36	-6,26	11,26
4,5	268,53	-414,69	259,36	-420,82	-9,17	-6,13	11,03
5	265,45	-393,01	256,49	-398,97	-8,96	-5,96	10,76
5,5	276,81	-380,66	267,95	-386,39	-8,86	-5,73	10,55
6	296,01	-371,11	287,37	-376,67	-8,64	-5,56	10,27
6,5	319,17	-361,40	310,73	-366,89	-8,44	-5,49	10,07
7	335,70	-353,50	327,50	-358,82	-8,20	-5,32	9,77
7,5	341,06	-357,15	333,07	-362,41	-7,99	-5,26	9,57
8	340,79	-368,35	332,93	-373,50	-7,86	-5,15	9,40
8,5	337,19	-387,01	329,51	-391,99	-7,68	-4,98	9,15
9	329,71	-403,22	322,20	-408,16	-7,51	-4,94	8,99
9,5	314,82	-413,20	307,49	-418,08	-7,33	-4,88	8,81
10	289,26	-415,67	282,09	-420,48	-7,17	-4,81	8,63
10,5	255,01	-411,01	248,05	-415,76	-6,96	-4,75	8,43
11	220,49	-401,76	213,62	-406,35	-6,87	-4,59	8,26
11,5	193,70	-385,01	187,08	-389,39	-6,62	-4,38	7,94
12	170,17	-365,75	163,89	-369,99	-6,28	-4,24	7,58
12,5	149,37	-341,42	143,41	-345,39	-5,96	-3,97	7,16
13	132,57	-309,99	126,76	-313,87	-5,81	-3,88	6,99
13,5	123,15	-273,00	117,60	-276,69	-5,55	-3,69	6,66
14	120,61	-236,86	115,31	-240,30	-5,30	-3,44	6,32
14,5	124,92	-210,70	119,82	-214,00	-5,10	-3,30	6,07
15	129,88	-194,83	125,03	-198,12	-4,85	-3,29	5,86
15,5	136,70	-185,69	131,94	-188,72	-4,76	-3,03	5,64
16	143,81	-178,58	139,28	-181,49	-4,53	-2,91	5,38
16,5	148,26	-177,43	143,94	-180,26	-4,32	-2,83	5,16
17	148,88	-181,07	144,78	-183,81	-4,10	-2,74	4,93
17,5	142,74	-186,88	138,78	-189,57	-3,96	-2,69	4,79
18	134,86	-194,71	131,03	-197,28	-3,83	-2,57	4,61
18,5	126,95	-207,08	123,21	-209,59	-3,74	-2,51	4,50
19	117,68	-222,79	114,10	-225,25	-3,58	-2,46	4,34
19,5	102,84	-235,34	99,37	-237,74	-3,47	-2,40	4,22
20	84,94	-240,40	81,52	-242,80	-3,42	-2,40	4,18
20,5	71,39	-232,80	68,09	-235,17	-3,30	-2,37	4,06
21	59,17	-217,91	56,11	-220,12	-3,06	-2,21	3,77
21,5	45,97	-196,93	43,12	-199,05	-2,85	-2,12	3,55
22	31,85	-171,80	29,28	-173,76	-2,57	-1,96	3,23
22,5	18,57	-141,96	16,28	-143,74	-2,29	-1,78	2,90
23	7,63	-108,92	5,56	-110,56	-2,07	-1,64	2,64
23,5	2,37	-71,75	0,53	-73,22	-1,84	-1,47	2,36
24	1,38	-36,18	-0,19	-37,55	-1,57	-1,37	2,08
24,5	4,41	-5,68	2,96	-6,94	-1,45	-1,26	1,92
25	10,04	18,10	8,84	17,02	-1,20	-1,08	1,61
25,5	16,35	34,63	15,38	33,75	-0,97	-0,88	1,31
26	20,99	43,76	20,28	43,08	-0,71	-0,68	0,98
26,5	19,81	40,78	19,28	40,17	-0,53	-0,61	0,81
27	15,95	34,86	15,57	34,36	-0,38	-0,50	0,63
27,5	11,64	27,59	11,42	27,20	-0,22	-0,39	0,45
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



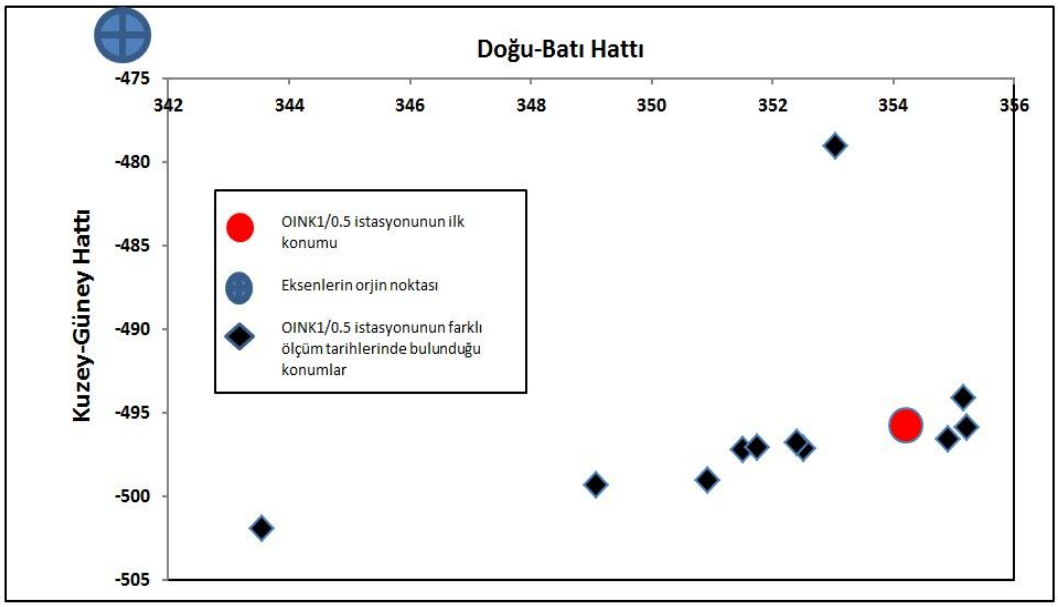
Şekil 4.2. OINK-1 kuyusunun belirtilen ölçüm tarihlerine ait konumsal deformasyon grafiği

INCLI-2 programı yardımıyla alınan bu verilere dayalı grafikler aslında alt istasyon noktalarının konumsal yer değişimlerini ifade etmektedir. Bir başka ifadeyle, 13.02.2013 tarihli referans ölçüme göre, 02.05.2013 tarihli ölçümde ilgilenilen noktanın ne kadar yer değiştirdiğini belirtmektir. 28.05.2013 tarihli ölçümde ise bu tarih ile 13.02.2013 (referans ölçüm) tarihi arasında ilgilenilen noktanın ne kadar yer değiştirdiğini belirtilmektedir. Sonuç olarak her bir ölçüm tarihinde, ilgilenilen noktanın, referans ölçüm tarihine göre konumu belirlenmektedir. Bu ise ilgilenilen noktanın, ilk ölçüm tarihinden itibaren ne kadar mesafe kat ettiğini ifade etmemektedir. Belirtilen bu durumu daha iyi anlatmak amacıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 hazırlanmıştır.

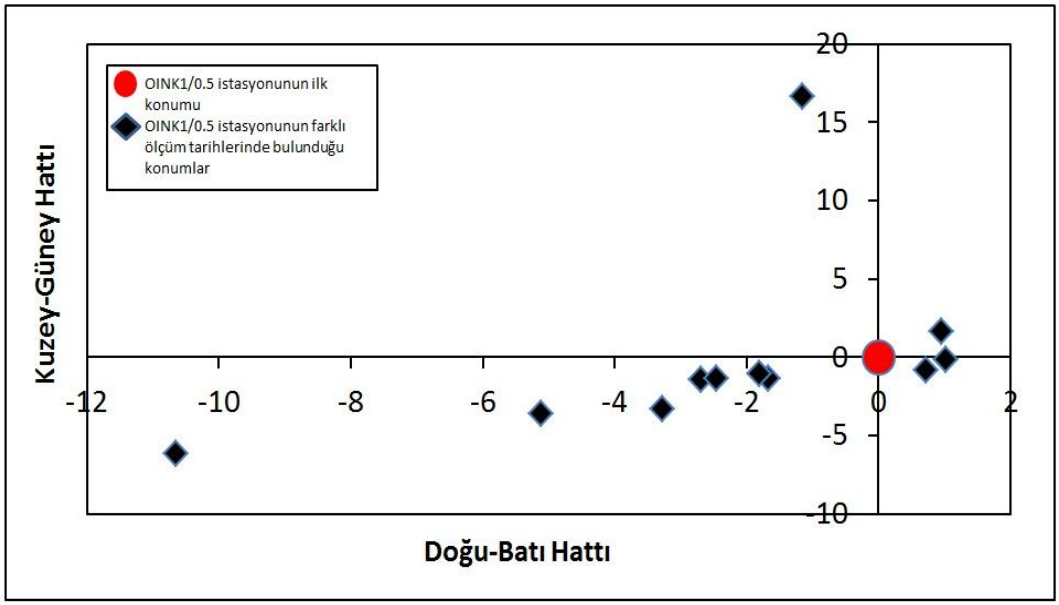
OINK-1 kuyusuna ait OINK-1/0.5 alt istasyon noktasına ait mutlak yer değiştirme (absolute displacement) değerleri kullanılarak Şekil 4.3 çizilmiştir. Bu grafikte x ve y eksenlerinin kesiştiği noktada, kuyunun düşey ekseni geçmektedir. Bu eksenin, 0.5. metresinin, belirtilen ölçüm tarihlerindeki bulunduğu yerler (AED, AND ve AD) Şekil 4.3'de belirtilmiştir. Görüldüğü üzere nokta düzenli bir şekilde ve belirli istikamette mesafe almamıştır. Bu durum; ölçüm kuyusunun, sahada oluşan deformasyonların oldukça az olduğu dönemlerde kararsız davrandığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak deformasyonların düzenli bir şekilde artmaya başladığı dönemlerde (16.04.2013 tarihinden sonra çalışma sahasında madencilik faaliyetleri başladı.) kuyunun ocak içerisine doğru olan hareketlerinin daha düzenli olduğu görülmektedir.

Şekil 4.3'de kullanılan mutlak yer değiştirme (AED, AND ve AD) verilerinden, ilk ölçüm (referans) tarihindeki konumsal noktadan geçen yeni bir eksen takımı yardımıyla, noktanın her bir ölçüm tarihinde, referans noktasına göre ne kadar yer değiştirdiği (deformasyona uğradığı) belirlenmiştir. Bu durum OINK-1/0.5 alt istasyonu için Şekil 4.4'de görülmektedir. Hazırlanan bu grafik, belirtilen bu noktanın referans noktasına göre ne kadar yer değişikliğine (deformasyona) maruz kaldığını göstermektedir. Tipik olarak kullanılan OINK-1/0.5 alt istasyon noktasına ait bu değerler (CD) ölçüm yapılan tarihlere göre Çizelge 4.5'de sunulmuştur. Bu çizelgede aynı zamanda toplam ölçüm zamanı da görülmektedir. Eğer Çizelge 4.5'de sunulan zaman-CD grafiği çizilirse (Şekil 4.5), noktanın belirli bir disiplinde hareket etmediği kolayca görülmektedir.

Deformasyonlardaki bu düzensizliği daha kolay algılayabilmek için, her bir ölçüm tarihindeki yer değişimi değerlerini (CD), ilk ölçüm tarihinden, son ölçüm tarihine kadar toplayarak, noktanın aldığı mesafeyi veren toplam deformasyon değeri hesaplanmıştır. Bu koşul altında, toplam ölçüm zamanına karşı, toplam deformasyon değerleri yeni bir grafiğe aktarıldığında (Şekil 4.6), deformasyon hareketlerinin daha iyi anlaşılabildiği görülmüştür. OINK-1 ölçüm kuyusundaki 56 alt istasyona ait bu hazırlıklar yapılmıştır (Şekil 4.7) Matematiksel model için yapılacak analizlerde, bu sayısal değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir.



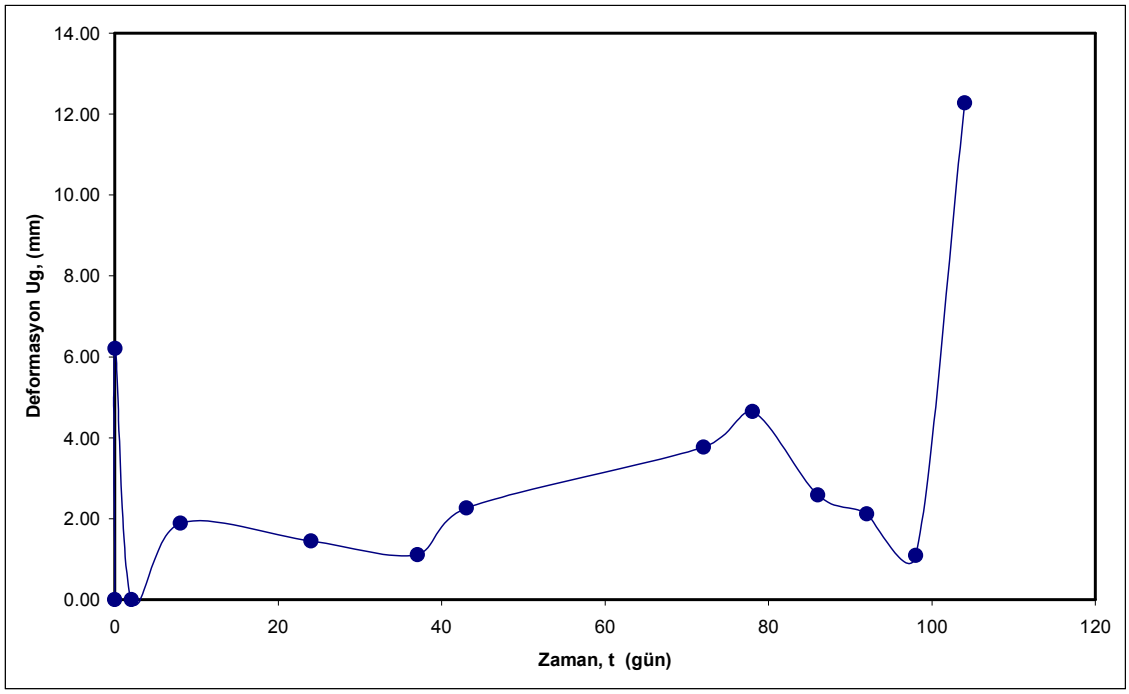
Şekil 4.3. OINK-1/05 alt istasyonun konumsal değişimi



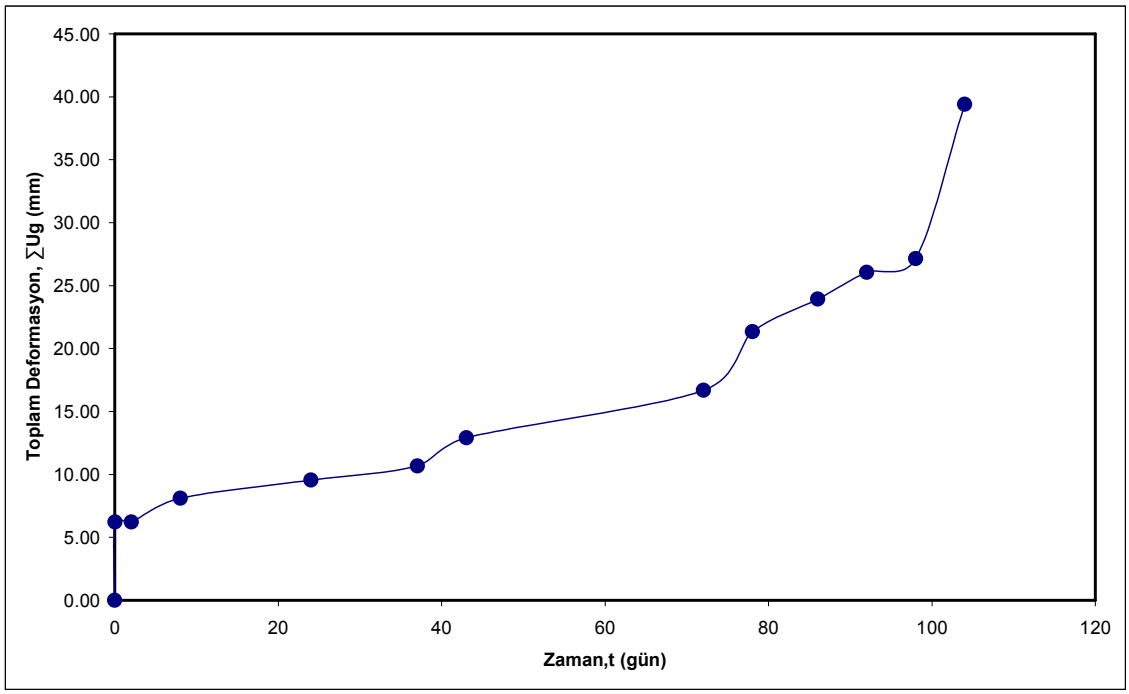
Şekil 4.4. OINK-1/0.5 alt istasyonunun deformasyon hareketi

Çizelge 4.5. OINK-1/0.5 alt istasyonu için ölçüm verileri

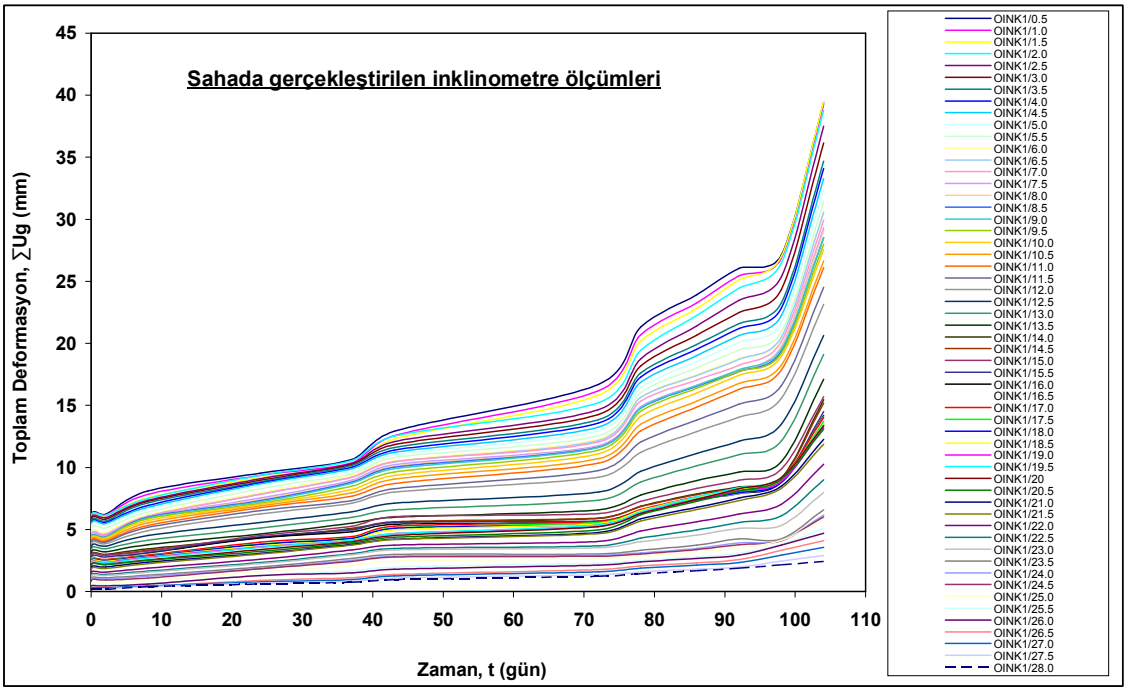
Tarih	Toplam Zaman (gün)	Ug (mm)	∑Ug(mm)
13.02.2013	0	0.00	0.00
13.02.2013	0.04	6.21	6.21
15.02.2013	2.04	0.00	6.21
21.02.2013	8.04	1.89	8.10
09.03.2013	24.04	1.45	9.55
22.03.2013	37.04	1.11	10.65
28.03.2013	43.04	2.27	12.92
26.04.2013	72.04	3.77	16.69
02.05.2013	78.04	4.65	21.33
10.05.2013	86.04	2.59	23.92
16.05.2013	92.04	2.12	26.04
22.05.2013	98.04	1.09	27.13
28.05.2013	104.04	12.27	39.40



Şekil 4.5. OINK-1/0.5 alt istasyonu için deformasyon davranışı



Şekil 4.6. OINK-1/0.5 alt istasyonu için toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.7. OINK-1 kuyusu alt istasyonlarının deformasyon davranışları

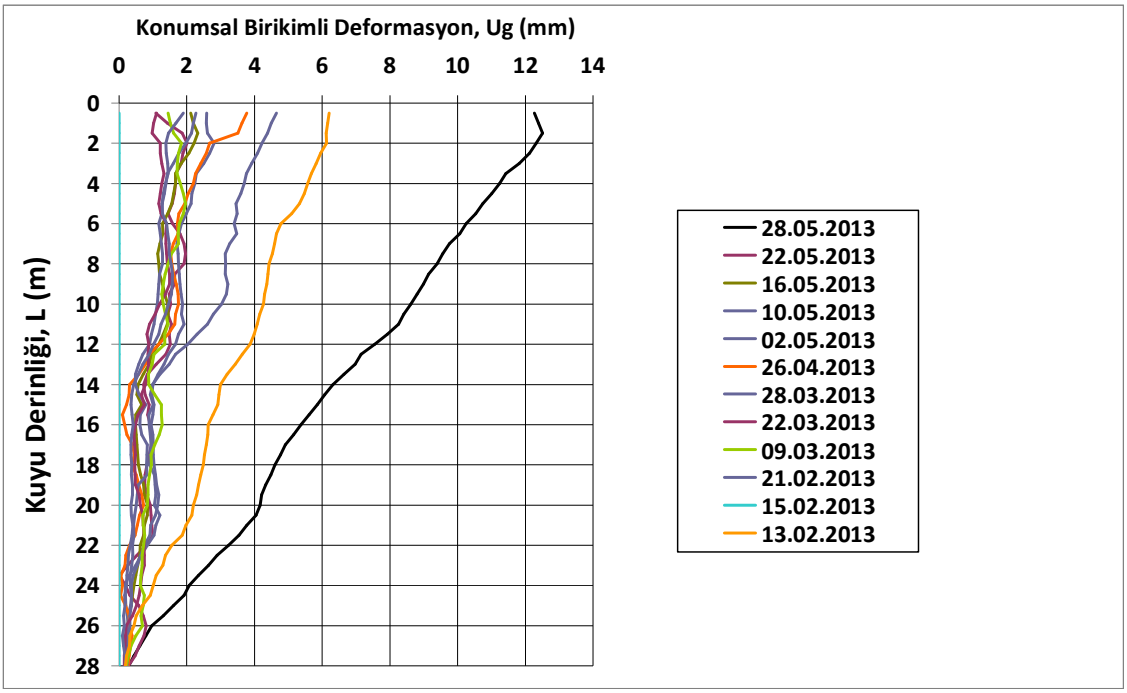
Bu tez çalışmasında, tüm kuyular için zamana bağlı olarak ilgilenilen her bir alt istasyona ait toplam deformasyonlar belirlenmiştir. OINK-1 kuyusuna ait INCLI 2 program çıktısı ve bu tezde ortaya atılan toplam deformasyon değerlerine ait hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da sunulmuştur.

Ölçüm kuyusu içerisindeki yatay deformasyonların en fazla olduğu noktaları belirlemek amacıyla INCLI-2 yazılımı tarafından verilen artış deformasyon (ID) grafiği ve kat edilen toplam mesafeye bağlı toplam deformasyon değerlerini dikkate alarak hazırlanan artış deformasyon (ID) grafiği Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 'de verilmiştir. Şekil 4.10 Excel yardımıyla çizilmiş olup, orijinal INCLİ-2 çıktıları EK-1 ve EK-2'de verilmiştir.

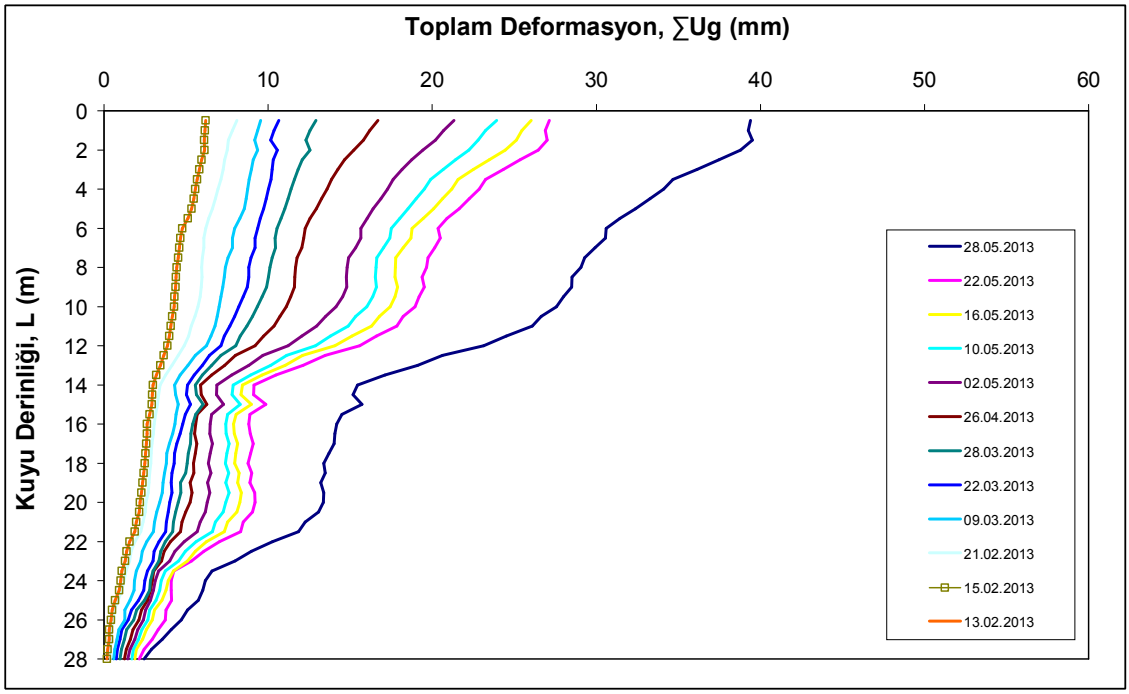
Sunulan Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kuyu içerisinde yatay deformasyonların en fazla olduğu derinliği, gözle belirlemede zorluklar söz konusu iken, Şekil 4.11'de hazırlanan grafikte kolaylıkla en fazla yatay deformasyon sorununun, kuyunun 12. metresinde olduğu ancak kuyunun 3. , 11. , 13. , 14,5. , 15. , 21,5. ve 23. metrelerinde de yatay deformasyonların dikkat çekici olduğu anlaşılmaktadır.

Yukarıda ifade edilen nedenlerden dolayı bu tez çalışmasındaki analizlerin, kat edilen mesafeye bağlı toplam deformasyon değerleri üzerinden yapılmasına karar verilmiştir. Ancak bu değerler INCLI-2 yazılımı tarafından direkt olarak alınamamaktadır. Çizelge 4.1 , 4.2 ve 4.3'de verilen verileri kullanarak her bir kuyuya

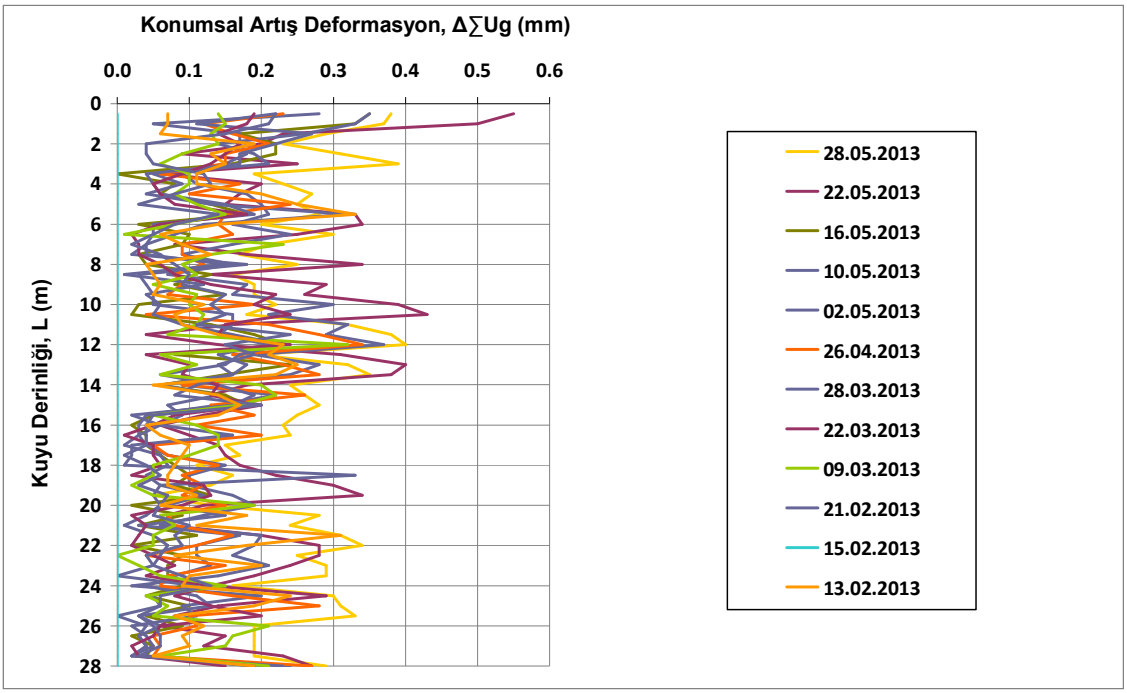
ait toplam deformasyon değerleri bulunmuş ve Şekil 4.7 ve 4.9'daki gibi grafikler hazırlanmıştır (EK-3)



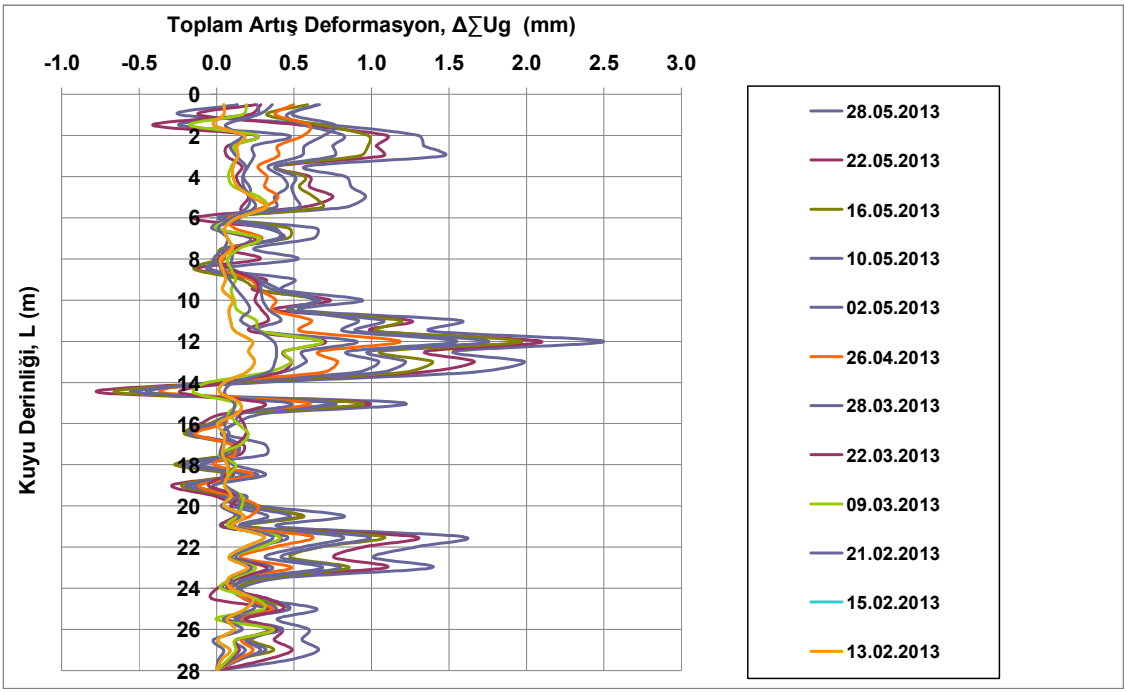
Şekil 4.8. OINK-1 kuyusuna ait konumsal birikimli deformasyon (CD) değişimleri (INCLI-2 çıktısı)



Şekil 4.9. OINK-1 kuyusuna ait toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.10. OINK-1 kuyusuna ait konumsal artış deformasyon (ID) davranışı (INCLI-2 çıktısı)



Şekil 4.11. OINK-1 kuyusu için hazırlanan, kat edilen mesafeye bağlı toplam deformasyon değerlerine göre toplam artış deformasyon davranışı

İnklinometre ölçümlerine dayalı veri tabanı yanında Eşitlik 4.1'de kullanılan yağış parametresine ait veri tabanının da hazırlanmıştır (Çizelge 4.6). Bu amaç çerçevesinde Orhaneli bölgesine 1988-2013 yılları arasında düşen yağış miktarları, Bursa Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Ulaşılan verilere ait hazırlanan Çizelge 4.6 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.6. Orhaneli bölgesine düşen yağış miktarları

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1988	56.8	74.9	160.7	46.9	19.8	64.6	1.7	8.8	7.8	30.2	142	136.4
1989	27.9	15.1	43	17.9	48.6	27.6	3.4	0.4	19.2	133.5	118.3	127.8
1990	27.1	58.2	23.5	108.9	54.7	27.4	5.2	0.6	46.2	30.5	66.1	148.3
1991	37.5	64.9	25.9	102.9	134.8	38.9	44.5	20.1	28.4	44.3	42.8	35.8
1992	17.2	36.9	88.9	69	22	121.8	56.2	11.8	26.6	97	108.8	64.5
1993	47.3	65.4	52.7	52.4	106.9	23.9	4.4	20.4	26.8	15.9	111.7	96.2
1994	48.3	67.4	31.9	51	45.8	47.3	7.3	6.7	4.5	63.9	72.3	92.5
1995	173.3	22.6	134.6	87.7	12.1	61.9	17.8	13.6	30.2	47.9	131	82.5
1996	48.7	114.8	88.7	101.5	42.4	5.3	4.9	12.9	115.9	72.9	53	72.9
1997	51.9	43.1	44.7	178.5	22.8	39.1	29.6	119.1	4.8	112.7	40.5	165.1
1998	57.4	74.9	97.1	37	128.7	17.9	19.1	33.9	43.9	101.6	120.4	87.1
1999	48.9	194.5	82.4	61.1	12.9	46.7	17.2	1.1	5	15.2	77	64.1
2000	116	62.1	103.3	191.8	27.7	15.7	19	27.9	18.5	75.1	10.4	42.4
2001	10.6	63.4	66.2	86.6	76.3	6.6	10.9	29.6	22.7	4.5	172.4	205.6
2002	60.8	46.1	90.7	95.2	24.9	34.2	24.5	25.3	54.8	55.1	70.8	57.5
2003	102.3	118	32.5	113.9	49	7.7	10.5	6.8	28.9	106.1	34.5	81.4
2004	137.1	79.5	71.8	84	60.4	53.7	7.4	13.3	4	15.6	107.5	73.3
2005	111.7	104.6	113.2	60.2	67.3	42.8	45.9	18.3	25.9	47.4	140.8	146.3
2006	71.3	119.2	84.3	21.1	26.6	31.1	13.9	0.2	77.3	32.2	48.6	25.5
2007	47.4	33.2	23.6	12	19.4	26	11.5	6.8	0.6	46	97.6	78.8
2008	24.2	14.8	146.2	89.2	39.4	17.4	5.3	4.6	74.8	17.6	50.4	48
2009	65	104.6	86.4	28	56	40.4	5.6	7.7	16.8	19.4	91.2	128.4
2010	116.6	178.6	122	43.4	25	44.2	8.8	8.4	35.4	229.6	57.2	66
2011	28.6	10	34.6	57.2	91.6	83.4	3.4	9.8	6.4	1	51.2	118
2012	1.6	1.6	87.4	14.8	27.2	19.2	2.1	30.4	2.4	86.8	88.4	91.4
Ortalama (mm)	61.42	72.30	77.45	72.49	49.69	37.53	16.70	17.26	29.22	60.08	85.45	93.52
Ortalama(mm/gün)	1.981	2.582	2.498	2.416	1.603	1.251	0.539	0.557	0.974	1.938	2.848	3.017

4.4. Daha Önce Geliştirilen Matematiksel Model Üzerinde Ön Analiz Çalışmaları

Bölüm 4.3'de belirtildiği üzere, hazırlanan veri tabanı kullanılarak Eşitlik 4.1'de sunulan matematiksel modelin kullanılmasına karar verilmiştir. Ancak modelin, bu tez çalışmasına konu olan Orhaneli ve Çumra bölgeleri için geçerli olup olmadığının

araştırılması gündeme gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda ön çalışmaların, Orhaneli sahasında açılan OINK-1 kuyusuna ait veri tabanı üzerinde yapılması planlanmıştır.

OINK-1 kuyusundan, ilk referans ölçüm 13.02.2013 tarihinde yapılmış ve yaklaşık 105 gün içerisinde referans ölçümü ile birlikte toplam 13 adet ölçüm alınmıştır. Bu kuyuda yapılan ölçüm tarihleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bölüm 4.3'de verilen Çizelge 4.6'da yaklaşık 25 yılın her ayı için ortalama yağış miktarları (mm) belirlenmiştir. Daha sonra Çizelge 4.7'de sunulan her bir ölçüm tarihine karşılık gelen yağış değerleri hesaplanmış ve toplam yağış değerleri (mm) belirlenmiştir. Bu bilgiler topluca Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. OINK-1 kuyusuna ait zaman ve toplam yağış durumu

Ölçüm tarihi	Zaman aralığı (gün)	Toplam Zaman (gün)	Toplam yağış (mm)
13.02.2013	0	0	33,57
13.02.2013	0,04	0,04	33,57
15.02.2013	2	2,04	38,73
21.02.2013	6	8,04	54,22
09.03.2013	16	24,04	94,78
22.03.2013	13	37,04	127,25
28.03.2013	6	43,04	142,24
26.04.2013	29	72,04	212,55
02.05.2013	6	78,04	225,42
10.05.2013	8	86,04	238,24
16.05.2013	6	92,04	247,86
22.05.2013	6	98,04	257,48
28.05.2013	6	104,04	267,10

Zamana ve yağışa bağlı Eşitlik 4.1, ön analizler çerçevesinde, OINK-1 kuyusunda bulunan 56 adet alt istasyon için denetlenmiştir. Bunun için Bölüm 4.3'de belirtilen şekilde hazırlanan veri tabanı kullanılmıştır (Şekil 4.9). Daha sonra her bir ölçüm kuyusunda konumlanan tüm alt istasyonlara ait zaman, toplam yağış ve toplam deformasyon değerleri belirlenmiştir. Buna tipik bir örnek olarak Çizelge 4.8 sunulmuştur. Eşitlik 4.1 modelinde yağış parametresinin kullanımı, sahaya düşen yağış miktarlarının toplamı şeklindedir. Ölçüm bölgesi bir havuz gibi düşünülmüştür. Çizelge 4.8'de tipik olarak verilen veri seti, istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere OINK-1 kuyusundaki 56 adet her bir alt istasyon için hazırlanmıştır.

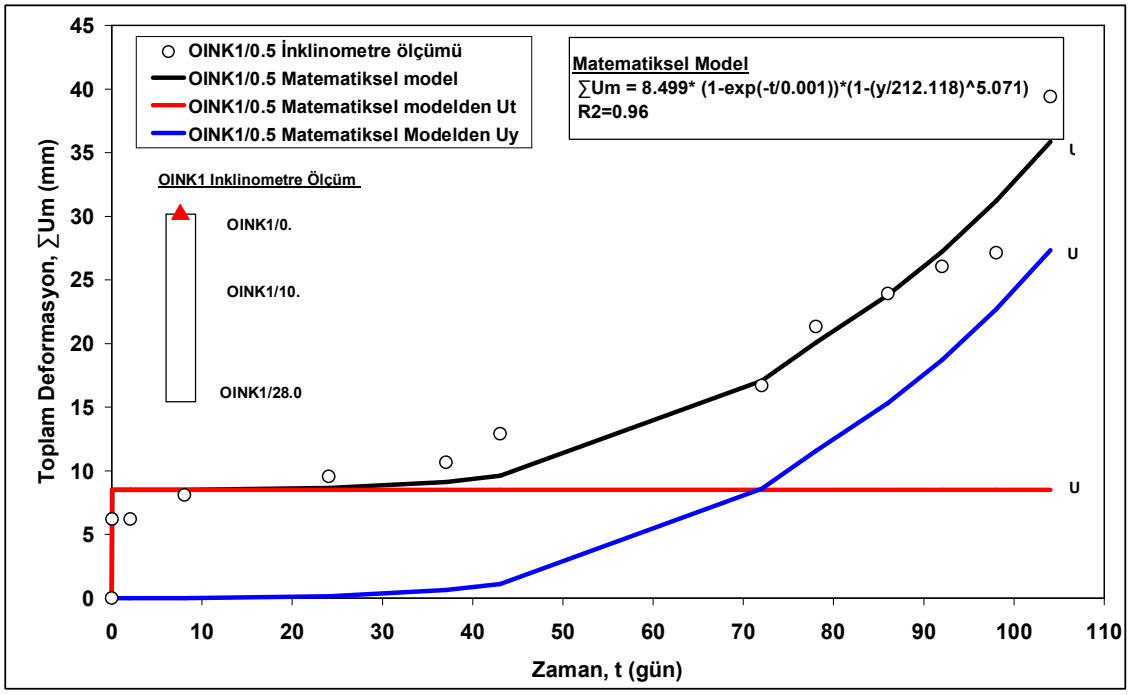
Çizelge 4.8. OINK-1 kuyusunda konumlanan OINK1/0.5 alt istasyonuna ait veriler

Ölçüm tarihi	Zaman aralığı (gün)	Toplam Zaman, t (gün)	Toplam yağış, y (mm)	Konumsal Birikimli Deformasyon , Ug (mm)	Toplam Deformasyon ∑Ug(mm)
13.02.2013	0	0	33,57	0.00	0,00
13.02.2013	0,04	0,04	33,57	6.21	6,21
15.02.2013	2	2,04	38,73	0.00	6,21
21.02.2013	6	8,04	54,22	1.89	8,10
09.03.2013	16	24,04	94,78	1.45	9,55
22.03.2013	13	37,04	127,25	1.10	10,65
28.03.2013	6	43,04	142,24	2.27	12,92
26.04.2013	29	72,04	212,55	3.77	16,69
02.05.2013	6	78,04	225,42	4.54	21,23
10.05.2013	8	86,04	238,24	2.69	23,92
16.05.2013	6	92,04	247,86	2.12	26,04
22.05.2013	6	98,04	257,48	1.09	27,13
28.05.2013	6	104,04	267,10	12.27	39,40

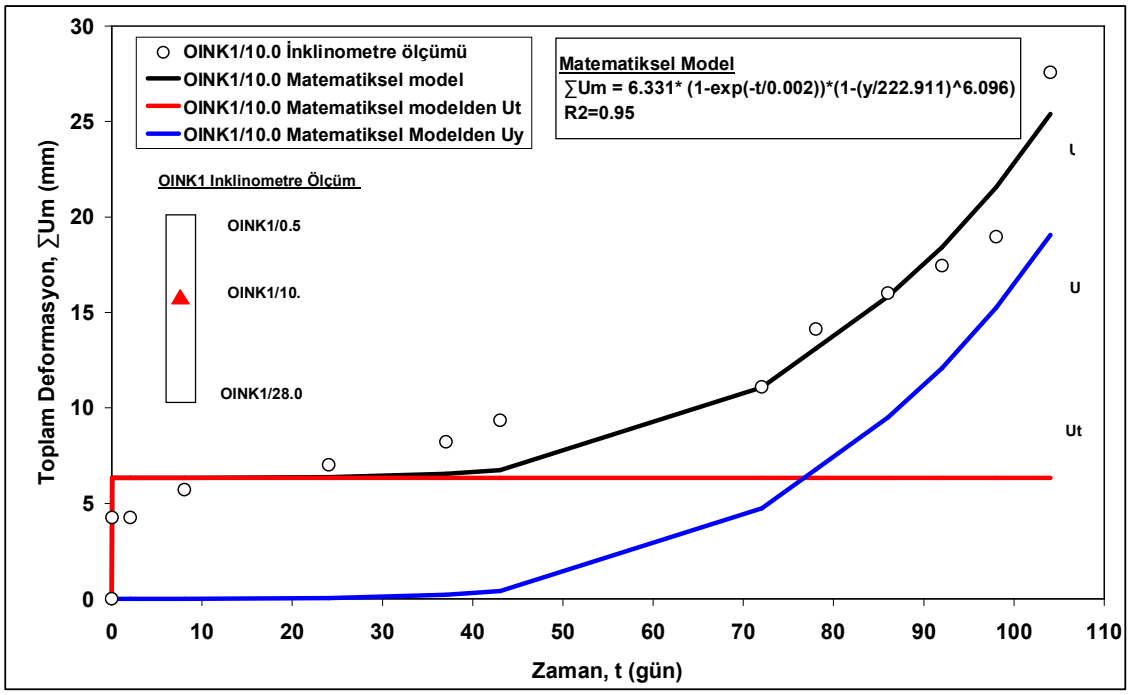
İstatistiksel analizlerde SPSS V16 programı kullanılmıştır. SPSS V16 programı kullanılarak Eşitlik 4.1'de sunulan model için denenmiştir. Elde edilen sonuçlar topluca Çizelge 4.9'da sunulmuştur. İstatistiksel analizlere bağlı olarak, OINK1/0.5, OINK1/10 ve OINK1/28 numaralı alt istasyonlara ait zaman-deformasyon davranışları örnek olarak Şekil 4.12'de sunulmuştur. Matematiksel model (Eşitlik 4.1) yardımıyla türetilebilen, zamana bağlı (U_t, Eşitlik 4.2) ve yağışa bağlı (U_m Eşitlik 4.3) eğriler de Şekil 4.12'de sunulmuştur.

Çizelge 4.9. OINK-1 kuyusu için SPSS çıktıları

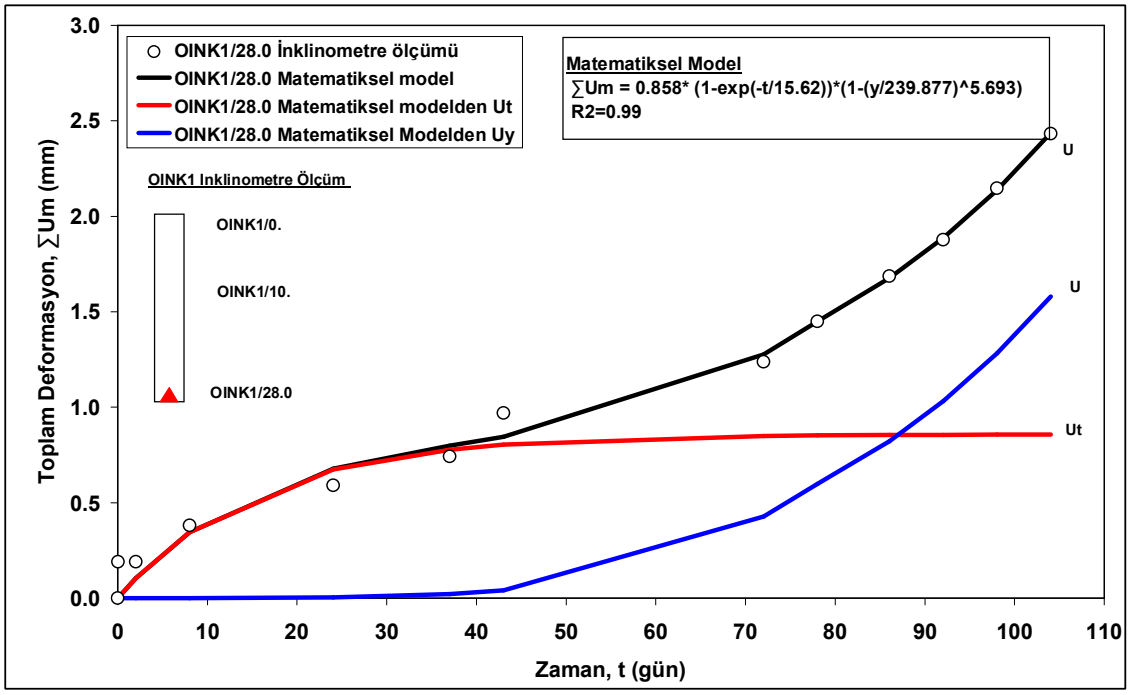
Derinlik(m)	Alt istasyon No	A	B	C	D	R^2
0.5	OINK1/0.5	8.499	0.001	212.118	5.071	0.961
1.0	OINK1/1.0	8.421	0.002	215.130	5.463	0.961
1.5	OINK1/1.5	8.351	0.001	217.298	5.854	0.963
2.0	OINK1/2.0	8.550	0.002	221.823	6.243	0.959
2.5	OINK1/2.5	8.325	0.0001	222.826	6.332	0.958
3.0	OINK1/3.0	8.209	0.0001	224.217	6.370	0.955
3.5	OINK1/3.5	8.071	0.001	225.324	6.341	0.951
4.0	OINK1/4.0	7.931	0.001	225.504	6.381	0.951
4.5	OINK1/4.5	7.820	0.001	226.390	6.447	0.949
5.0	OINK1/5.0	7.666	0.001	226.801	6.458	0.948
5.5	OINK1/5.5	7.425	0.001	226.437	6.387	0.945
6.0	OINK1/6.0	7.162	0.002	225.774	6.334	0.942
6.5	OINK1/6.5	7.075	0.001	224.611	6.295	0.943
7.0	OINK1/7.0	7.023	0.002	225.963	6.359	0.941
7.5	OINK1/7.5	6.883	0.001	226.505	6.454	0.942
8.0	OINK1/8.0	6.752	0.002	225.258	6.332	0.943
8.5	OINK1/8.5	6.676	0.001	224.065	6.074	0.944
9.0	OINK1/9.0	6.588	0.002	222.657	5.965	0.947
9.5	OINK1/9.5	6.444	0.002	222.052	5.918	0.949
10.0	OINK1/10.0	6.331	0.002	222.911	6.096	0.952
10.5	OINK1/10.5	6.186	0.001	224.508	6.266	0.951
11.0	OINK1/11.0	6.028	0.001	225.530	6.504	0.953
11.5	OINK1/11.5	5.849	0.0001	228.858	6.847	0.951
12.0	OINK1/12.0	5.668	0.002	231.551	7.167	0.948
12.5	OINK1/12.5	5.218	0.001	236.532	8.091	0.945
13.0	OINK1/13.0	4.864	0.0001	238.239	8.472	0.941
13.5	OINK1/13.5	4.497	0.002	241.665	9.218	0.932
14.0	OINK1/14.0	4.218	0.001	245.632	10.433	0.924
14.5	OINK1/14.5	4.186	0.001	245.383	10.113	0.922
15.0	OINK1/15.0	4.254	0.001	242.026	8.948	0.922
15.5	OINK1/15.5	4.067	0.002	245.754	10.077	0.918
16.0	OINK1/16.0	3.923	0.001	244.424	9.682	0.920
16.5	OINK1/16.5	3.815	0.002	242.560	9.212	0.928
17.0	OINK1/17.0	3.675	0.001	238.285	8.112	0.934
17.5	OINK1/17.5	3.574	0.002	237.490	7.938	0.936
18.0	OINK1/18.0	3.527	0.001	237.527	7.843	0.936
18.5	OINK1/18.5	3.403	0.001	233.074	7.183	0.944
19.0	OINK1/19.0	3.296	0.001	232.846	7.320	0.950
19.5	OINK1/19.5	3.251	0.001	229.819	6.934	0.952
20.0	OINK1/20.0	3.130	0.002	228.927	7.102	0.956
20.5	OINK1/20.5	3.039	0.0001	228.775	7.173	0.958
21.0	OINK1/21.0	2.889	0.002	229.324	7.141	0.952
21.5	OINK1/21.5	2.804	0.002	228.738	7.006	0.949
22.0	OINK1/22.0	2.437	0.001	230.042	7.185	0.938
22.5	OINK1/22.5	2.191	0.001	230.316	6.935	0.927
23.0	OINK1/23.0	3.529	17.006	263.888	8.187	0.939
23.5	OINK1/23.5	3.263	19.444	267.176	21.706	0.934
24.0	OINK1/24.0	3.082	19.621	267.283	21.644	0.941
24.5	OINK1/24.5	2.997	20.133	267.173	20.890	0.953
25.0	OINK1/25.0	2.818	24.681	266.341	18.470	0.975
25.5	OINK1/25.5	2.567	31.913	266.242	17.601	0.984
26.0	OINK1/26.0	2.155	26.449	263.028	13.148	0.987
26.5	OINK1/26.5	1.889	35.981	261.188	11.719	0.990
27.0	OINK1/27.0	1.472	27.855	256.433	9.340	0.987
27.5	OINK1/27.5	1.171	24.920	254.334	8.283	0.990
28.0	OINK1/28.0	0.858	15.620	239.877	5.693	0.991



Şekil 4.12.(a) OINK-1/0,5 alt istasyonuna ait zaman-deformasyon davranışı



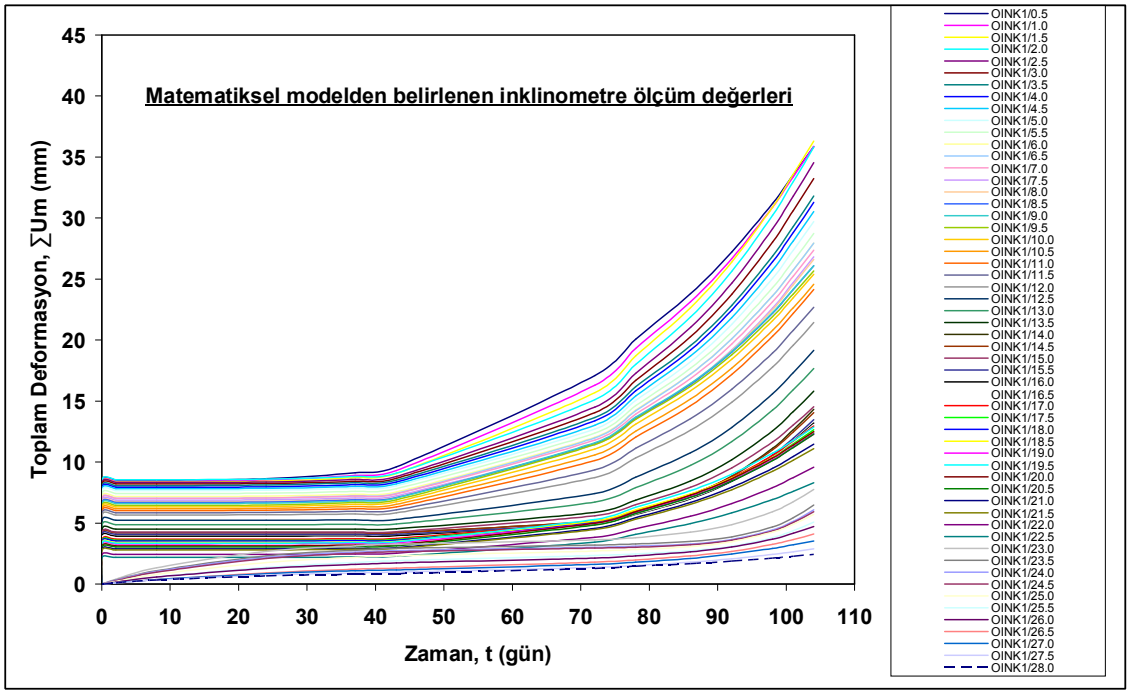
Şekil 4.12.(b) OINK-1/10 alt istasyonuna ait zaman-deformasyon davranışı



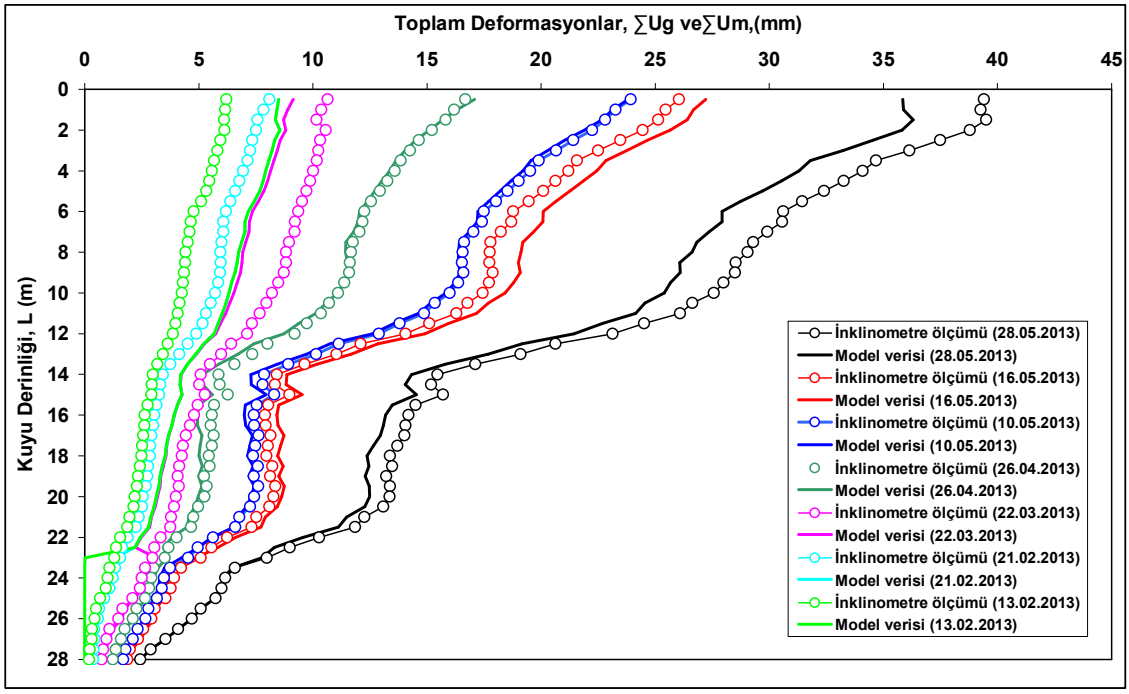
Şekil 4.12.(c) OINK-1/28 alt istasyonuna ait zaman-deformasyon davranışı

Çizelge 4.9'da sunulan matematiksel modele ait istatistiksel veriler yardımıyla ulaşılan veriler (∑Um) ile gerçek inklinometre ölçüm sonuçlarının (∑Ug), model performansını görebilmek için karşılaştırılmasına karar verilmiştir. Bunun için model verileri yardımıyla belirlenen zamana bağlı toplam deformasyon davranışları, OINK-1 kuyusu için grafiksel formda hazırlanmıştır (Şekil 4.13). Bu grafikten, her bir ölçüm tarihine karşılık gelen modelden belirlenen deformasyon değerleri önce kayıt edilmiştir. Bu işlem için grafiğin x eksenindeki zaman ölçeğinden ölçüm tarihi belirlenmiş ve bu noktadan dik bir çizgi çekilmiştir. Dik çizginin kestiği her bir ölçüm tarihine karşılık gelen eğriye ait deformasyon değerleri alınmıştır. Bu değerler ikinci aşamada kuyu derinliği bazında her ölçüm tarihi için yeniden düzenlenmiştir.

Bu durum için hazırlana grafik OINK-1 kuyusu için Şekil 4.14'de verilmiştir. Sunulan şekilde görüldüğü üzere modeldeki R^2 değerleri (Çizelge 4.9) oldukça iyi olmasına rağmen ($R^2 \approx 1$), modelden bulunan sonuçların gerçek inklinometre sonuçlarıyla tam olarak örtüşmediği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.13. OINK-1 kuyusu için modelden (Eşitlik 4.1) bulunan verilere ait zaman-deformasyon davranışları



Şekil 4.14. OINK-1 kuyusu için Eşitlik 4.1'e ait performans

Özkan ve Özşen tarafından 2009 yılında geliştirilen modelin (Eşitlik 4.1), yeniden düzenlenmesinin yerinde olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Eşitlik 4.1 yine de temel model kabul edilerek, bu tez çalışmasında istatistiksel analizler

gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz çalışmalarında gündeme gelen yeni modeller Çizelge 4.10'de sunulmuştur.

Çizelge 4.10. İstatistiksel analizlerde kullanılan modeller

Model No	Model
1	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+(y/C)^{D}]$ (Eşitlik 4.1)
2	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+(1/(300-y))^{C}]$
3	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(1/(300-y))^{D}]$
4	$\sum Um = A\,[1-e^{-t}]\,[1+B(1/(300-y))^{C}]$
5	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/D))^{E}]$
6	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(673-y))^{D}]$
7	$\sum Um = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(670-y))^{D}]$

Yukarıdaki çizelgede verilen modellerden 6 numaralı modelin, Orhaneli sahasında (kaya ortam), 7 numaralı modelin ise Çumra sahasında (toprak ortam) başarılı olduğu görülerek bu modeller üzerinde analizler yapılmıştır. Bu çalışmalar takip eden bölümlerde sunulmuştur.

4.5. Kaya Ortamlar için Orhaneli Linyit Açık Ocağında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, kaya ortamlara ait Orhaneli sahası için gerçekleştirilen ön analiz çalışmalarına dayalı olarak önerilen yeni eşitlik aşağıda sunulmuştur.

$$\sum U_m = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(673-y))^{D}] \tag{4.4}$$

Bu eşitlikteki A,B,C,D katsayıları istatistiksel sabitler olup, t zaman (gün) ve y toplam yağış (mm) miktarıdır. ∑Um modelden bulunan toplam deformasyon değeridir (mm). Eşitlik aslında iki temel parçadan oluşmaktadır.

$$\sum U_{mt} = A[1-e^{(-t/B)}] \tag{4.5}$$

$$\sum U_{my} = A[1+C(y/(673-y))^{D}] \tag{4.6}$$

Eşitlik 4.5 zamana (gün) bağlı olup, Eşitlik 4.6 ise toplam yağış miktarına bağlıdır. Her iki eşitlikten bulunan değerlerin toplamı aranan deformasyon değerini vermektedir. Bir başka ifade ile ;

$$\sum U_m = \sum U_{mt} + \sum U_{my} \quad (4.7)$$

Bu bölümde modelin OINK-1 kuyusundaki analiz sonuçları verilecektir. Diğer sekiz kuyuya ait sonuçlar ise tezin ekler bölümünde sırasıyla sunulmuştur.

Saha ölçümlerine bağlı hazırlanan veri tabanı (Şekil 4.7 ve tipik örnek Çizelge 4.8) kullanılarak Eşitlik 4.4'de belirtilen model, SPSS V16 programında test edilmiştir. (Çizelge 4.6) kullanılarak Eşitlik 4.4'de belirtilen model SPSS programında test edilmiştir. OINK-1 kuyusuna ait istatistiksel sonuçlar Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Orhaneli sahasındaki diğer kuyulara ait sonuçlar ise EK-4'de verilmiştir.

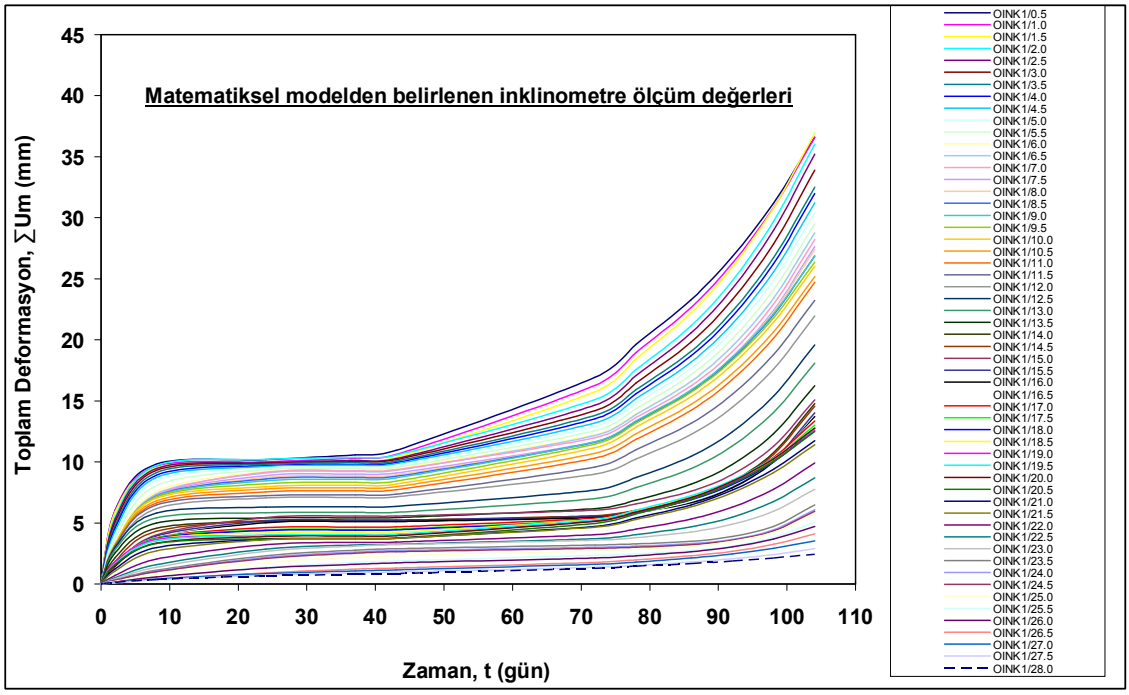
Çizelge 4.11'de belirtilen sabitlerin kullanıldığı matematiksel model yardımıyla, OINK-1 kuyusuna ait bütün alt istasyonlar için zaman-toplam deformasyon davranışları, Şekil 4.15'de sunulmuştur. Dikkate alınan OINK-1 kuyusundan tipik olarak seçilen, OINK-1/0.5, OINK-1/10 VE OINK-1/28.0 numaralı alt istasyonların zaman-toplam deformasyon davranışları Şekil 4.16, 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir. Modelden bulunan sonuçların inklinometre ölçümleri ile uyumlu oldukları görülmektedir. Ayrıca bu grafiklerde, model yardımıyla belirlenebilen zamana bağlı (U_t) ve yağışa bağlı (U_y) deformasyon davranışları da görülebilmektedir. Zamana bağlı deformasyonların (U_t) belirli bir zamandan sonra x eksenine asimptot kaldığı, yağışa bağlı deformasyonların (U_y) ise arttığı anlaşılmaktadır.

İstatistiksel verilerin A katsayısı 0,804–10,068 aralığında, B katsayısı 2,201–25,238 aralığında, C katsayısı 13,013–238,272 aralığında değişirken, D katsayısının 3,814–13,083 aralığında değiştiği görülmektedir. İstatistiksel başarıyı gösteren R^2 değerleri ise genelde 0,9'dan büyüktür.

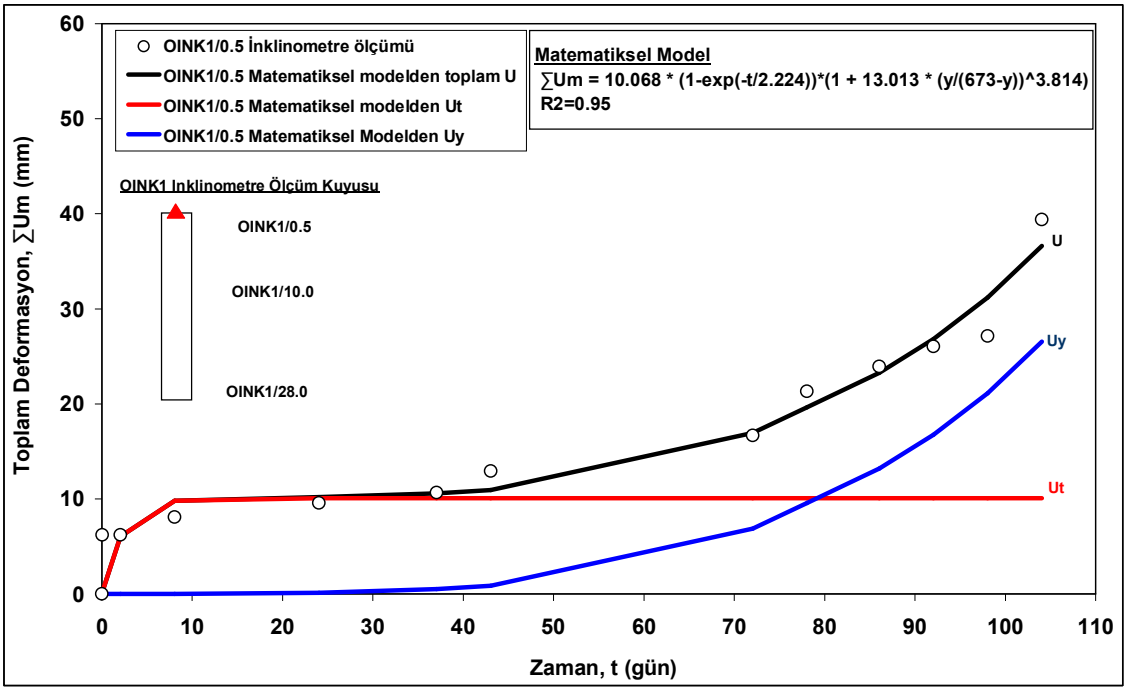
Eşitlik 4.4'de ifade edilen modelin başarısını görmek amacıyla Şekil 4.19 hazırlanmıştır. Hazırlanan bu şekilde modelden bulunan sonuçların, gerçek ölçüm sonuçları ile örtüştüğü görülmektedir. OINK-1 kuyusunda ölçüm yapılan tüm tarihlere ait model sonuçları, Şekil 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. OINK-1 kuyusu için Eşitlik 4.4'e ait SPSS çıktıları

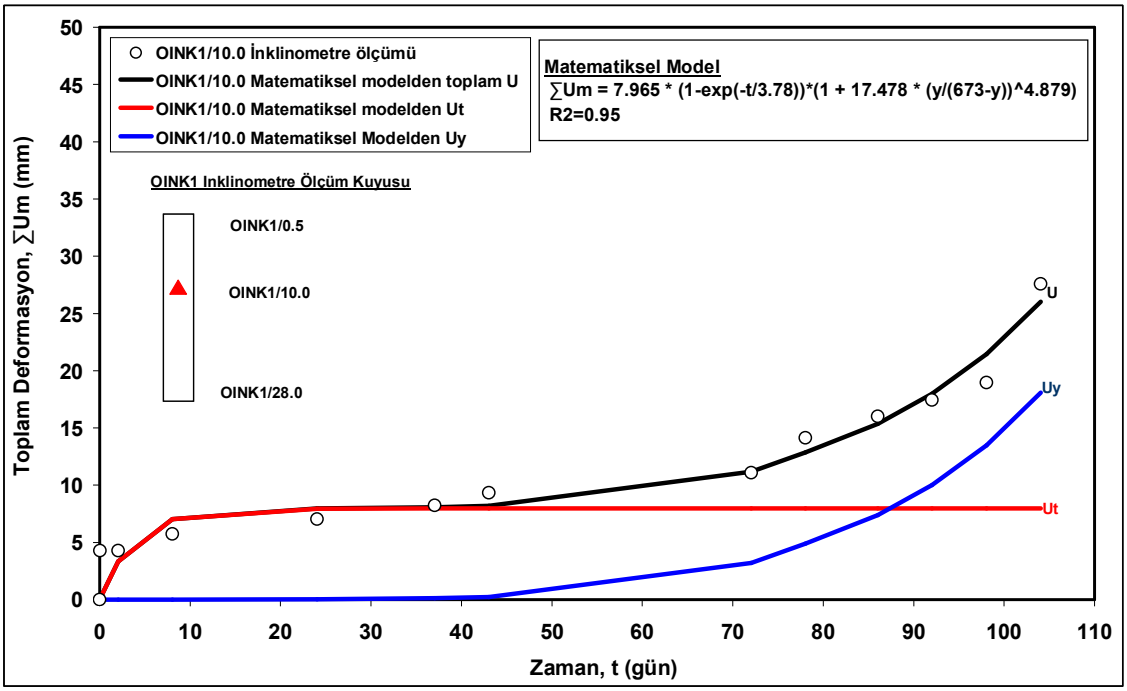
Derinlik(m)	Alt istasyon No	A	B	C	D	R^2
0.5	OINK1/0.5	10.068	2.224	13.013	3.814	0.951
1.0	OINK1/1.0	9.900	2.201	14.600	4.037	0.951
1.5	OINK1/1.5	9.770	2.211	16.568	4.265	0.952
2.0	OINK1/2.0	10.175	2.617	18.001	4.638	0.950
2.5	OINK1/2.5	9.923	2.647	18.371	4.720	0.948
3.0	OINK1/3.0	9.866	2.812	18.352	4.824	0.946
3.5	OINK1/3.5	9.798	3.023	18.017	4.900	0.943
4.0	OINK1/4.0	9.675	3.173	18.347	4.955	0.943
4.5	OINK1/4.5	9.612	3.395	18.749	5.066	0.942
5.0	OINK1/5.0	9.517	3.677	18.960	5.149	0.942
5.5	OINK1/5.5	9.366	4.087	18.987	5.204	0.941
6.0	OINK1/6.0	9.267	4.727	19.575	5.329	0.943
6.5	OINK1/6.5	9.147	4.889	19.658	5.294	0.946
7.0	OINK1/7.0	9.220	5.133	20.228	5.457	0.946
7.5	OINK1/7.5	8.945	4.841	20.551	5.462	0.946
8.0	OINK1/8.0	8.775	4.751	19.776	5.333	0.948
8.5	OINK1/8.5	8.633	4.484	17.907	5.108	0.947
9.0	OINK1/9.0	8.480	4.313	17.235	4.955	0.949
9.5	OINK1/9.5	8.201	3.989	16.747	4.833	0.95
10.0	OINK1/10.0	7.965	3.780	17.478	4.879	0.951
10.5	OINK1/10.5	7.790	3.882	18.318	5.03	0.95
11.0	OINK1/11.0	7.540	3.825	19.659	5.151	0.951
11.5	OINK1/11.5	7.234	3.583	21.239	5.408	0.947
12.0	OINK1/12.0	7.048	3.851	23.507	5.754	0.944
12.5	OINK1/12.5	6.299	3.138	30.069	6.348	0.935
13.0	OINK1/13.0	5.849	3.088	34.185	6.675	0.929
13.5	OINK1/13.5	5.415	3.175	45.354	7.463	0.917
14.0	OINK1/14.0	5.149	3.733	79.774	8.968	0.908
14.5	OINK1/14.5	5.242	4.643	82.222	9.163	0.908
15.0	OINK1/15.0	5.569	6.346	59.292	8.475	0.918
15.5	OINK1/15.5	5.245	5.847	95.453	9.668	0.915
16.0	OINK1/16.0	5.115	6.134	83.246	9.329	0.921
16.5	OINK1/16.5	4.865	5.278	56.476	8.263	0.922
17.0	OINK1/17.0	4.654	4.863	34.917	6.997	0.925
17.5	OINK1/17.5	4.464	4.331	31.224	6.669	0.925
18.0	OINK1/18.0	4.404	4.313	29.729	6.585	0.925
18.5	OINK1/18.5	4.194	3.799	22.979	5.782	0.932
19.0	OINK1/19.0	3.998	3.336	23.295	5.703	0.938
19.5	OINK1/19.5	4.011	3.795	21.405	5.46	0.943
20.0	OINK1/20.0	3.890	4.127	23.400	5.564	0.948
20.5	OINK1/20.5	3.704	3.532	23.423	5.468	0.949
21.0	OINK1/21.0	3.683	4.874	24.55	5.775	0.950
21.5	OINK1/21.5	3.695	6.045	24.707	5.903	0.952
22.0	OINK1/22.0	3.439	8.881	31.244	6.715	0.951
22.5	OINK1/22.5	3.359	12.558	38.505	7.61	0.948
23.0	OINK1/23.0	3.450	15.881	53.835	8.993	0.940
23.5	OINK1/23.5	3.235	18.983	236.796	13.04	0.935
24.0	OINK1/24.0	3.060	19.258	238.272	13.083	0.942
24.5	OINK1/24.5	2.980	19.842	204.507	12.700	0.953
25.0	OINK1/25.0	2.794	24.24	117.843	11.234	0.975
25.5	OINK1/25.5	2.534	35.185	94.075	10.676	0.984
26.0	OINK1/26.0	2.104	25.238	35.09	7.929	0.987
26.5	OINK1/26.5	1.797	33.145	25.979	7.003	0.990
27.0	OINK1/27.0	1.378	24.638	16.361	5.546	0.987
27.5	OINK1/27.5	1.101	22.197	13.042	4.951	0.990
28.0	OINK1/28.0	0.804	13.794	8.528	3.423	0.991



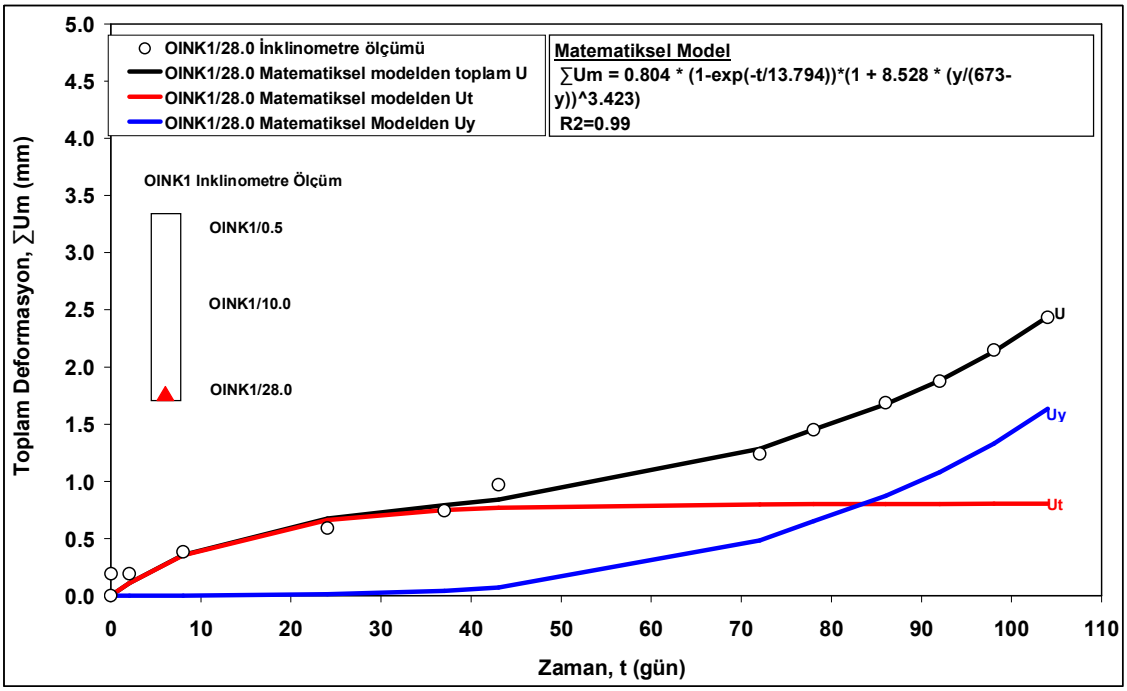
Şekil 4.15. OINK-1 Kuyusundaki alt istasyonlara ait modelden belirlenen zaman- toplam deformasyon davranışı



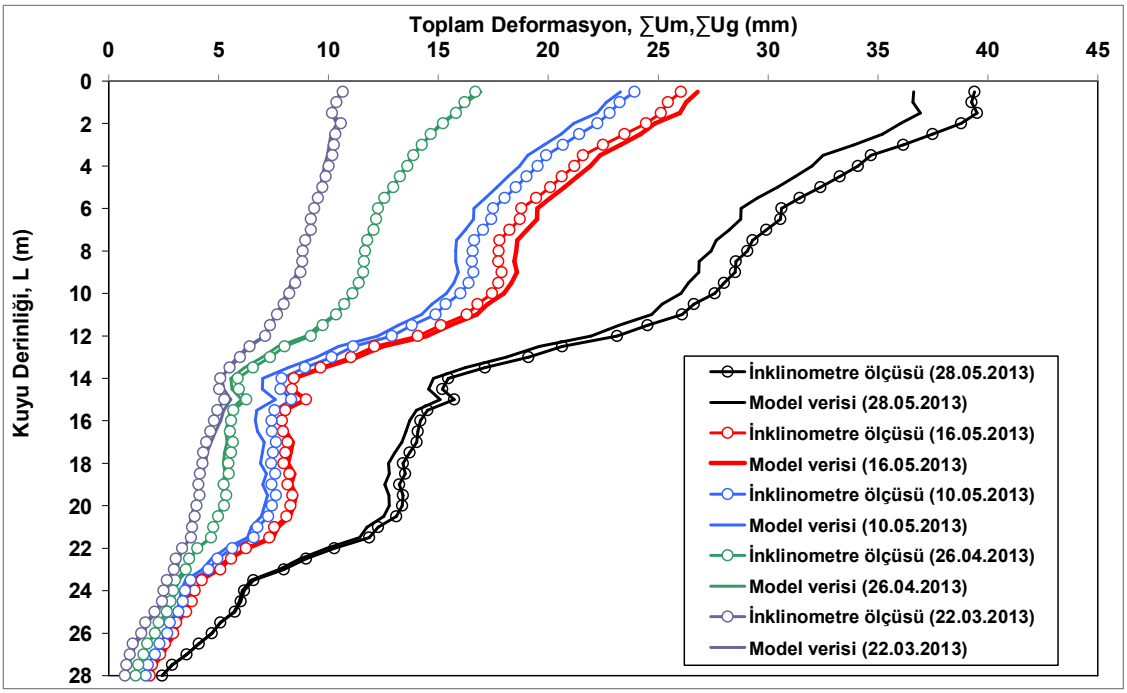
Şekil 4.16. OINK-1/0,5 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



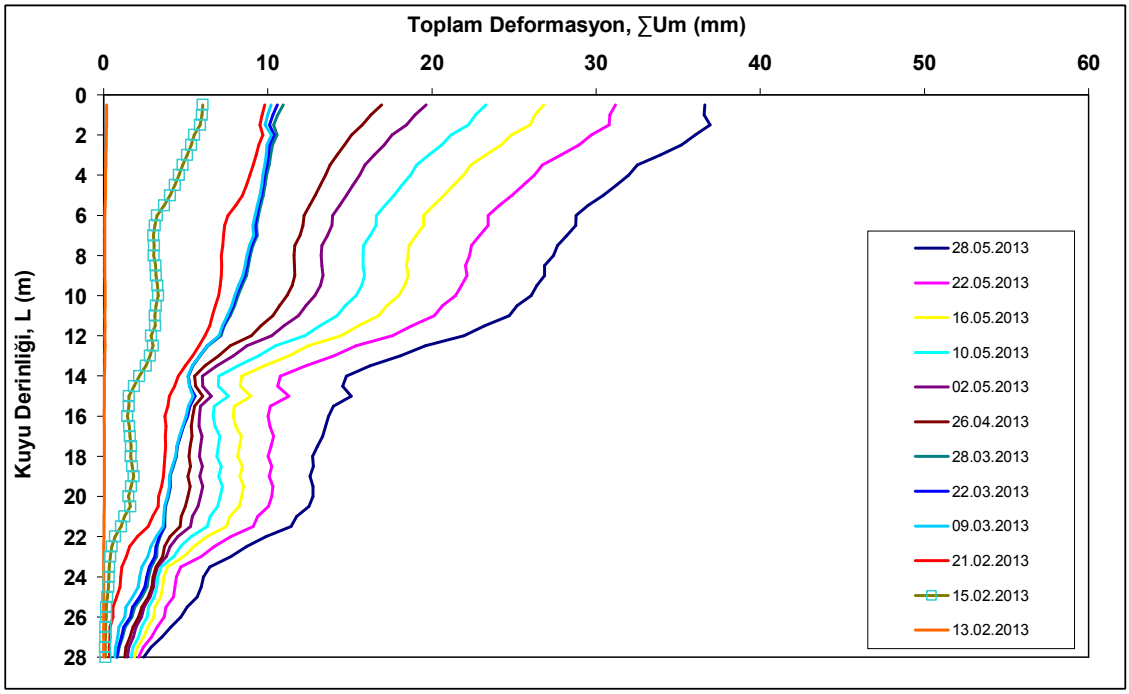
Şekil 4.17. OINK-1/10 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.18. OINK-1/28 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.19. OINK-1 kuyusunda Eşitlik 4.4'ün başarısı

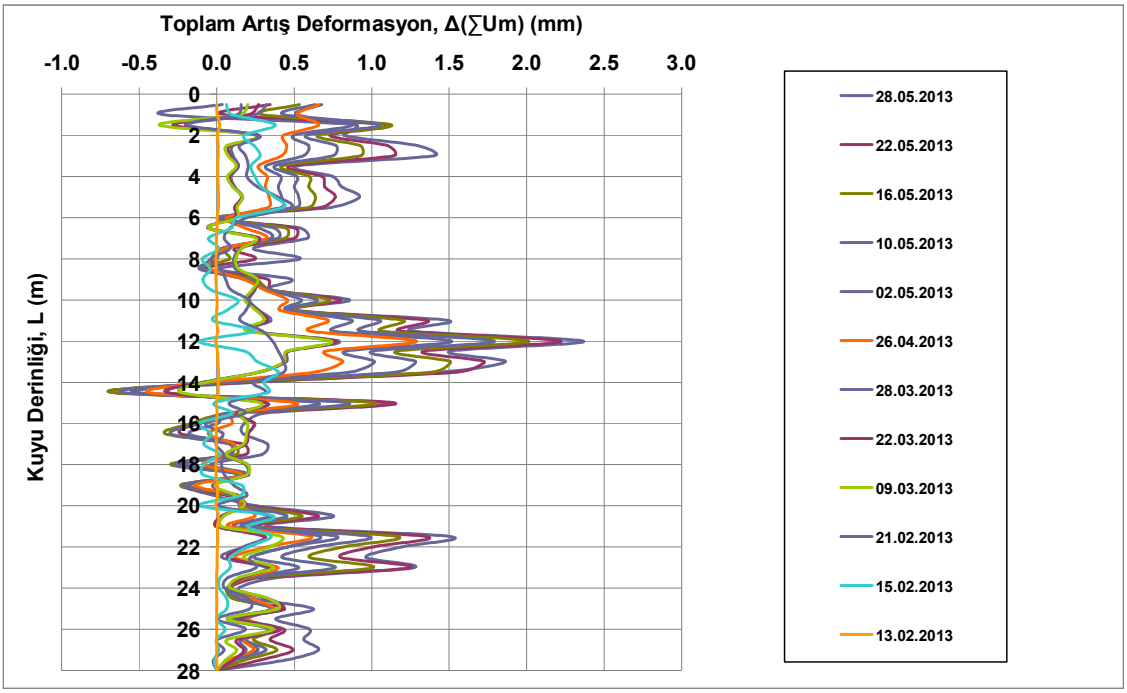


Şekil 4.20. OINK-1 kuyusunun matematiksel model (Eşitlik 4.4) yardımıyla belirlenen deformasyon davranışı

Matematiksel modele ait değerlendirmelerde, modele bağlı toplam deformasyon değerleri ($\sum U_m$) kullanılarak hazırlanan toplam artış deformasyon verileri ($\Delta\sum U_m$) türetilmiş ve Şekil 4.21'de verilmiştir. Hazırlanan bu grafik gerçek, ölçüm sonuçları ile Şekil 4.11 karşılaştırıldığında, her iki grafiksel sunumun birbirleri ile uyumlu olduğu

görülmektedir. Şekil 4.21'den kolaylıkla kuyunun 12. metresinde problem olduğu anlaşılmaktadır. Bu analizlere dayalı olarak her bir ölçüm kuyusundan belirlenen, olası kayma düzleminin geçeceği kritik derinlikler Çizelge 4.12 'de sunulmuştur.

Bölüm 4.3'de analizlerde kullanılacak veri tabanının hazırlanması konusunda, ICNLI-2 programı yardımıyla alınan grafiklerde (CED, CND ve CD) kullanılan verinin, hep ilgilenilen kuyu derinliğindeki noktanın, referans ölçüm tarihine göre olan konumsal yer değişimini belirttiği vurgulanmıştı. Tipik örnek olarak; verilen OINK-1 ölçüm kuyusunda, son ölçüm tarihine (28.05.2013) göre kuyunun 0.5. metresindeki nokta (OINK-1/0.5), toplamda 39.40 mm mesafe kat etmiştir ancak son ölçüm tarihinde (28.05.2013) bu nokta netice itibarı ile ilk referans tarihindeki (13.02.2013) bulunduğu noktadan 12.27 mm uzaklıktadır. Bu durum, kuyunun yeraltı suyu hareketi ile düzensiz bir deformasyona uğramasının sonucudur.



Şekil 4.21. OINK-1 kuyusuna ait toplam deformasyona bağlı artış deformasyon (ID) davranışı

Çizelge 4.12. Orhaneli sahasında tesis edilen inklinometre ölçüm kuyularından belirlenen olası kayma düzlemlerinin geçeceği derinlikler

Kuyu No	Sondaj Derinliği (m)	Ölçüm Kuyu Derinliği (m)	Kurulduğu Tarih ve Ölçüm Sayısı	x, y, z Koord.	Olası Büyük Kayma Derinliği (m)	Olası Büyük Kayma Noktasında Deformasyon (u) ve hız (v) (mm, mm/gün)	Def. Yönü
OINK-1	25	28	27.12.2012 14	4420398 402330 +572	12.00 +560.0	u=2.10 v=0.0269	GB
OINK-2	40	17.5	27.12.2012 15	4420637 402250 +537	6.00 +531.0	u=2.00 v=0.0200	KD
OINK-3	50	46.5	29.01.2013 14	4420820 402172 +530	41.00 +489	u=20.00 v=0.2500	KB
OINK-4	50	47	29.01.2013 13	4421047 402149 +504	31.00 +473.0	u=3.00 v=0.0380	KD
OINK-5	50	43.5	15.01.2013 13	4421309 402089 +507	39.00 +468.0	u=1.20 v=0.0152	GD
OINK-6	35	33.5	24.01.2013 6	4421480 401760 +445	31.5 +413.5	u=0.5 v=0.0172	KB
OINK-7	82	58.5	03.04.2013 6	4421279 401711 +427	51.00 +376.0	u=3.00 v=0.600	GB
OINK-8	80	63	21.02.2013 11	4421177 401674 +423	50.00 +373.0	u=18.00 v=0.3333	KB
OINK-9	70	29	21.02.2013 10	4421004 401579 +422	27.00 +395.0	u=1.75 v=0.0318	KD

Yeraltı suları, ocak içerisinde açığa çıkmaktadır. Ölçüm kuyularının, bulundukları bölgeden yeraltı sularının geçiş miktarlarına ve hızlarına bağlı olarak, takip edilen noktalarının bazen ocak içerisine doğru bazen de farklı yönde hareket ettikleri anlaşılmaktadır. Netice itibarı ile bu tez çalışmasında geliştirilen toplam deformasyon kavramı ile analizler gerçekleşmiştir. Ancak model sonuçları bize her bir ölçüm tarihine ait konumsal yer değişimini vermemektedir. Modelden ulaşılan sonuçların, konumsal yer değişimini ifade eden değerlere dönüştürülmesi için aşağıda sunulan çalışmalar yapılmıştır.

Analizlerde kullanılan tipik bir veri tabanı Çizelge 4.13'de sunulmuştur. Bu çizelgede, INCLI-2 çıktısı olan, mm birimindeki CD deformasyon değerleri, U_g ile ifade edilmiştir. Bu deformasyonların toplanması ile oluşan toplam deformasyon (mm) değerleri ise $\sum U_g$ olarak ifade edilmiştir. Çizelge 4.13'de verilen U_g değerlerinin $\sum U_g$ değerlerine oranlanması ile k değerleri bulunmuştur.

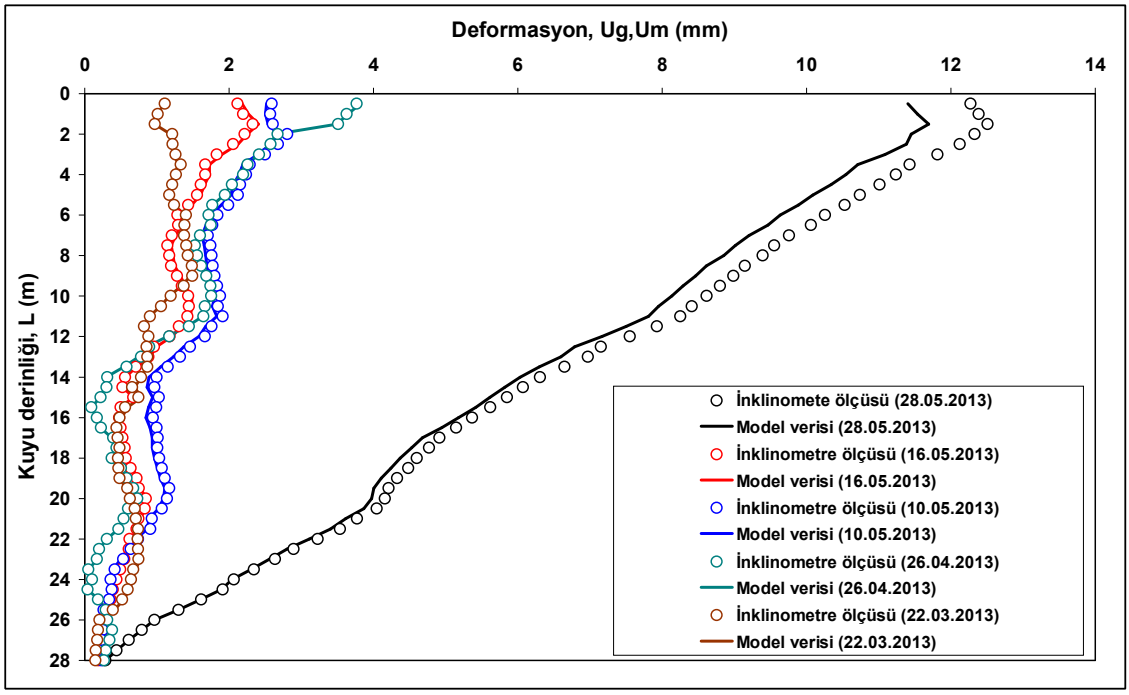
$$k = U_g / \sum U_g \quad (4.8)$$

Eşitlik 4.4 ‘de, kaya ortamlar için verilen modelden bulunan deformasyon değeri Çizelge 4.13’de $\sum U_m$ olarak verilmiştir. Modelden bulunan değerler ($\sum U_m$), analizlerde kullanılan $\sum U_g$ değerleri ile örtüşmektedir (Şekil 4.15-4.20 ile Şekil 4.7-4.9). Eşitlik 4.8’de ifade edilen k değerleri, Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere $\sum U_m$ değerleri çarpılarak bulunan deformasyon değerleri (mm), U_m ile ifade edilmiştir. Aslında belirlenen bu U_m değerleri ile U_g değerleri birbirleri ile uyumludur.

Çizelge 4.13. OINK-1/0.5 alt istasyonu için modelden bulunan toplam deformasyon değerlerinin ($\sum U_m$) konumsal saha yerdeğişim değerlerine (U_m) dönüştürülmesi

Ölçüm Tarihi	İstatistiksel Analizde Kullanılan Veri				Modelden Bulunan $\sum U_m$ (mm)	Düzeltme Katsayısı, k	Düzeltilmiş Model Verisi U_m (mm)
	Top.Zaman t, (gün)	Top.Yağış y, (mm)	Deformasyon, U_g (mm)	Top. Deformasyon, $\sum U_g$ (mm)			
13.02.2013	0.00	33.57	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
13.02.2013	0.04	33.57	6.21	6.21	0.18	1.00	0.18
15.02.2013	2.04	38.73	0.00	6.21	6.05	0.00	0.00
21.02.2013	8.04	54.22	1.89	8.10	9.81	0.23	2.29
09.03.2013	24.04	94.78	1.45	9.55	10.20	0.15	1.54
22.03.2013	37.04	127.25	1.11	10.65	10.58	0.10	1.10
28.03.2013	43.04	142.24	2.27	12.92	10.93	0.18	1.92
26.04.2013	72.04	212.55	3.77	16.69	16.94	0.23	3.82
02.05.2013	78.04	225.42	4.65	21.33	19.64	0.22	4.28
10.05.2013	86.04	238.24	2.59	23.92	23.28	0.11	2.52
16.05.2013	92.04	247.86	2.12	26.04	26.80	0.08	2.18
22.05.2013	98.04	257.48	1.09	27.13	31.18	0.04	1.25
28.05.2013	104.04	267.10	12.27	39.40	36.62	0.31	11.40

Tipik bir örnek olarak verilen Çizelge 4.13’deki model verisine ait düzeltme çalışmaları, sahada kurulan 9 ölçüm kuyusundaki tüm alt istasyonlarda yapılmıştır. Düzeltilmiş model verisi kullanılarak kuyu derinliğine bağlı deformasyon davranışlarını gösteren grafikler hazırlanmıştır. OINK-1 kuyusuna ait hazırlanan grafik, tipik bir örnek olarak Şekil 4.22’de sunulmuştur.



Şekil 4.22. OINK-1 kuyusuna ait saha ölçümü ve düzeltilmiş model verileri ile hazırlanan yer değişimi davranışı

Matematiksel model (Eşitlik 4.4) yardımıyla bulunan model sonuçlarının, k katsayıları (Çizelge 4.13) ile düzeltilmesiyle bulunan sonuçların (U_m) gösterildiği Şekil 4.22 grafiği, Bölüm 4.3'de verilen Şekil 4.8 ile karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu oldukları gözlenmektedir.

Bu bölüm içerisinde (Bölüm 4.5) geliştirilen matematiksel modelin (Eşitlik 4.4), kaya ortamlarına örnek Orhaneli kömür sahasındaki geçerliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen analizler yardımıyla, modelin başarılı olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda matematiksel analiz yöntemi, bu tezde ortaya konmuştur. Örneğin; inklinometre ölçümleri yapan bir saha mühendisinin takip etmesi gereken aşamalar aşağıda verilmiştir.

1. Ölçüm kuyusu içerisindeki alt istasyonlara ait ölçüm tarihlerindeki konumsal yerdeğişimi ifade eden deformasyon değerleri (U_g) belirlenir.
2. Her bir alt istasyon için belirlenen Ug değerleri, ölçüm tarihleri dikkate alınarak toplanır ve kat edilen mesafeyi gösteren toplam deformasyon ($\sum U_g$) değerleri belirlenir.
3. Toplam deformasyon değerleri ($\sum U_g$), kuyu derinliği bazında sıralandıktan sonra, 0.5 m aralıklarda konumlanan alt istasyon noktalarındaki deformasyon

değerleri ($\sum U_g$) birbirlerinden çıkarılır. Bu işlem için, üst derinlik noktasından bir alt derinlik noktasına ait değer çıkarılır ve böylece her bir derinlik için ΔU_g değerleri belirlenir.

4. Kuyu ekseni boyunca, derinlik bazında sıralanan ΔU_g değerleri yardımıyla çizilen grafik, olası kayma düzleminin geçeceği derinliği belirlemektedir. Diğer ölçüm kuyularında belirlenen bu noktalar yardımıyla saha mühendisi, şev kayma bölgesini hem topografik alan (m^2) bazında hem de derinlik (m) bazında tanımlayarak, problem yaratacak olan kaya kütlesinin hacim büyüklüğünü (m^3) belirlemiş olacaktır.
5. Eğer saha mühendisi arzu ederse, kaya ortam için Eşitlik 4.4'ü kullanarak, sahasına ait son istatistiksel sabitleri belirleyebilir. Bu sabitler yardımıyla ölçüm yapılmayan tarihlerdeki inklinometre değerlerini tahmin edebilecektir.

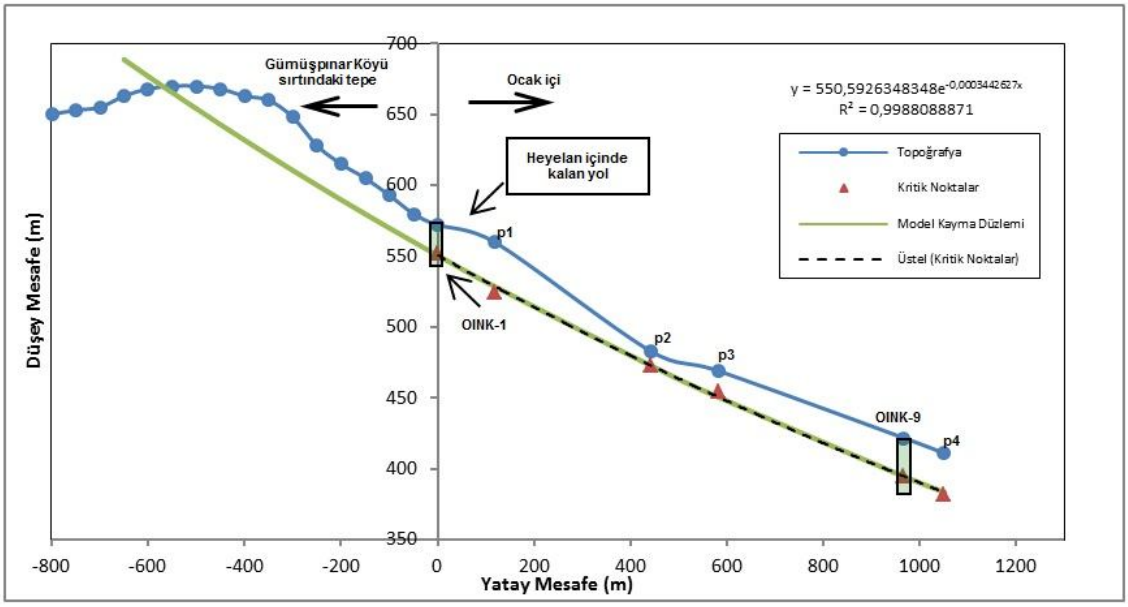
Yukarıda belirtilen aşamalardan, 1., 2. ve 3. aşamaya ait detaylar daha önce verilmişti. Son iki aşamaya ait değerlendirmeler, Orhaneli sahası için takip edilen bölümde sunulmuştur.

Orhaneli sahasında, oluşmasından endişe duyulan şev kayması riskini analiz etmek amacıyla, sahada kurulan 9 adet inklinometre kuyusundan tespit edilen olası kayma düzlemlerinin geçtiği kritik noktalar Çizelge 4.12'de sunulmuştu. Bölüm 3'de, inklinometre ölçüm kuyularının yerlerini gösteren, sahaya ait plan görünüş (Şekil 3.12) dikkate alınarak, inklinometre kuyuları birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. İki boyutlu analiz için gerekli olan bu kuyuların ikili eşleştirilmesi Çizelge 4.14'de sunulmuştur.

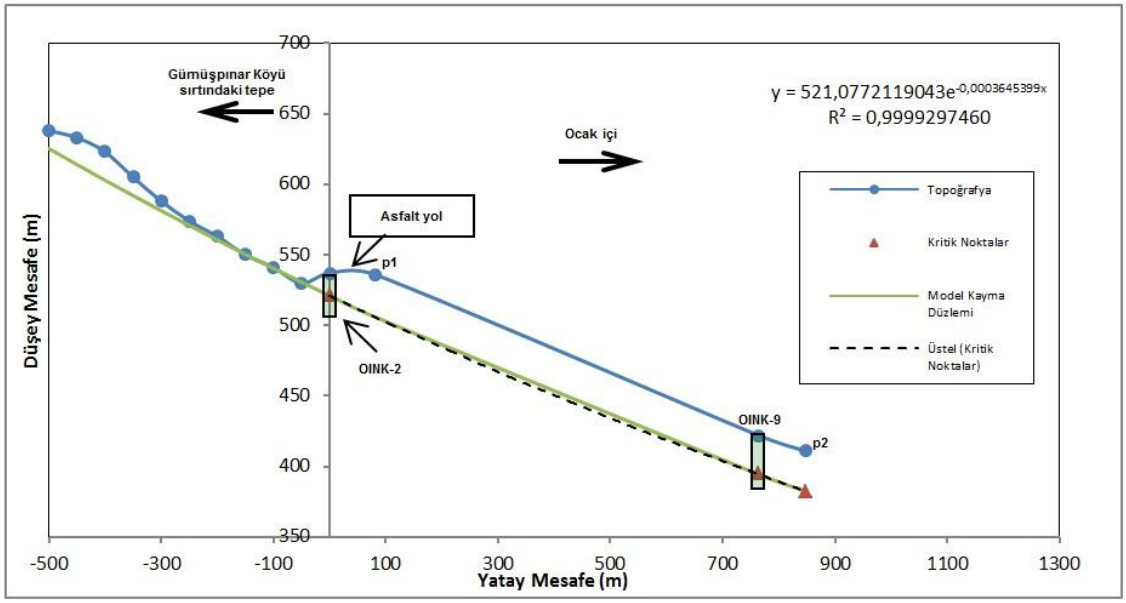
Çizelge 4.14. Orhaneli sahası için olası kayma hatları

Olası Kayma Hattı	İlgili İnklinometre Kuyu isimleri ve konumları	
	Üst Şev	Ocak İçi
1	OINK-1	OINK-9
2	OINK-2	OINK-9
3	OINK-3	OINK-8
4	OINK-4	OINK-8
5	OINK-4	OINK-7
6	OINK-5	OINK-6
7	OINK-5	OINK-7

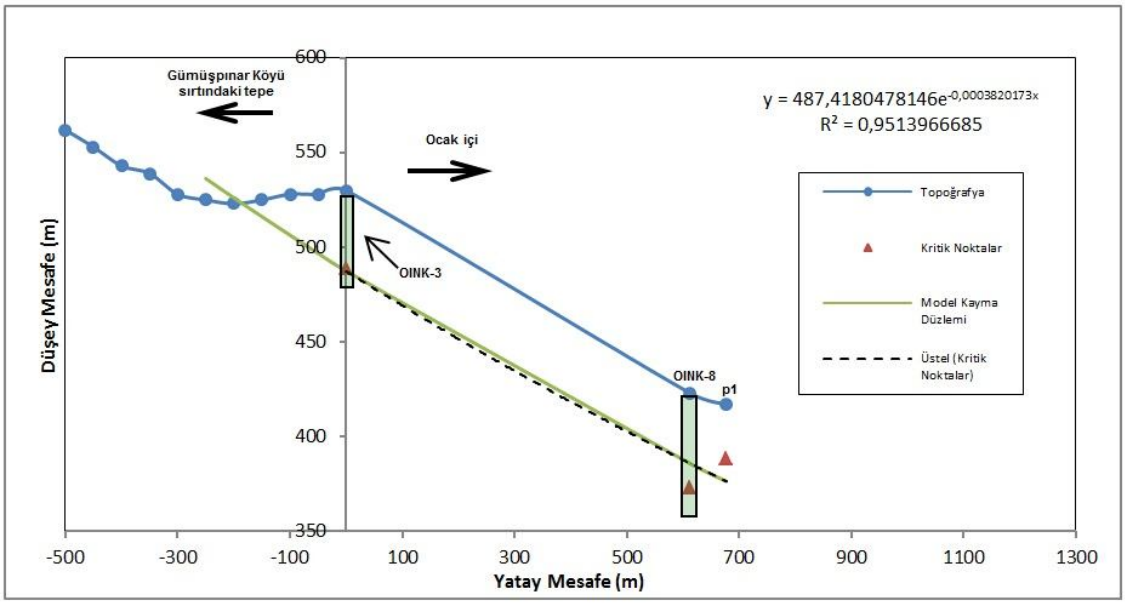
Çizelge 4.14, Çizelge 4.12 ve yer direnci ölçümleri dikkate alınarak, her bir olası kayma hattında oluşacak dairesel kayma yüzeyleri belirlenmiştir. Hazırlanan bu grafikler sırasıyla Şekil 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28 ve 4.29'da sunulmuştur. Belirtilen iki boyutlu analizler sonucunda ilgili grafiklerden (Şekil 4.23-4.29), dairesel kayma yüzeylerinin topografyayı kestiği koordinat noktaları belirlenmiştir. Daha sonra Şekil 4.30'da sunulan plan görünüşte, Orhaneli Gümüşpınar açık ocak linyit sahasında beklenen kayma bölgesi, alansal olarak gösterilmiştir. Ancak Şekil 4.30'da gösterilen kayma alanı bir defada oluşmayacaktır. Sahada etkin parametrelere (mevsimsel değişimler, yağış miktarları, delme-patlatma çalışmaları, kazı çalışmaları, ocak geometrisindeki dinamik değişimler) bağlı olarak, kayma bölgesi kendi içerisinde parça parça alt alanlarda oluşacak ancak kayma işleminin tamamlanması sonucunda Şekil 4.30'da sarı renk çizgi ile ifade edilen alanın tamamının kaymış olacağı tahmin edilmektedir.



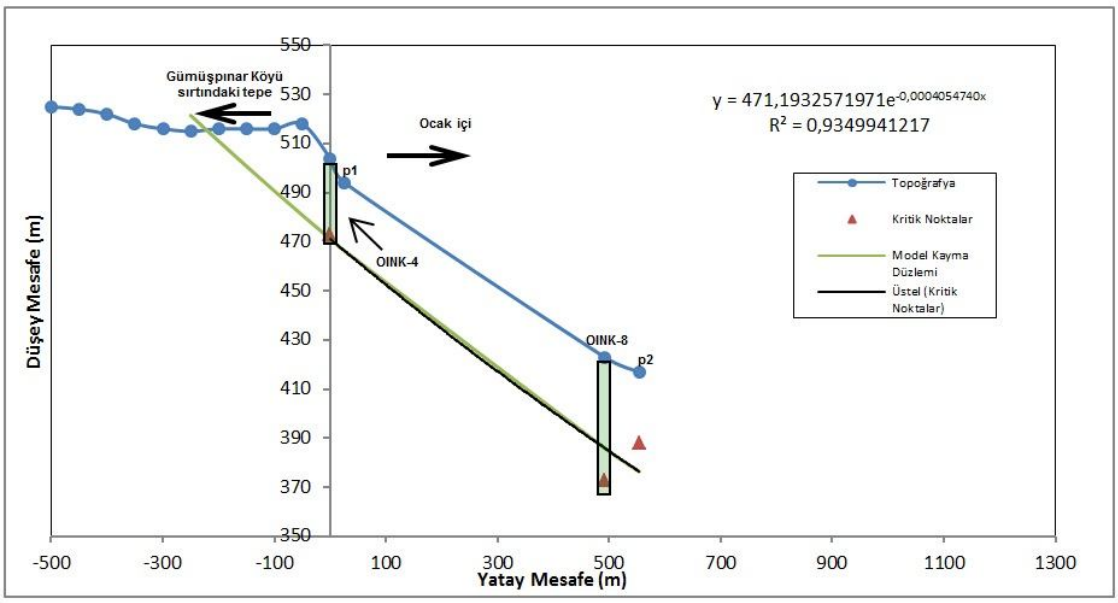
Şekil 4.23. Olası kayma düzlemi-1'e ait iki boyutlu analiz sonucu



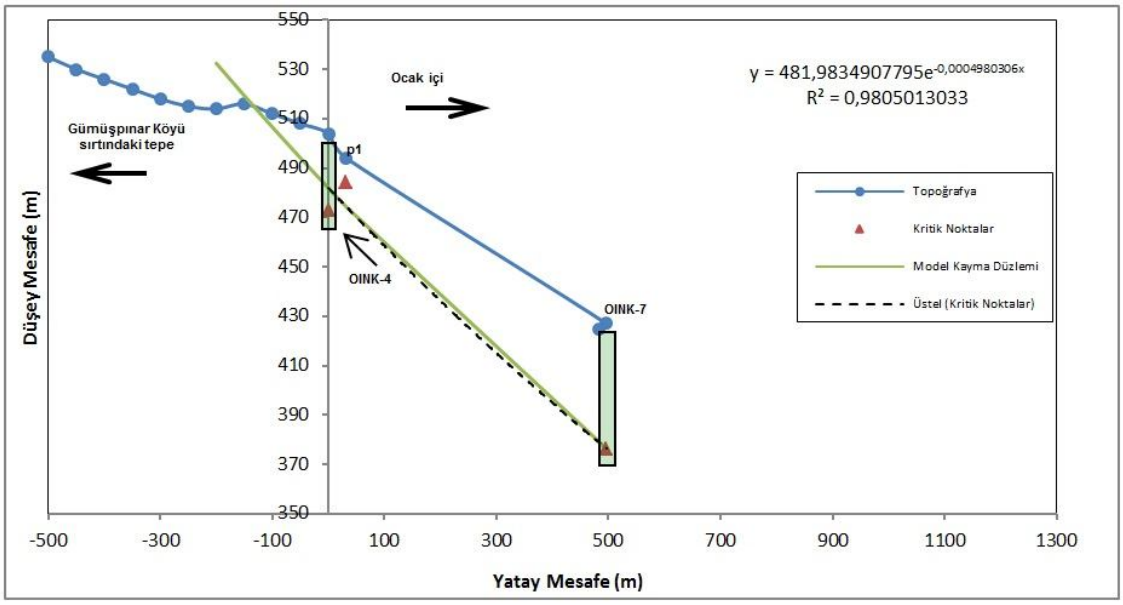
Şekil 4.24. Olası kayma düzlemi-2'ye ait iki boyutlu analiz sonucu



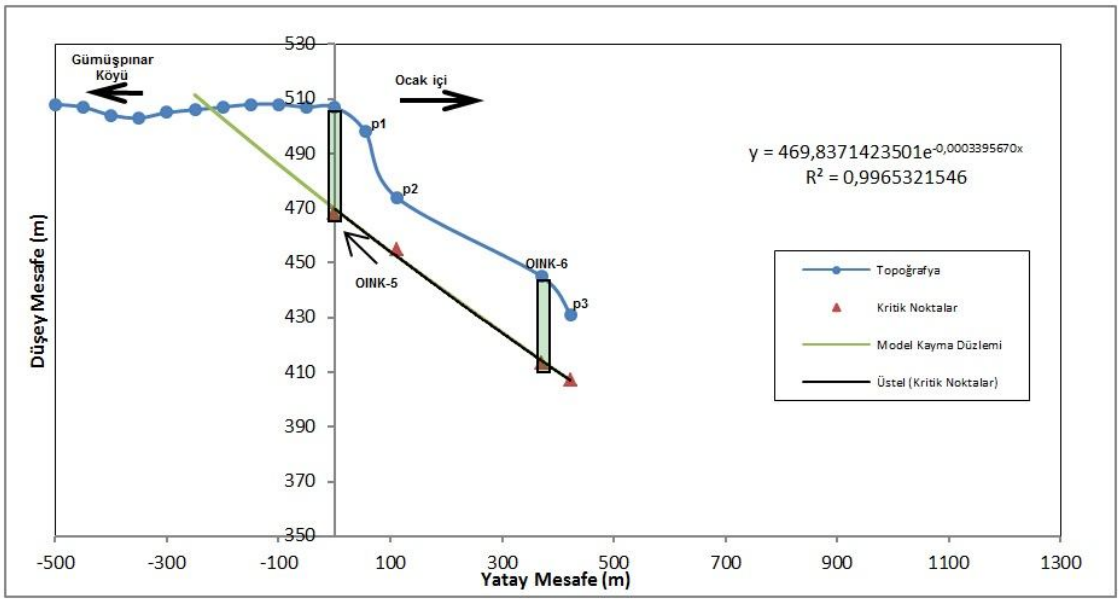
Şekil 4.25. Olası kayma düzlemi-3'e ait iki boyutlu analiz sonucu



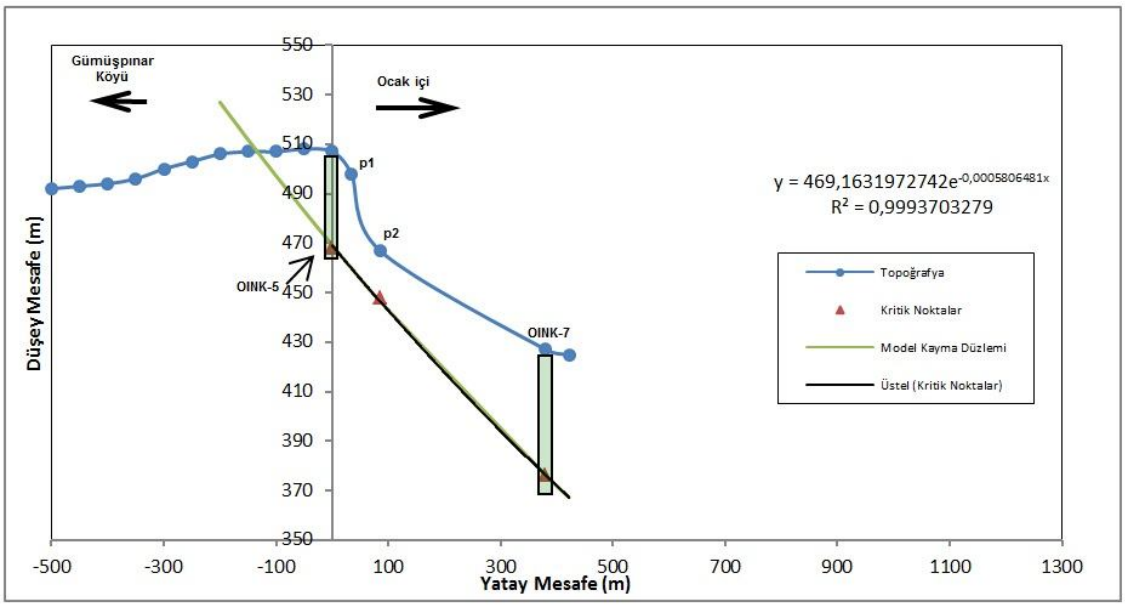
Şekil 4.26. Olası kayma düzlemi-4'e ait iki boyutlu analiz sonucu



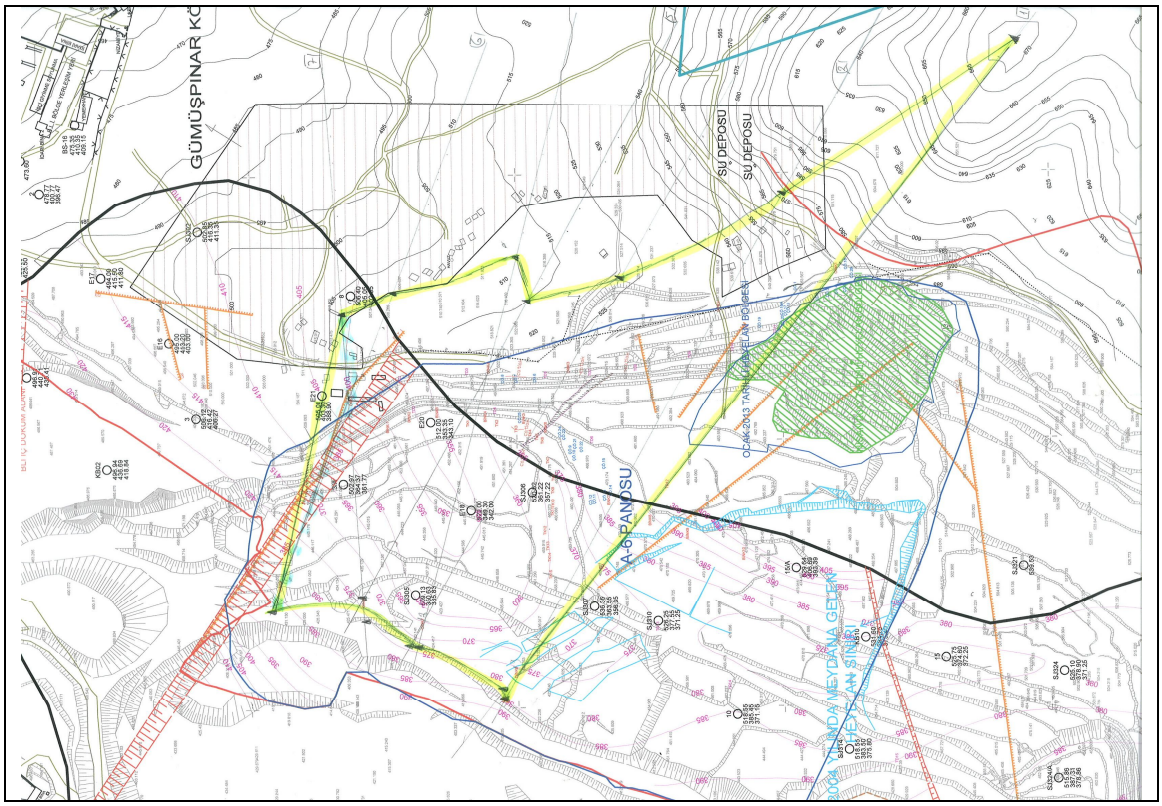
Şekil 4.27. Olası kayma düzlemi-5'e ait iki boyutlu analiz sonucu



Şekil 4.28. Olası kayma düzlemi-6'ya ait iki boyutlu analiz sonucu



Şekil 4.29. Olası kayma düzlemi-7'ye ait iki boyutlu analiz sonucu

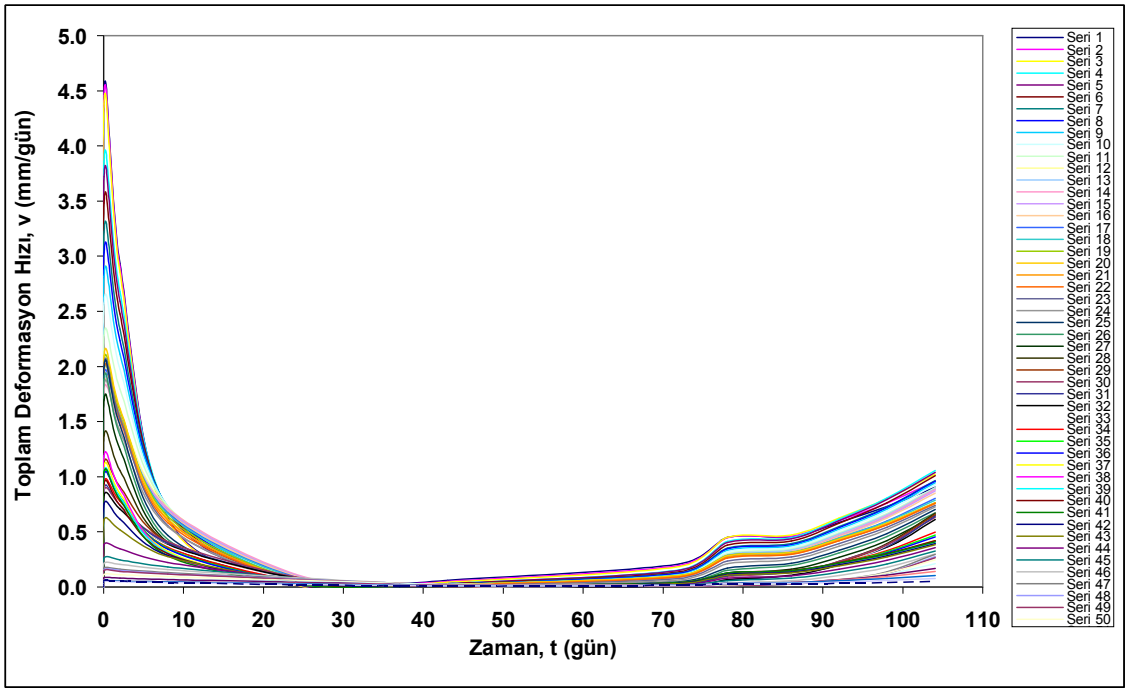


Şekil 4.30. Orhaneli Gümüşpınar linyit açık ocağında tahmin edilen şev kayma alanı

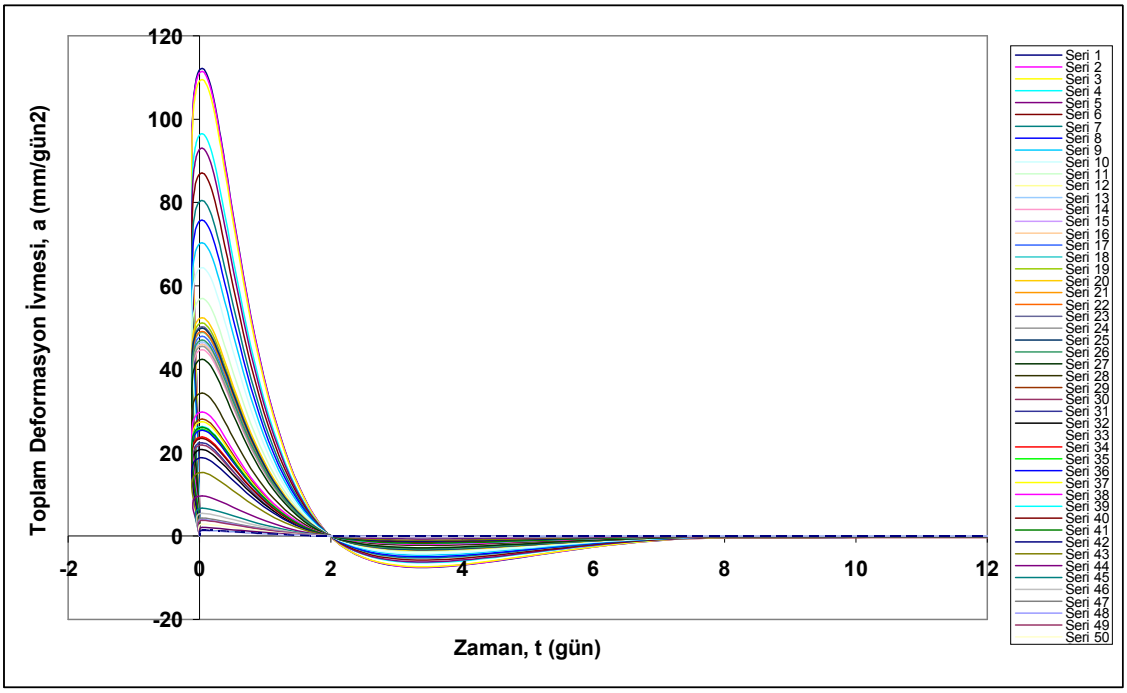
Bu tez kapsamında geliştirilen matematiksel analiz yöntemi ile kaya ortamın geçerli olduğu Orhaneli linyit ocağında, olası şev kaymasına ait alansal ve hacimsel büyüklükler belirlenmiştir (Şekil 4.23-4.30). Ancak beklenen bu duraysızlığın ne zaman gerçekleşeceği sorusunun cevabı için hız ve ivmesel değişimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için modelden bulunan değerler üzerinde yapılan analizlerde, ilgilenilen noktanın konumsal yerdeğişimleri yerine (U_m), yine ölçüm sürecinde almış olduğu toplam mesafe değerlerinin ($\sum U_m$), kullanılması gerekmektedir. Belirtilen durum dikkate alınarak, model sonuçları yardımıyla hız ve ivme grafikleri hazırlanmıştır. OINK-1 kuyusundaki her bir alt istasyona ait hız davranışları Şekil 4.31'de sunulmuştur. Bütün alt istasyonlara ait ivmesel değişimler ise Şekil 4.32'de görülmektedir. Şekil 4.31 ve 4.32'nin daha iyi anlaşılabilmesi için OINK-1 kuyusundan, belirlenen olası kayma düzleminin geçeceği en kritik nokta (Şekil 4.21, Çizelge 4.12) olan OINK-1/12.0 alt istasyonuna ait hız ve ivme davranışları Şekil 4.33 ve 4.34'de verilmiştir.

Şekil 4.33'de ifade edilen hız davranışından, hareket eden bloğun, 37. günde şevin altındaki bloklar tarafından dengelendiği, ancak daha sonra deformasyon hızının tekrar arttığı ve aynı anda ivmenin sıfır olduğu görülmektedir (Şekil 4.34). İvmesel

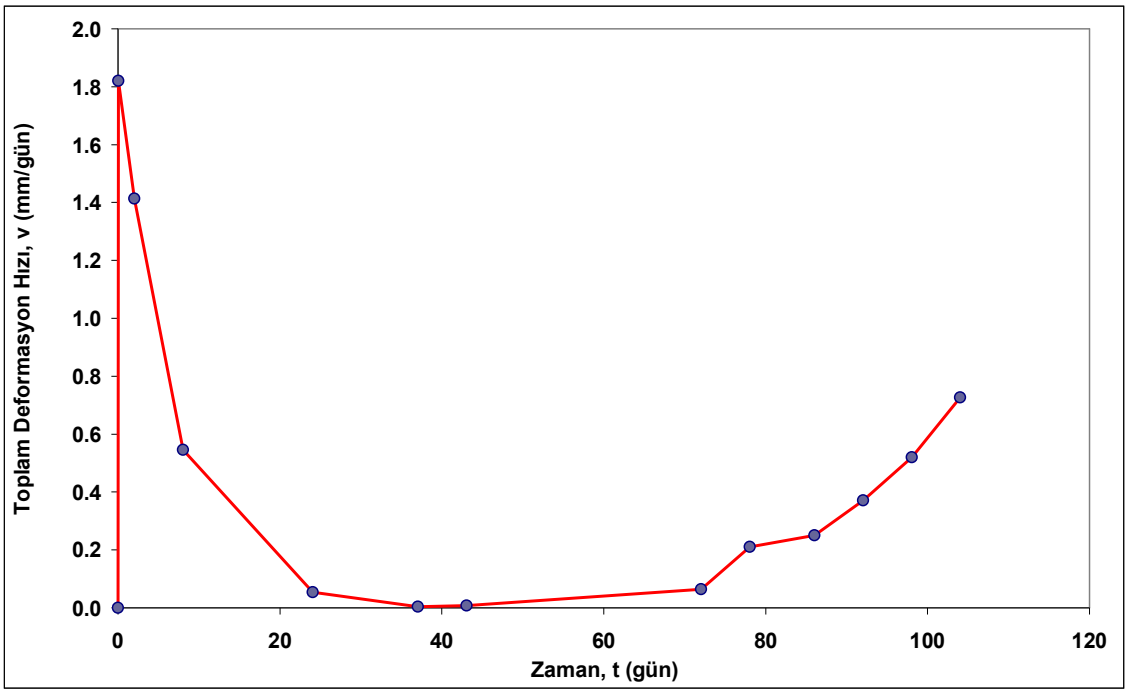
değerler, 72. gün (26.04.2013) tekrar artmaya başlamaktadır. Bahsedilen bu zaman, ocakta delme – patlatma çalışmalarının başladığı döneme karşılık gelmektedir. Daha önce yaşanan şev duraysızlıklarında genel olarak hız değerlerinin, 1mm/gün değerinin üzerine çıkılınca oluştuğu, literatür bilgilerden bilinmektedir. Tipik olarak verilen OINK-1/12 alt istasyonuna ait hız değeri, henüz 0.8 mm/gün seviyesindedir. Diğer kuyulara ait sonuçlar ise Çizelge 4.12'de görülmektedir. Bu koşullar altında, yakın gelecekte önlem alınmaz ise sahada önemli şev duraysızlıklarının yaşanması kaçınılmaz görünmektedir.



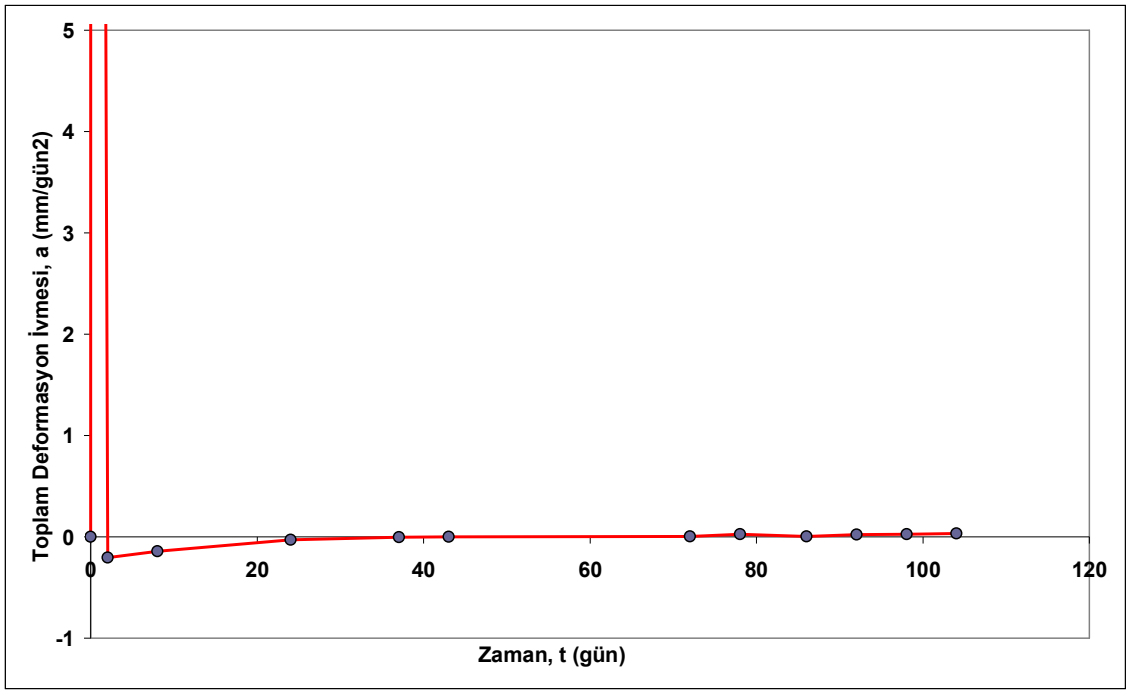
Şekil 4.31. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan hız-zaman davranışı



Şekil 4.32. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan ivme-zaman davranışı

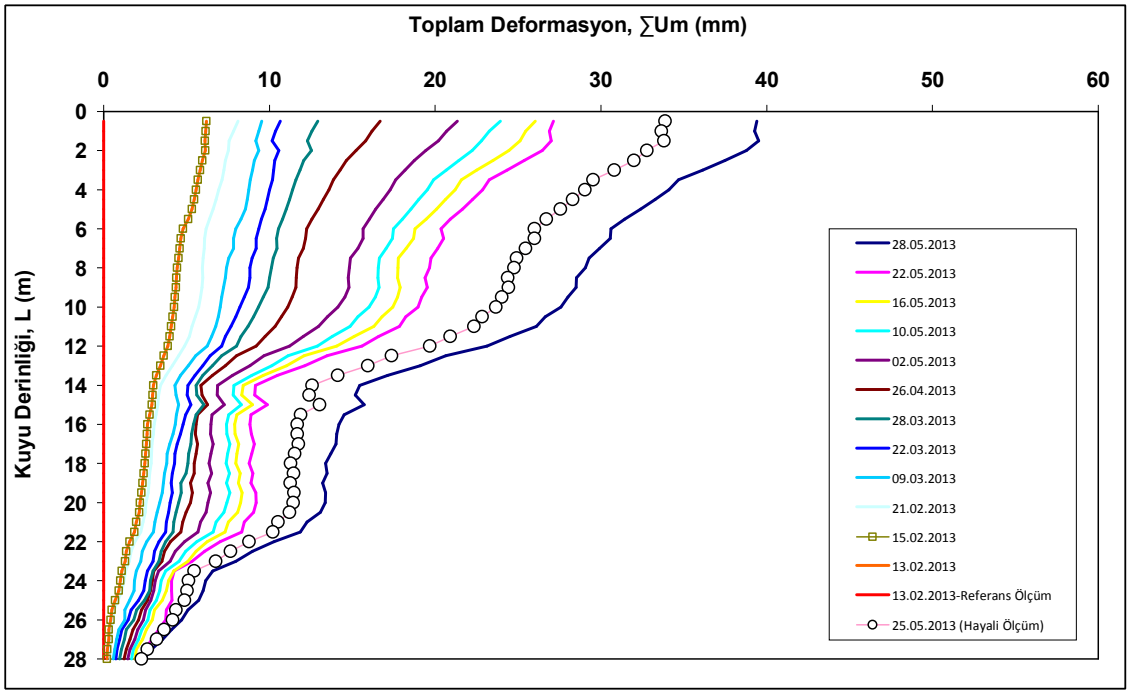


Şekil 4.33. OINK-/12.0 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan hız-zaman davranışı

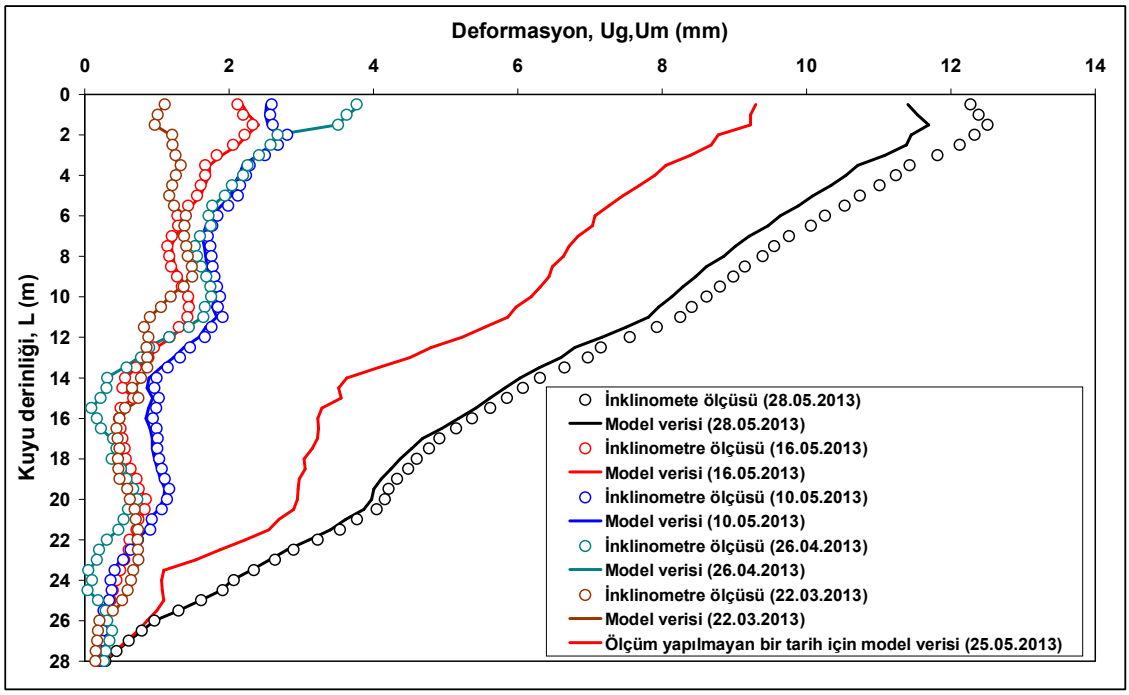


Şekil 4.34. OINK-/12.0 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan ivme-zaman davranışı

Yukarıda verilen tüm analiz sonuçlarına göre, geliştirilen modelin (Eşitlik 4.4) başarılı olduğu anlaşılmıştır. Ancak ölçüm yapılmayan bir tarihte model, gerçekçi sonuçlar üretebilecek mi sorusuna cevap aranmıştır. Bunun için rastgele seçilen bir tarihte, modelden bulunacak inklinometre verilerinin gerçek ölçüm tarihine göre, grafikte nasıl yer alacağı önemlidir. Bu kontrol için gerçek ölçümlerin yapıldığı 22.05.2013 ve 28.05.2013 tarihleri arasında kalan, 25.05.2013 tarihi seçilmiştir. Rastgele seçilen bu tarih için analizde kullanılacak zaman (t) 101. gün ve toplam yağış miktarı 262 mm'dir Girdi değerleri ve belirlenen istatiksel katsayılar (Çizelge 4.11) modelde yerlerine konularak, toplam deformasyon ($\sum U_m$) değerleri bulunmuş ve Şekil 4.35 hazırlanmıştır. Ayrıca toplam deformasyon değerleri ($\sum U_m$), k (düzeltme katsayısı) ile düzeltilmiş, bulunan U_m değerleri kullanılarak Şekil 4.36 hazırlanmıştır. Her iki şekilde de ölçüm yapılmamıştır ancak model yardımı ile tahmin edilen $\sum U_m$ ve U_m değerlerinin, kendisinden bir önceki (22.05.2013) ve bir sonraki (28.05.2013) tarihlerdeki ölçüm sonuçlarının arasında çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.35. OINK-1 kuyusundaki gerçek ölçümler ve 25.05.2013 tarihindeki model verisinden belirlenen toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı



Şekil 4.36. OINK-1 kuyusundaki gerçek ölçümler ve 25.05.2013 tarihindeki model verisinden düzeltilerek belirlenen yerdeğişim (U_m) davranışı

4.5. Çumra Tarım Havzasında Yapılan İnklinometre Ölçümlerinin Yeni Matematiksel Model ile Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, ön analiz çalışmalarının gerçekleştirildiği Abditolu (ABT) kuyusundaki sonuçlara göre önerilen yeni eşitlik aşağıda sunulmuştur (Eşitlik 4.9). Çumra sahası (toprak ortam) için önerilen eşitliğin, Orhaneli sahası için önerilen eşitlikten (Eşitlik 4.4) küçük bir farkı bulunmaktadır. Eşitlik 4.4'de 673-y ifadesi yerine Çumra havzası için önerilen aşağıdaki eşitlikte 670-y ifadesi gelmektedir. Eşitlik 4.9'da kullanılan 670 rakamı aslında Çumra havzasına iki yıl boyunca düşen yağmur miktarına karşılık gelmektedir (Çizelge 4.15). Bir başka ifade ile havzaya 2 yılda 670 mm miktarında yağmur düşmektedir.

Çizelge 4.15. Çumra havzasına düşen yağış miktarı

Sıra	Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2000	75	43,9	24,6	31,8	114,8	34,5	0	1,9	1,8	33,7	1	28,1
2	2001	1,4	17,9	12,4	30,8	100,6	0	10,9	9,5	3	9,1	80,4	99,3
3	2002	29,8	12,1	22,3	91	22,8	13,2	27,1	16,4	56,9	14,7	22,1	57,7
4	2003	18,8	74,8	58,9	105	14,8	6,7	0	0	13,9	14,7	21,6	57,2
5	2004	51,7	33,9	9,6	38,4	12,2	14,4	12,8	0	0	1,6	72,3	5,5
6	2005	28,1	16,3	8,5	29,9	24,4	28,7	0,9	3,1	27,6	24,4	64,1	12,1
7	2006	32	16,8	19	25,8	28,5	15,2	6,2	13,4	24,6	36,7	24,3	0,2
8	2007	32,7	37,2	25,1	11,2	3,6	37,5	0	0,1	16,6	8,3	81,6	60,4
9	2008	22,5	23,9	40,3	9,1	23,3	8,2	0	0	42,7	21,2	25,2	48,8
10	2009	77,4	39,5	24,2	28,6	33,7	7,4	14,6	0	17,4	24,9	52	59,3
11	2010	43,6	33,3	12,1	67,4	12,4	47,9	0	0	1,6	62,6	4,2	106,8
12	2011	52,9	40,1	44,2	48	52,5	39,5		1	3,8	32,1	29,2	24,9
13	2012	37,1											
14	2013												
	Ort.(mm)	**38,69**	**32,48**	**25,10**	**43,08**	**36,97**	**21,10**	**6,04**	**3,78**	**17,49**	**23,67**	**39,83**	**46,69**
	Ort.(mm/gün)	1,248	1,160	0,810	1,436	1,192	0,703	0,195	0,122	0,583	0,763	1,328	1,506

$$U_m = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[1+C(y/(670-y))^D] \quad (4.9)$$

Eşitlik 4.9'da A,B,C,D katsayıları istatistiksel sabitler olup, t zaman (gün) ve y toplam yağış miktarıdır(mm). U_m ise noktanın kat ettiği toplam mesafeyi tanımlayan, toplam deformasyon toplam deformasyondur (mm). Orhaneli için önerilen eşitlikte olduğu gibi eşitlik aslında iki temel parçadan oluşmaktadır.

$$U_{mt} = A\,[1-e^{(-t/B)}] \quad (4.10)$$

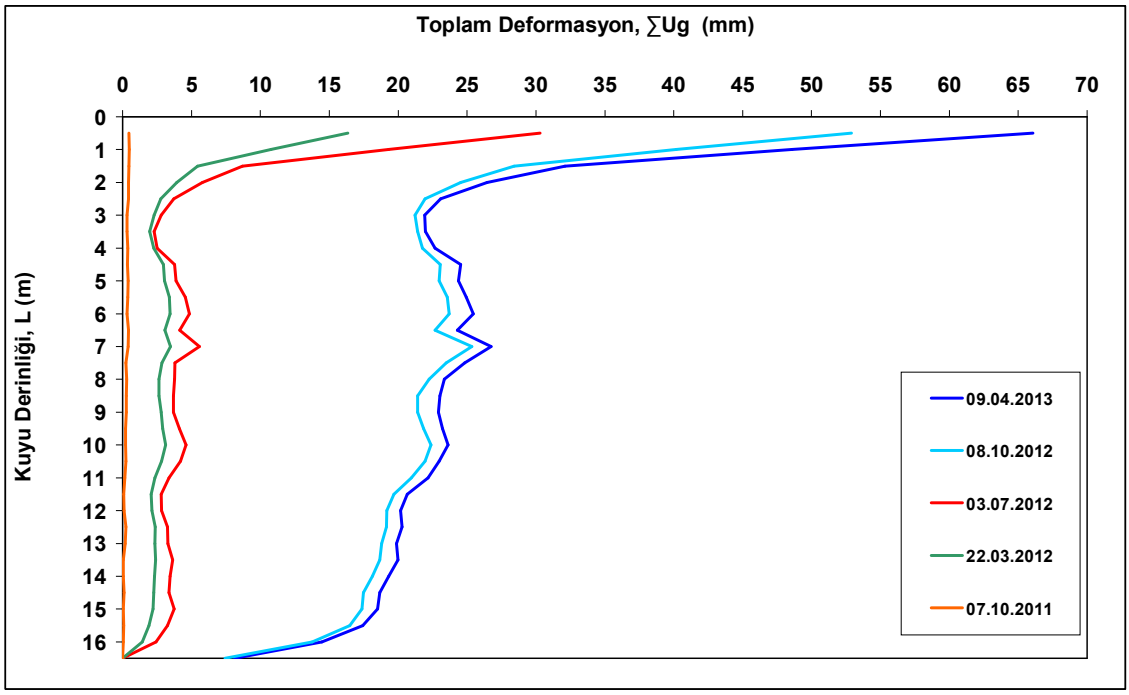
$$U_{my} = A\,[1-e^{(-t/B)}]\,[C(y/(670-y))^D] \quad (4.11)$$

Eşitlik 4.10 zamana (gün) bağlı olup, Eşitlik 4.11 ise toplam yağış miktarına (mm) bağlıdır. Eşitlik 4.12'de görüldüğü üzere her iki eşitlikten bulunan değerlerin toplamı, aranan toplam deformasyon değerini vermektedir.

$$U_m = U_{mt} + U_{my} \tag{4.12}$$

Bu bölümde modelin Çumra havzasına ait ölçüm kuyularından tipik bir örnek olarak Abditolu kuyusundaki analiz sonuçları verilecektir. Diğer 10 kuyuya ait sonuçlar tezin ekler bölümünde sırasıyla sunulmuştur.

INCLI-2 yazılım programı aracılığı ile alınan text verileri yardımıyla hazırlanan Şekil 4.37'de gösterilen, kat edilen mesafeyi tanımlayan toplam deformasyon değerleri ile hazırlanan veri tabanı kullanılarak Eşitlik 4.9'da belirtilen model SPSS V16 programında test edilmiştir. Kullanılan veri tabanına tipik bir örnek Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu çizelgede aynı zamanda modelden elde edilen veriler de görülmektedir. Abditolu kuyusuna ait istatistiksel sonuçlar topluca Çizelge 4.17'de sunulmuştur.



Şekil 4.37. Abditolu kuyusuna ait zamana bağlı toplam deformasyon davranışı

Çizelge 4.16. Abditolu kuyusunda konumlanan ABT/0.5 alt istasyonuna ait gerçek ve model verileri

Ölçüm tarihi	Zaman aralığı (gün)	Toplam Zaman, t (gün)	Toplam yağış, y (mm)	Deformasyon, U_g (mm)	Toplam Deformasyon, $\sum U_g$ (mm)	Modelden Toplam Deformasyon, $\sum U_m$ (mm)
07.10.2011	0	0	7,63	0,00	0,00	0,00
07.10.2011	0,04	0,04	7,63	0,45	0,45	0,46
22.03.2012	162,96	163	199,17	15,90	16,35	25,39
03.07.2012	103	266	308,165	13,96	30,31	35,39
08.10.2012	97	363	340,884	22,60	52,91	38,83
09.04.2013	183	546	522,664	13,41	66,31	69,66

Çizelge 4.17. Abditolu kuyusu için Eşitlik 4.8'e ait SPSS çıktıları

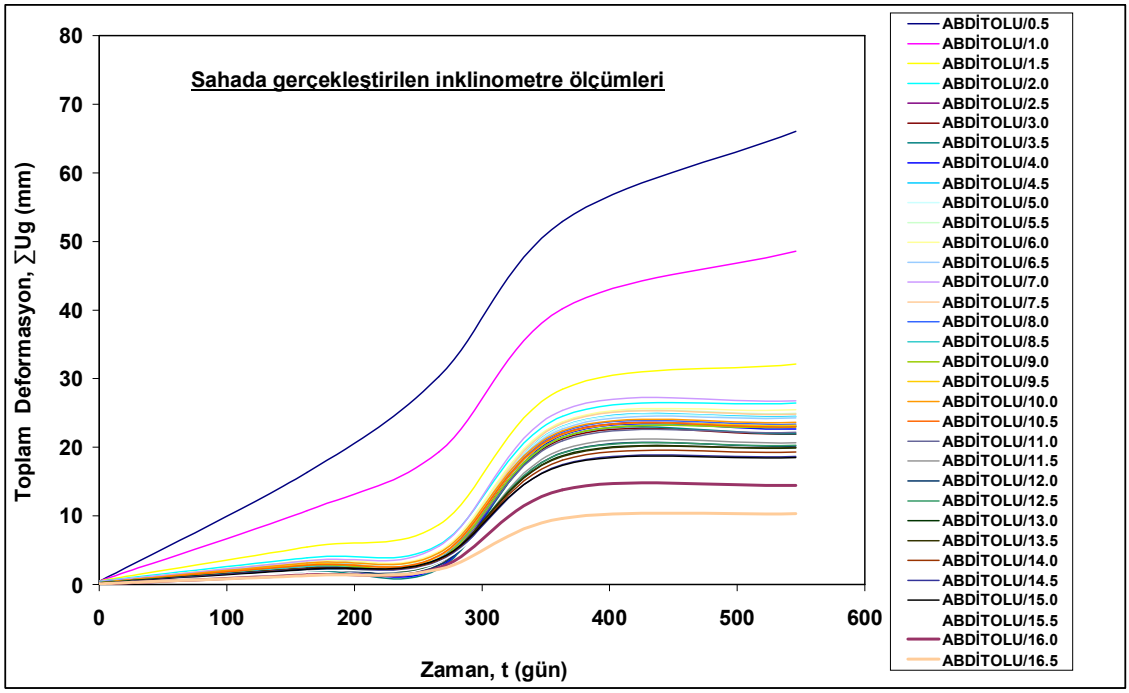
Derinlik (m)	Alt İstasyon no	A	B	C	D	R^2
0,5	ABT/0.5	0,024	0,383	1590,145	0,475	0,915
1.0	ABT/1.0	0,014	0,216	1958,345	0,504	0,883
1,5	ABT/1.5	0,007	0,096	2364,813	0,562	0,801
2.0	ABT/2.0	0,005	0,070	2644,979	0,579	0,754
2,5	ABT/2.5	0,004	0,046	3042,744	0,610	0,713
3.0	ABT/3.0	0,003	0,058	3364,701	0,626	0,689
3,5	ABT/3.5	0,003	0,053	3554,307	0,643	0,674
4.0	ABT/4.0	0,003	0,042	3420,978	0,642	0,686
4,5	ABT/4.5	0,004	0,064	2972,941	0,618	0,717
5.0	ABT/5.0	0,004	0,055	2912,779	0,612	0,718
5,5	ABT/5.5	0,004	0,070	2844,924	0,594	0,728
6.0	ABT/6.0	0,004	0,085	2796,521	0,597	0,739
6,5	ABT/6.5	0,004	0,052	2875,175	0,610	0,728
7.0	ABT/7.0	0,005	0,08	2868,959	0,585	0,736
7,5	ABT/7.5	0,004	0,105	3028,289	0,618	0,713
8.0	ABT/8.0	0,004	0,073	3094,734	0,613	0,712
8,5	ABT/8.5	0,004	0.001	3035,21	0,623	0,724
9.0	ABT/9.0	0,004	0,088	2931,924	0,616	0,724
9,5	ABT/9.5	0,004	0,133	2929,299	0,604	0,728
10.0	ABT/10.0	0,004	0,149	2840,776	0,590	0,773
10,5	ABT/10.5	0,004	0,112	2945,528	0,596	0,721
11.0	ABT/11.0	0,003	0,143	3258,382	0,624	0,712
11,5	ABT/11.5	0,003	0,315	3196,473	0,631	0,702
12.0	ABT/12.0	0,003	0,192	3226,945	0,627	0,705
12,5	ABT/12.5	0,003	0,088	3147,31	0,615	0,718
13.0	ABT/13.0	0,003	0,112	3137,063	0,612	0,719
13,5	ABT/13.5	0,003	0,412	2971,847	0,608	0,733
14.0	ABT/14.0	0,003	0,398	2941,656	0,608	0,73
14,5	ABT/14.5	0,003	0,201	2921,459	0,606	0,731
15.0	ABT/15.0	0,003	0,407	2991,093	0,597	0,739
15,5	ABT/15.5	0,003	0,267	3132,889	0,605	0,727
16.0	ABT/16.0	0,002	0,334	3360,432	0,618	0,714
16,5	ABT/16.5	0,002	0,112	2806,324	0,593	0,745

A,B,C ve D katsayıları genel olarak sırasıyla 0.002-0.024, 0.073-0.412, 1590.145-3554.307 ve 0.475-0.643 aralığında değişmektedir. İstatistiksel başarıyı gösteren R^2 değerleri ise genelde 0,7'den büyüktür.

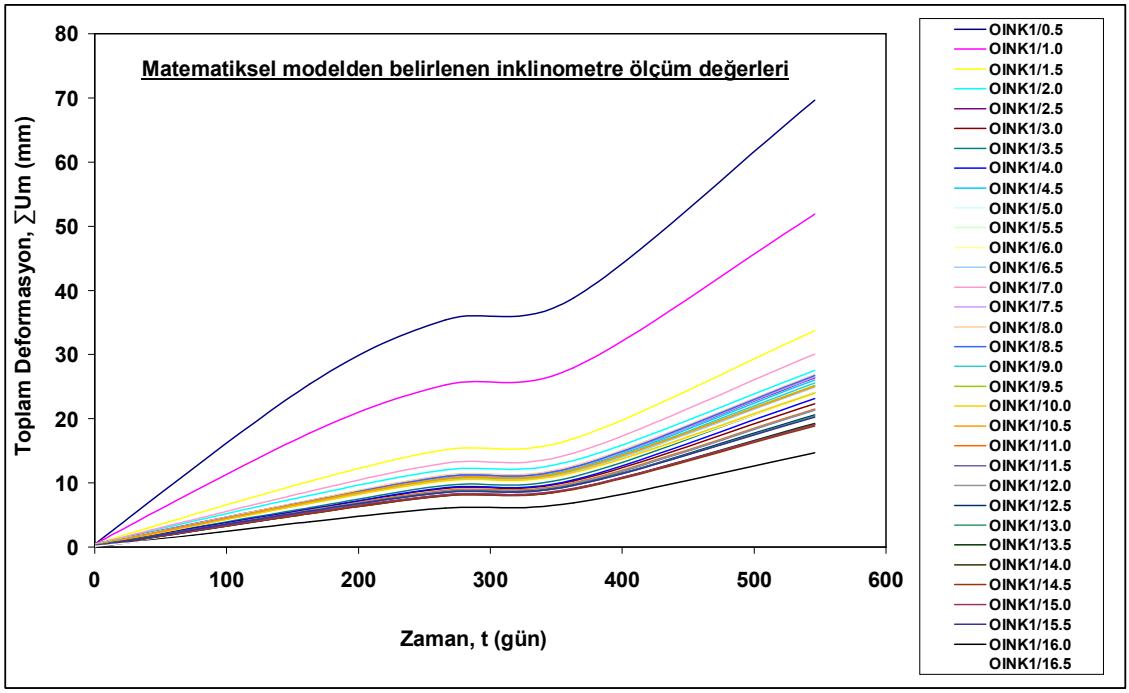
Abditolu kuyusuna ait tüm alt istasyonların zaman-toplam deformasyon davranışları topluca Şekil 4.38 (a)'da verilmiştir. Ayrıca matematiksel model yardımıyla, Abditolu kuyusuna ait bütün alt istasyonlar için bulunan zaman-toplam deformasyon davranışları, Şekil 4.38 (b)'de sunulmuştur. Sonuçların birbirleriyle uyumlu oldukları görülmektedir. Dikkate alınan Abditolu kuyusundan tipik olarak seçilen, ABT/0.5, ABT/10 VE ABT/16.5 numaralı alt istasyonların zaman-toplam deformasyon davranışları Şekil 4.25, 4.26 ve Şekil 4.27'de verilmiştir. Ayrıca bu grafiksel sunumlarda, model yardımıyla belirlenebilen, zamana bağlı U_{mt} ve yağışa bağlı U_{my} eğrileri de sunulmuştur. Grafiklerden görüldüğü üzere, zamana bağlı davranışların çok küçük ancak yağışa bağlı deformasyonların daha fazla olduğu görülmektedir. Bu ölçüm kuyularının, düz bir topografyada oldukları göz önüne alınırsa, zamana bağlı deformasyonların, yağışa bağlı deformasyonlardan daha az olması beklenen bir durumdur.

Eşitlik 4.9'da ifade edilen modelin başarısını görmek amacıyla Şekil 4.42 hazırlanmıştır. Şekil 4.42'de sunulan grafikten, gerçek toplam veriler ($\sum U_g$) ile modelden belirlenen $\sum U_m$ değerlerinin örtüştükleri görülmektedir.

Eşitlik 4.9'da belirtilen matematiksel model yardımıyla hazırlanan tüm ölçüm tarihlerine göre inklinometre sonuçları, Şekil 4.43'de topluca verilmiştir. Şekil 4.37, sahada gerçekleştirilen inklinometre ölçümleriyle hazırlanmış olan toplam deformasyon grafiği Şekil 4.43 ile karşılaştırıldığında gerçek sonuçlar ile model sonuçlarının uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

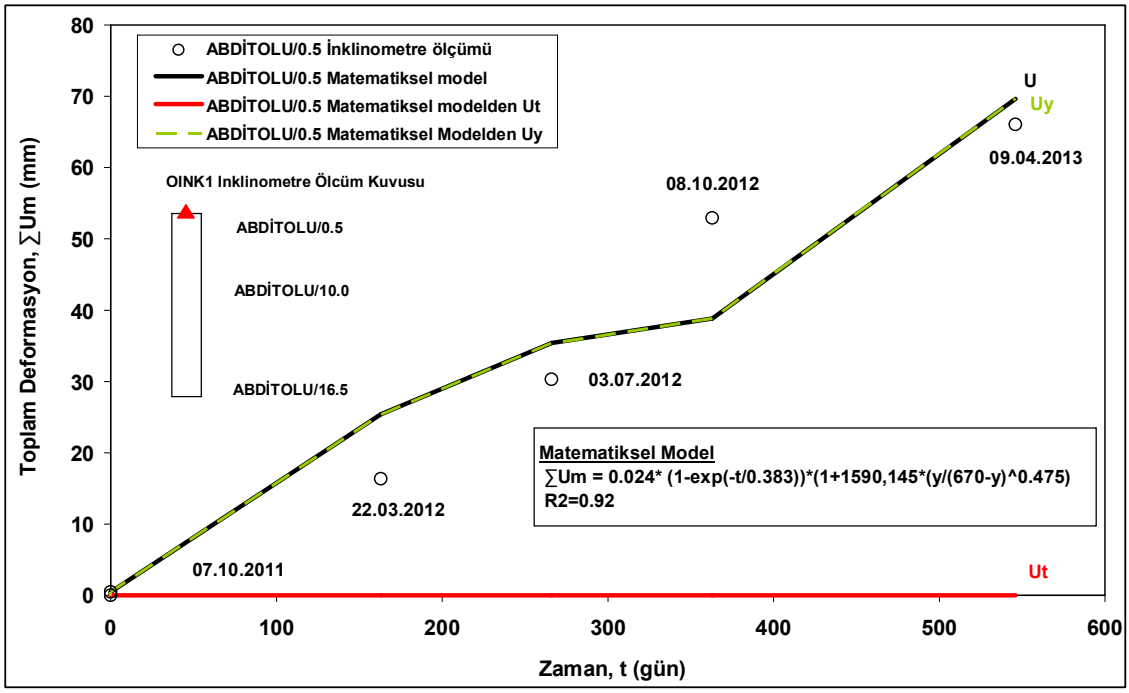


(a)-Abditolu kuyusu için alt istasyonlara ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

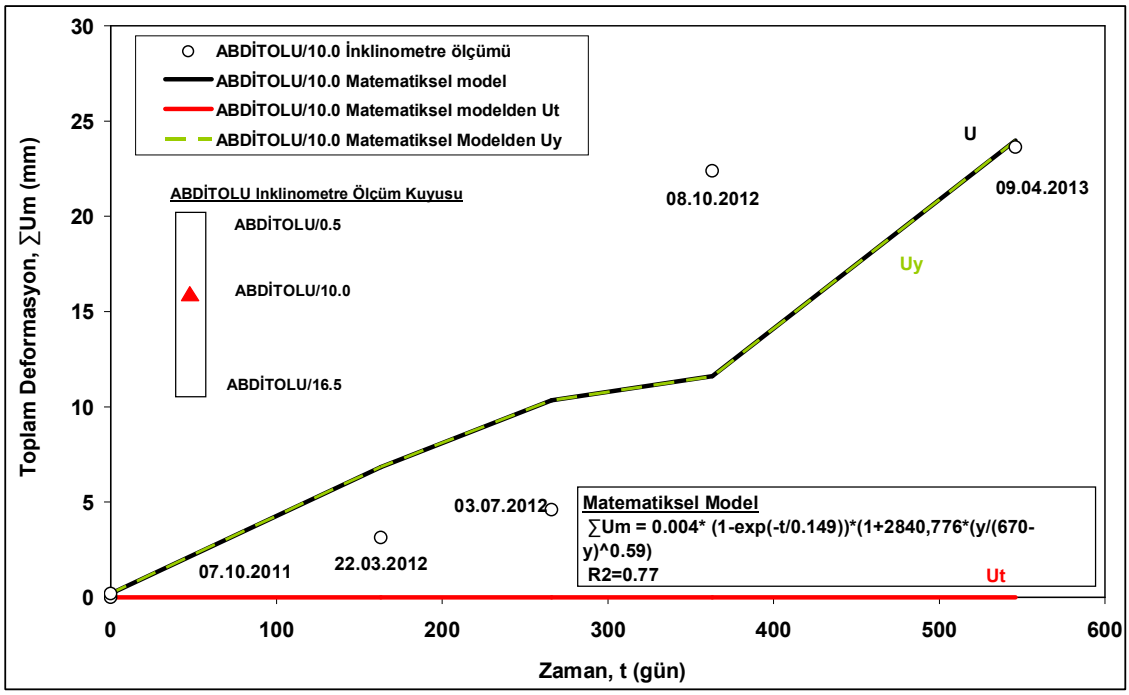


(b)- Abditolu kuyusu için alt istasyonlara ait modelden bulunan toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı

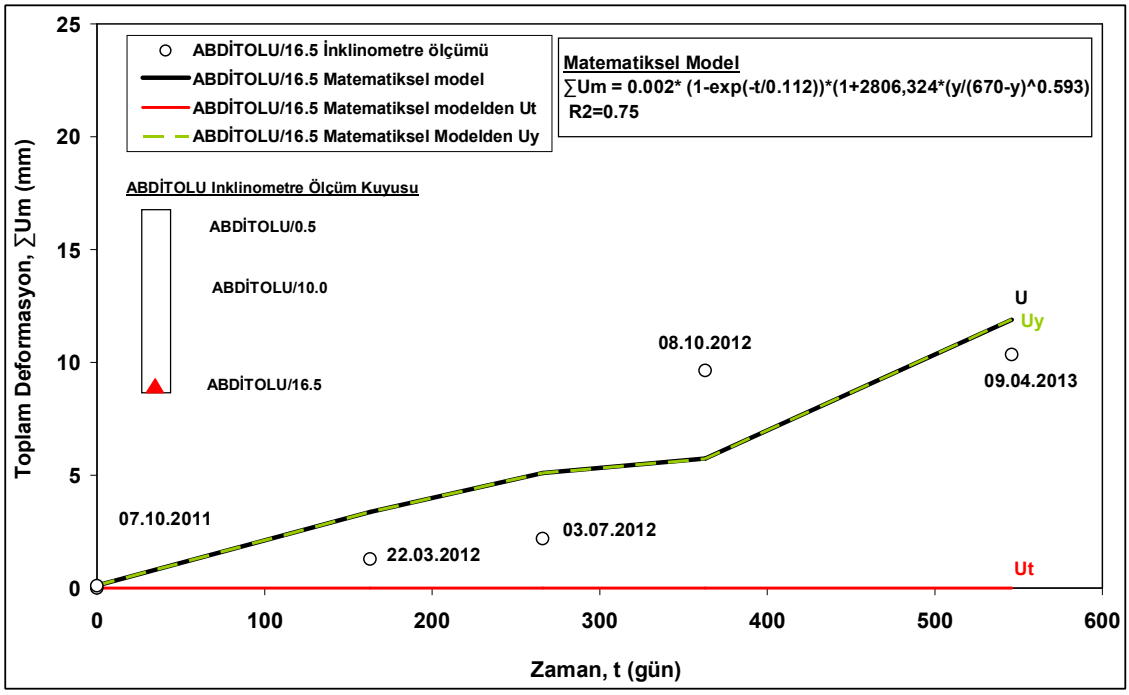
Şekil 4.38. Abditolu kuyusundaki alt istasyonlara ait inklinometre ölçümlerinden ve modelden belirlenen zaman- toplam deformasyon davranışı



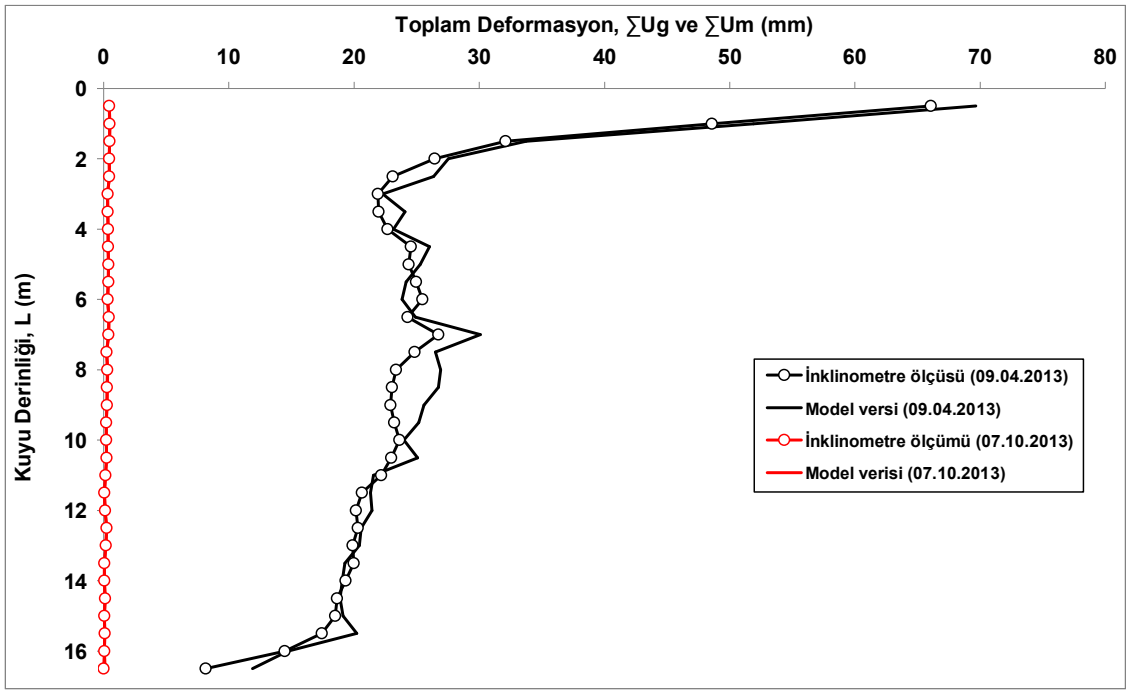
Şekil 4.39. ABT/0,5 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



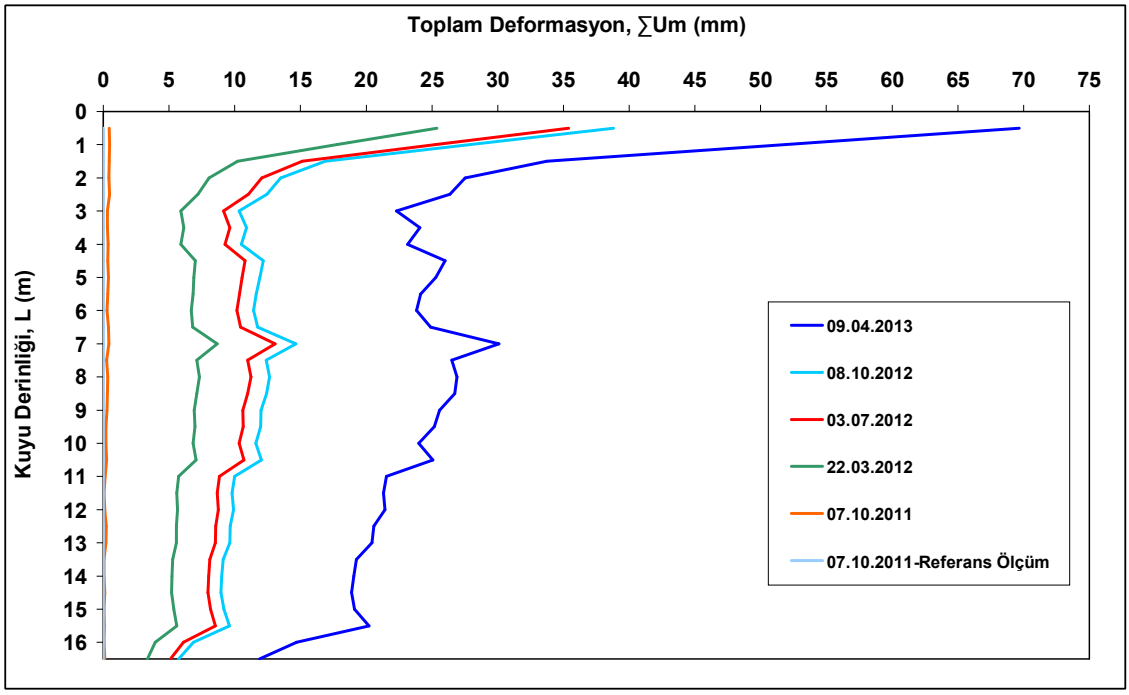
Şekil 4.40. ABT/10 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.41. ABT/28 alt istasyonuna ait modelden bulunan zaman-toplam deformasyon davranışı



Şekil 4.42. ABT kuyusunda Eşitlik 4.9'un başarısı

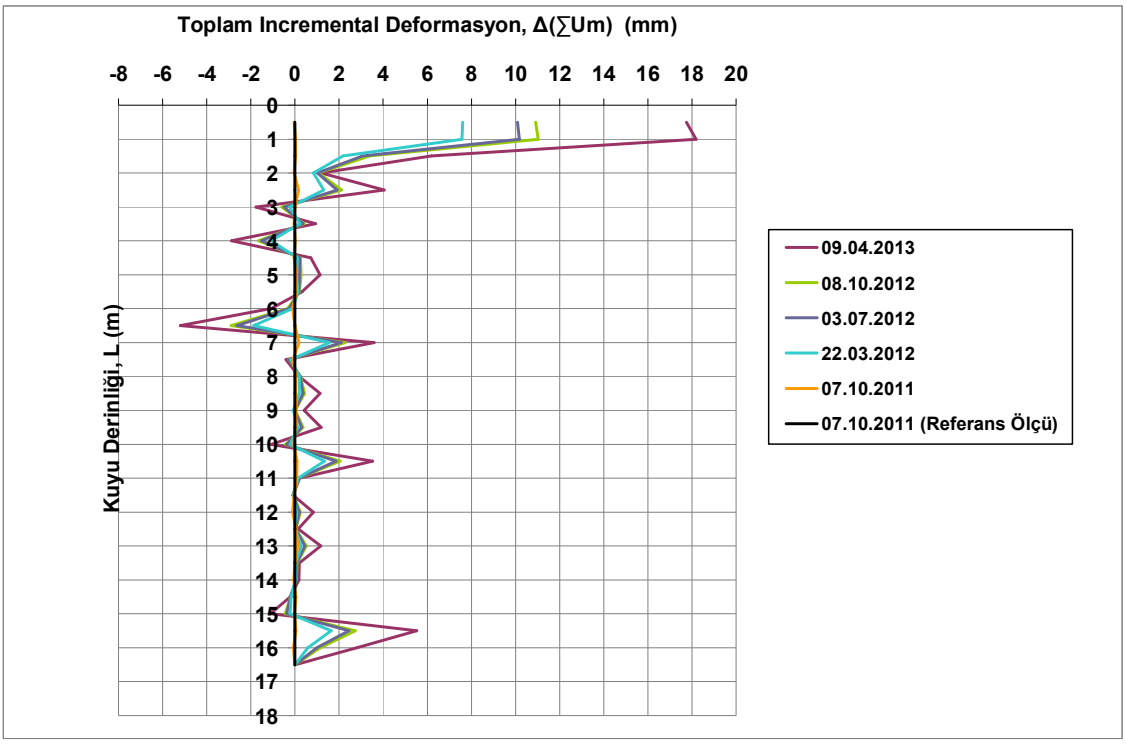


Şekil 4.43. Abditolu kuyusunun matematiksel model (Eşitlik 4.9) yardımıyla belirlenen toplam deformasyon davranışı

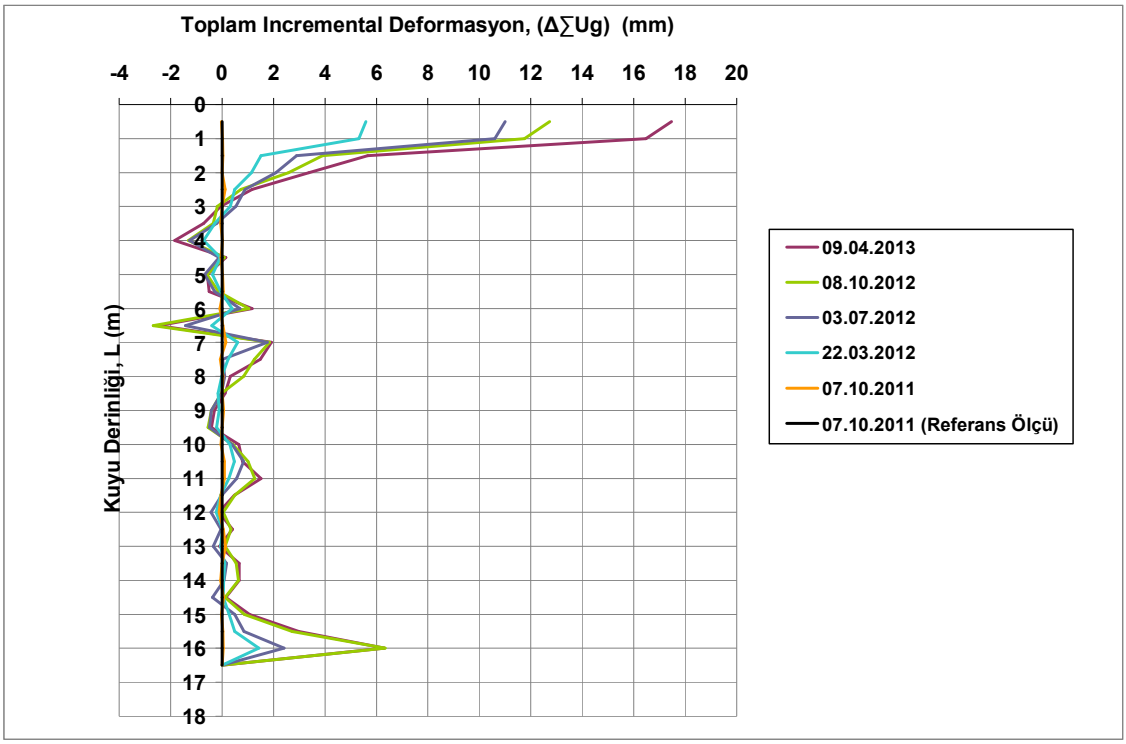
Matematiksel modelin başarısı teyit edildikten sonra ikinci aşama analizlerde, modelden belirlenen toplam deformasyon ($\sum U_m$) değerleri yardımıyla, artış deformasyon grafiği (ID) hazırlanmıştır (Şekil 4.44). Şekil 4.44'de verilen $\Delta\sum U_m$ grafiğinin gerçek ölçümlere dayalı ID grafiği olan, $\Delta\sum U_g$ grafiği (Şekil 4.45) ile karşılaştırılması yapılmıştır ve sonuçların örtüştüğü görülmüştür. Toplam deformasyona bağlı ID grafiklerinden (Şekil 4.44, 4.45) kuyunun 6,5. metresinde önemli bir sorunun olduğu kolaylıkla görülebilmektedir. Çizelge 4.18'de her bir ölçüm kuyusu için, sorun yaşanan derinlikler belirlenmiş ve sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Çumra tarım havzasına tesis edilen inklinometre ölçüm kuyularından belirlenen kritik derinlikler

Kuyu Adı	Ölçüm Kuyusu Derinliği	Kurulduğu Tarih ve Ölçüm Sayısı	Olası Büyük Kayma Derinliği	Def. Yönü
ABDİTOLU	16.5	Haziran/2011 6	15.50	GD
ALAKOVA	21.0	Haziran/2011 6	13.00	KB
ALİBEYH.	25.0	Haziran/2011 6	17.50	GB
ÇARIKLAR	18.5	Haziran/2011 6	10.50	GB
ÇENGİLTİ	22.5	Haziran/2011 6	5.00	GB
ERLER	18.5	Haziran/2011 6	17.50	GB
İSTİKLAL	23.5	Haziran/2011 6	15.00	GB
KÜÇÜKKÖY	19.5	Haziran/2011 6	13.00	KD
MUGUR	22.5	Haziran/2011 5	13.00	KD
ÇUMRA	20.0	Haziran/2011 3	Kuyu yok oldu	-
SARICALAR	22.5	Haziran/2011 6	22.00	GB



Şekil 4.44. Abditolu kuyusuna ait modelden bulunan ID deformasyon davranışı



Şekil 4.45. Abditolu kuyusuna ait ölçümlerden bulunan ID deformasyon davranışı

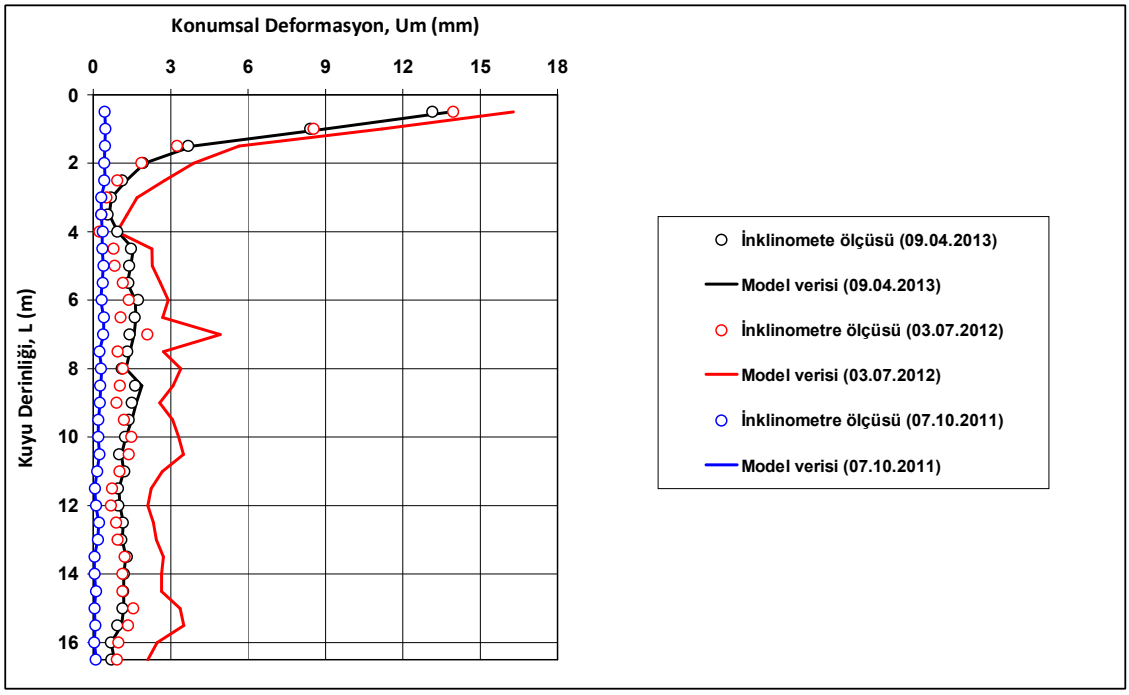
Yukarıda sunulan analizler, hep takip edilen noktanın kat ettiği mesafeyi dikkate alan toplam deformasyonlar ($\sum U_g$) üzerinden yapılmıştır. Ancak sahada izlenen noktanın son ölçüm tarihinde bulunduğu konum, bu grafikler ile belirlenmemektedir. Çünkü son ölçüm tarihindeki noktanın konumsal yer değişimi sonucunda gösterdiği son deformasyon değeri ile bu noktanın kat ettiği mesafenin ifade ettiği toplam deformasyon değeri aynı değildir. Orhaneli ile ilgili analizlerde değinildiği gibi, konumsal yerdeğişimini ifade eden deformasyonların, zamana bağlı davranışları belirli bir sistematik içermemektedir nokta düzensiz hareket etmektedir.

Bu gerekçeler ile toplam deformasyon ($\sum U_g$) değerleri analizlerde kullanılmıştır. Ancak modelden belirlenen sonuçlar sahadaki gerçek durumu yansıtmamaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek amacıyla; Orhaneli analizlerinde olduğu gibi, Eşitlik 4.8'de sunulan düzeltme katsayısı (k) değerleri belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bu k değerleri, modelden belirlenen $\sum U_m$ değerleri ile çarpılarak U_m değerlerine ulaşılmıştır. Bu sözel anlatıma tipik olarak bir örnek Abditolu/6.5 alt istasyonu için verilmiştir (Çizelge 4.19). Bu alt istasyonun seçilmesindeki gerekçe, Şekil 4.44'den en kritik noktanın Abditolu/6.5 olarak belirlenmiş olmasıdır.

Çizelge 4.19. Abditolu/6.5 alt istasyonu için modelden bulunan toplam deformasyon değerinin ($\sum U_m$), konumsal saha yerdeğişim (U_m) değerlerine dönüştürülmesi

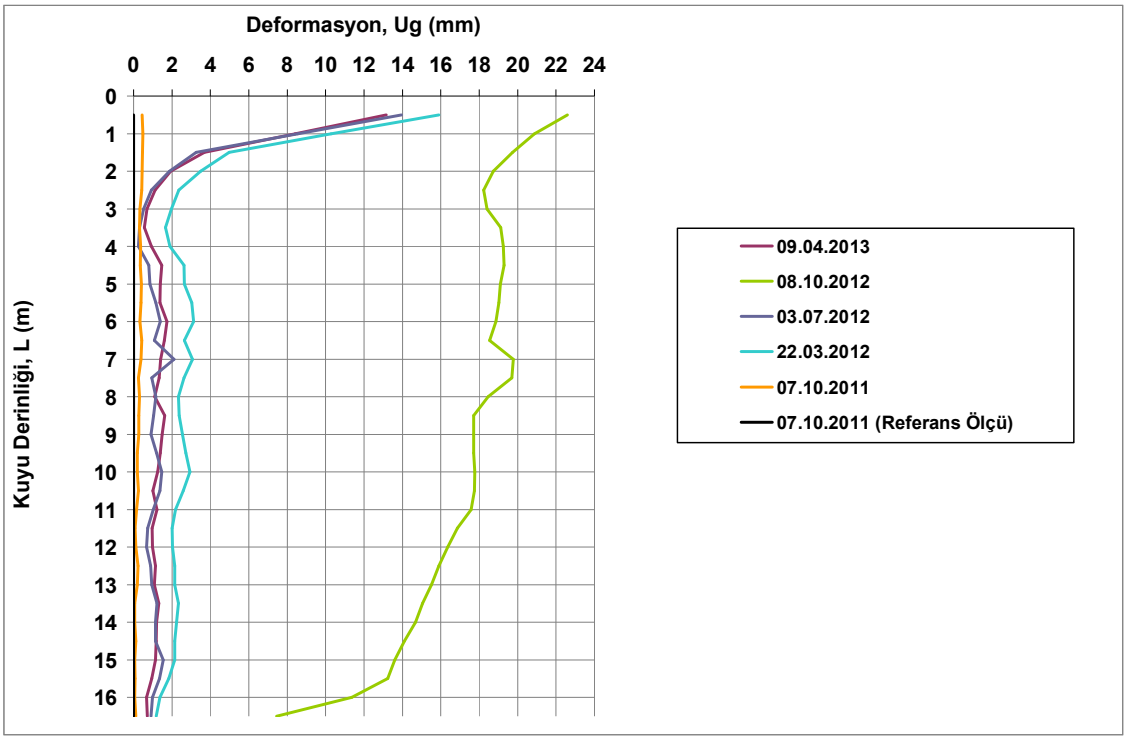
Ölçüm Tarihi	İstatistiksel Analizde Kullanılan Veri				Modelden Bulunan $\sum U_m$ (mm)	Düzeltme Katsayısı, k	Düzeltilmiş Model Verisi U_m (mm)
	Top.Zaman t, (gün)	Top.Yağış y, (mm)	Deformasyon, U_g (mm)	Top. Deformasyon, $\sum U_g$ (mm)			
07.10.2011	0.00	7.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
07.10.2011	0.04	7.63	0.45	0.45	0.46	1.00	0.46
22.03.2012	163.0	199.17	15.90	16.35	25.39	0.97	24.63
03.07.2012	266.0	308.165	13.96	30.31	35.39	0.46	16.28
08.10.2012	363.0	340.844	22.60	52.91	38.83	0.43	16.70
09.04.2013	546.0	522.664	13.40	66.31	69.66	0.202	14.07

Tipik bir örnek olarak verilen Çizelge 4.19'daki model verisine ait düzeltme çalışmaları, sahada 11 ölçüm kuyusundaki tüm alt istasyonlarda yapılmıştır. Düzeltilmiş model verisi kullanılarak, kuyu derinliğine bağlı deformasyon davranışlarını gösteren grafikler hazırlanmıştır. Abditolu kuyusuna ait hazırlanan grafik, tipik bir örnek olarak Şekil 4.46'da sunulmuştur.



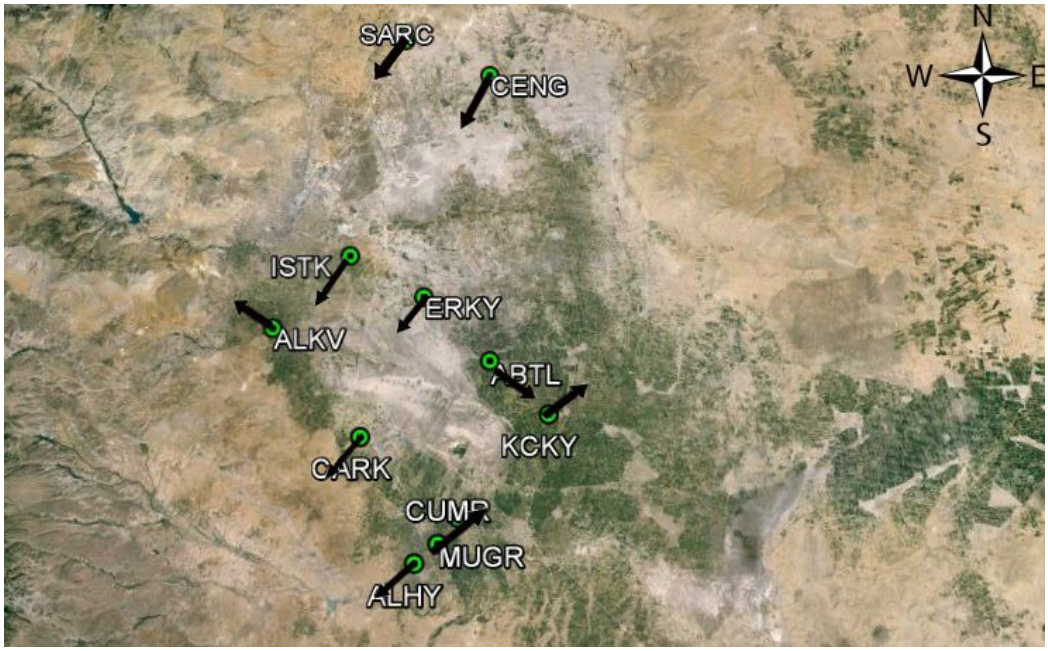
Şekil 4.46. Abditolu kuyusuna ait düzeltilmiş model verileri ile hazırlanan yer değişim davranışı

Matematiksel model (Eşitlik 4.9) yardımıyla bulunan model sonuçlarının, k katsayıları (Çizelge 4.19) ile düzeltilmesiyle bulunan sonuçlarının (U_m) gösterildiği Şekil 4.46 grafiği, ölçümlerden bulunan, sahadaki yerdeğişim miktarları (U_g) ile hazırlanan Şekil 4.47 ile karşılaştırıldığında, sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir.



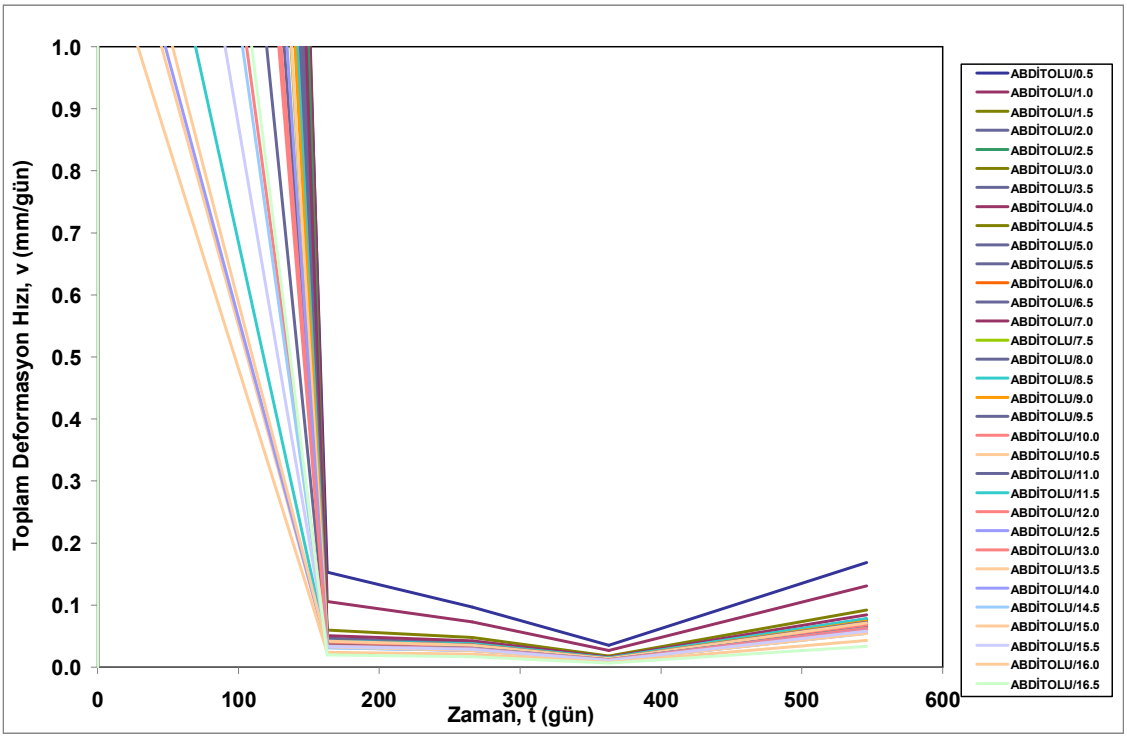
Şekil 4.47. Abditolu kuyusuna ait inklinometre ölçümlerinden belirlenen yer değişimi (U_g) davranışı

Yukarıda sunulan analizler neticesinde, daha önce hazırlanan Çizelge 4.18'in verileri kullanılarak, sahadaki yer değişimi davranışı, problemli noktalar bazında Google Earth çıktısı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.48).

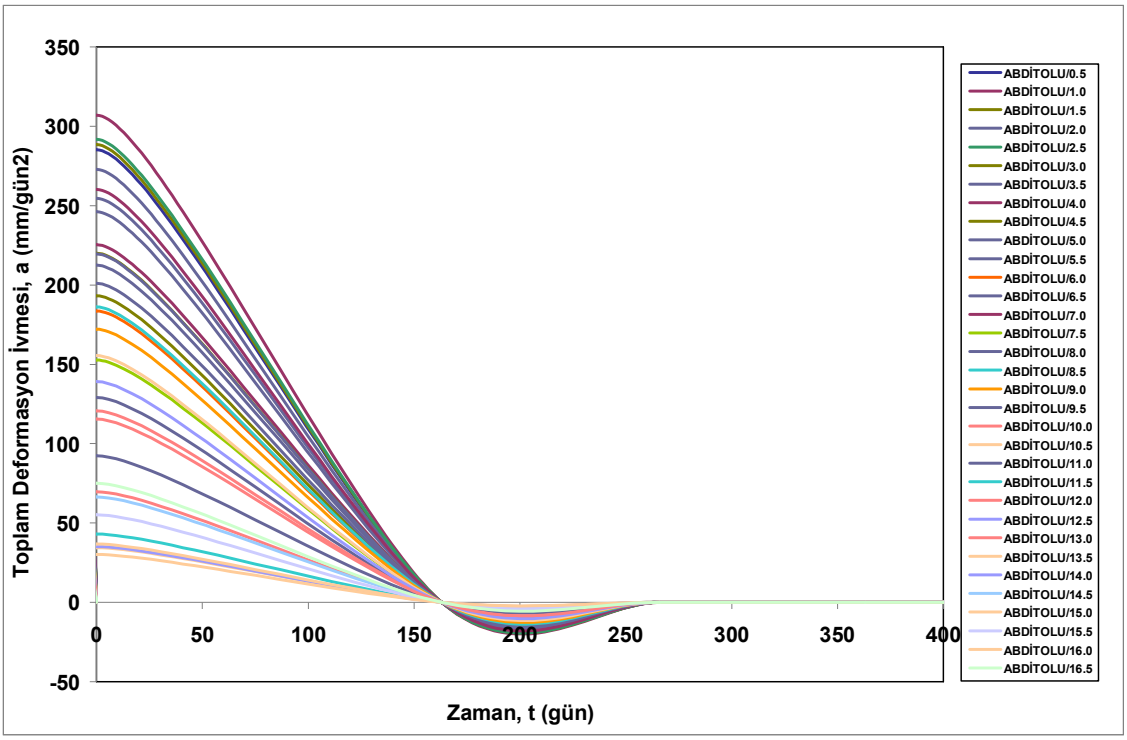


Şekil 4.48. Çumra tarım havzasında belirlenen kritik noktalar bazında yer değişimi davranışı

Geliştirilen matematiksel model yardımıyla hız ve ivme değişimleri belirlenmiştir. Bu değişimlerin, Abditolu kuyusunun tüm alt istasyonlarına ait zamana bağlı hız ve ivme davranışları topluca Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de görülmektedir. Deformasyonların ilk ölçüldüğü tarih itibari ile hız değerlerinin aniden arttığı, daha sonra azalarak sıfır değerlerine ulaştığı, takibinde ise hızların tekrar arttığı görülmektedir (Şekil 4.49). İvmesel davranışları gösteren Şekil 4.50 grafiğinde ise pozitif yönde ivmenin ilk başta arttığı, daha sonra azalarak sıfır olduğu, takibinde ise negatif bir değer olarak sıfıra doğru arttığı anlaşılmaktadır.

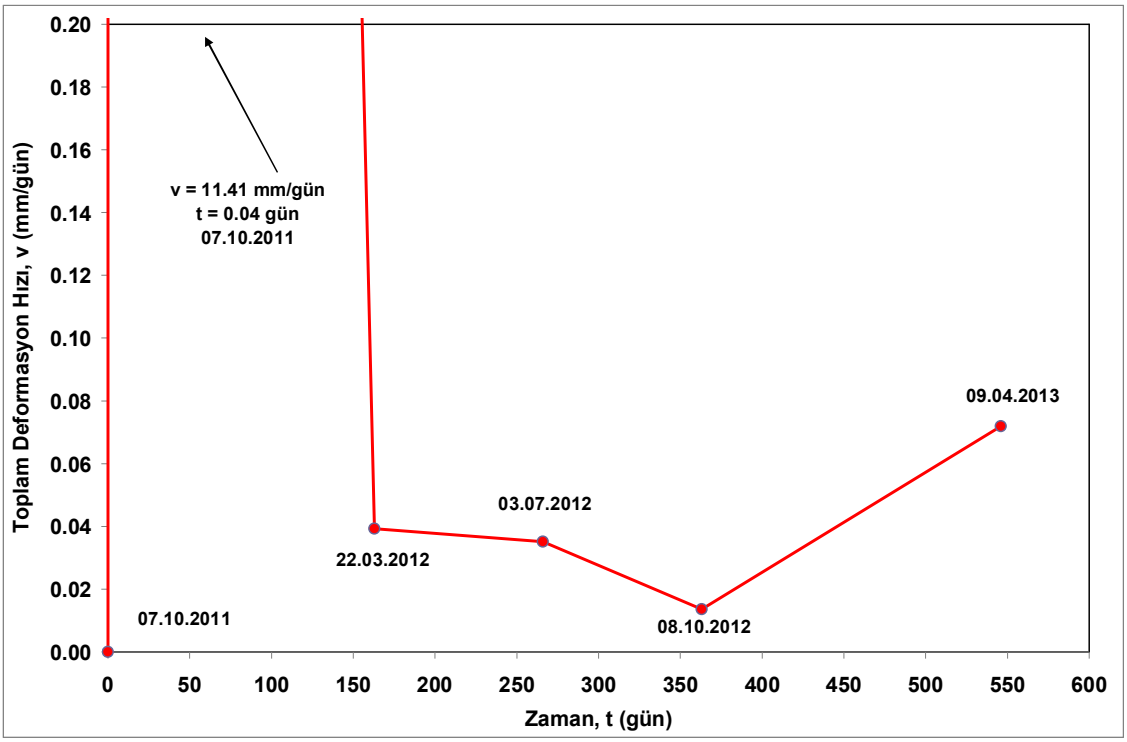


Şekil 4.49. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan hız-zaman davranışı

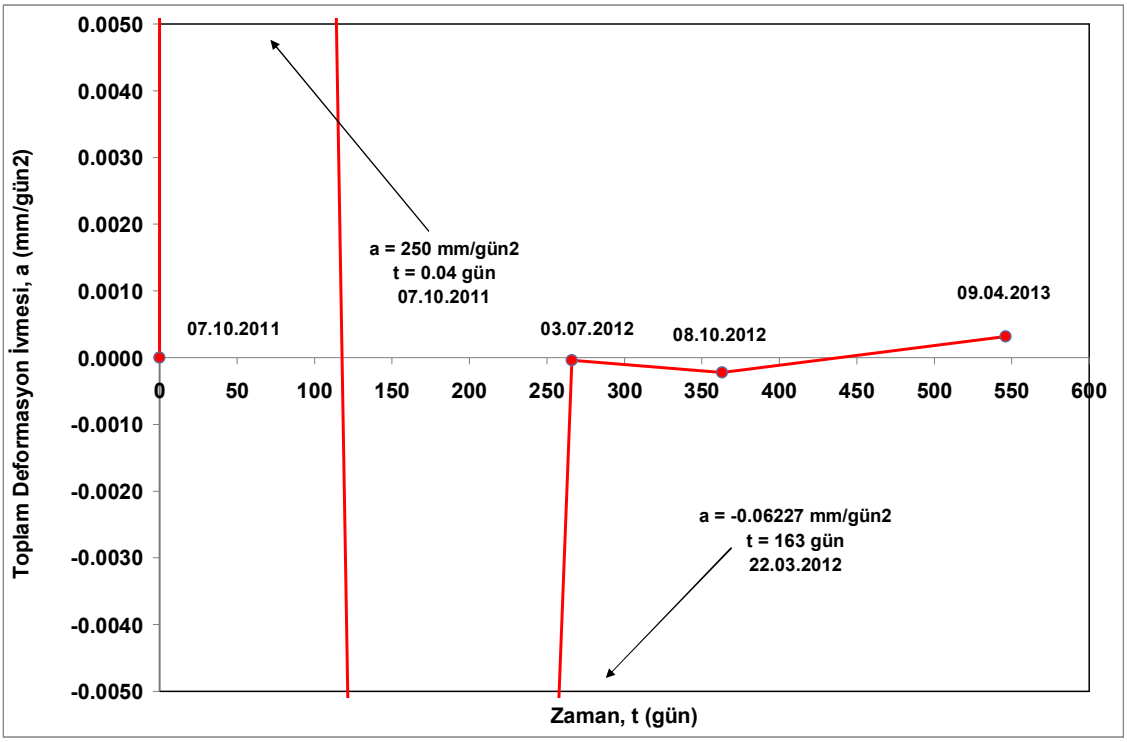


Şekil 4.50. Geliştirilen modele bağlı alt istasyonlarda modelden bulunan ivme-zaman davranışı

Şekil 4.44'de sunulan grafiksel değerlendirmede, daha önce Abditolu kuyusunun 6.5. metresinde önemli gelişmelerin olduğu belirlenmişti. Sadece bu alt istasyon noktasına ait model verileri kullanılarak hız ve ivme analizleri gerçekleşmiştir. Bu analizler için hazırlanan grafikler Şekil 4.51 ve 4.52'de sunulmuştur. Yaz sezonuna karşılık gelen 22.03.2012-08.10.2012 tarihler arasında yeraltı suyunun kullanımına bağlı olarak deformasyon hızının azaldığı buna karşılık kış aylarında ise (08.10.2012-09.04.2013) yağışlara bağlı olarak deformasyon hızlarının arttığı görülmektedir. İvmesel davranış ise bu gelişmeye paraleldir. Genel olarak yaz aylarında, toprak malzemesinin gözeneklerinde ve bünyesinde olan yeraltı suyunun tarımsal faaliyetlerden dolayı çekilmesiyle malzemede deformasyonlar olduğu ancak hızın zamanla azaldığı görülmektedir. Buna karşın yağışlı mevsimlerde yüzey sularının yeraltına geçmesiyle malzemede daha fazla deformasyona uğradığı belirlenmiştir. Aslında bu tez çalışmasına konu olan ölçüm zaman aralığı sadece bir mevsimsel periyodu göstermektedir. Daha fazla ölçüm periyotlarının izlenmesi yerinde olacaktır.

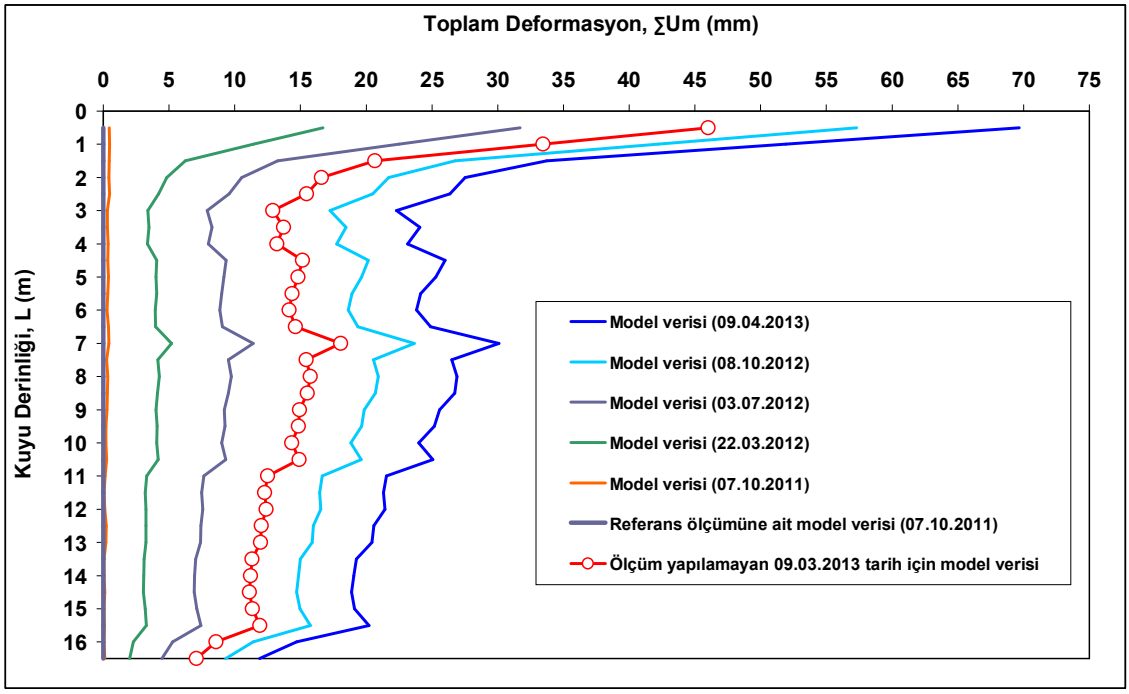


Şekil 4.51. ABT/6.5 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan hız-zaman davranışı

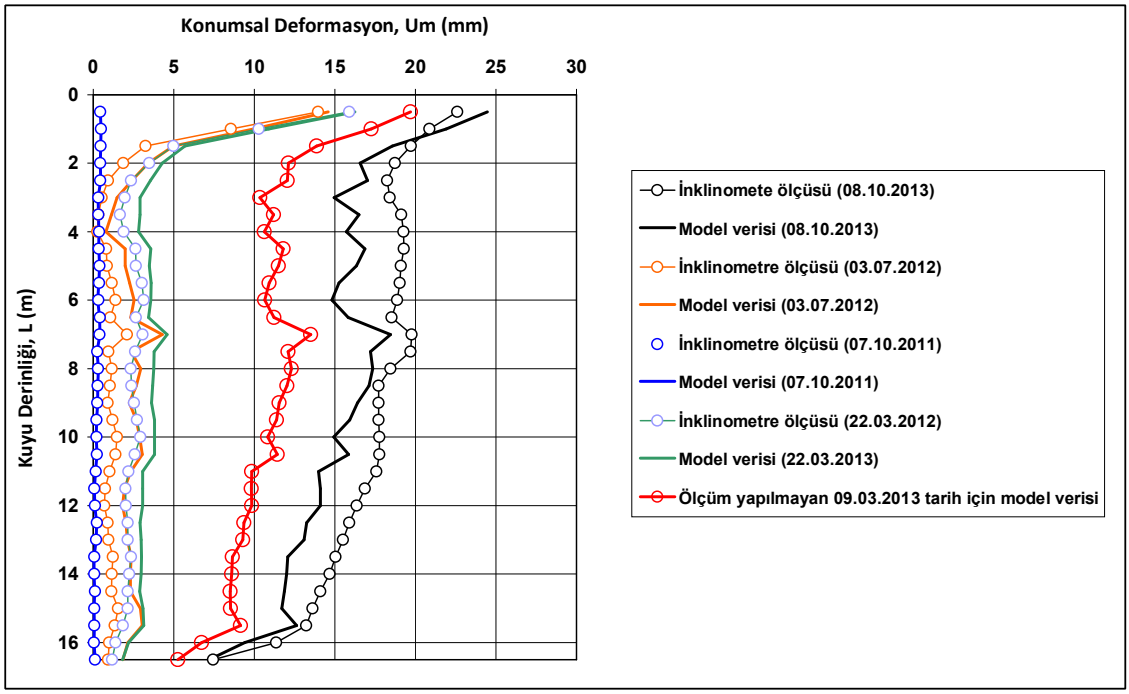


Şekil 4.52. ABT/6.5 numaralı alt istasyona ait modelden bulunan ivme-zaman davranışı

Yukarıda verilen tüm analiz sonuçlarına göre, modelin başarılı olduğu anlaşılmıştır. Ancak rastgele seçilen bir tarihte modelden bulunacak inklinometre verilerinin gerçek ölçüm tarihine göre, grafikte nasıl yer alacağı önemlidir. Bunun için Abditolu kuyusunda gerçek ölçümlerin yapıldığı 09.04.2013 ve 08.10.2012 tarihleri arasında ölçüm yapılmayan bir tarih olarak, ölçüm zamanı 321. gün ve toplam yağış miktarı 317 mm olan 09.03.2013 tarihi dikkate alınmıştır. Eşitlik 4.9'da ifade edilen matematiksel model kullanılarak, toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı ve düzeltme işlemi (Çizelge 4.19) ile belirlenen yer değiştirme (U_m) davranışları sırasıyla Şekil 4.53 ve Şekil 4.54'de verilmiştir. Belirtilen bu şekiller göz önüne alındığında (Şekil 4.53-Şekil 4.54), modelden bulunan sonuçların, gerçek ölçüm sonuçları arasında konumlandığı görülmektedir.



Şekil 4.53. Abditolu kuyusundaki gerçek ölçümler ve 09.03.2013 tarihindeki model verisinden bulunan toplam deformasyon ($\sum U_m$) davranışı



Şekil 4.54. Abditolu kuyusundaki gerçek ölçümler ve 09.03.2013 tarihindeki model verisinden bulunan düzeltilmiş yerdeğiştirme (U_m) davranışı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Genel

TKİ-GLİ-BLİ Orhaneli linyit açık maden ocağında ve Konya Çumra tarım havzasında gerçekleştirilen bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar ve benzer çalışmalara ışık tutacak öneriler bu bölümde sunulmuştur.

5.2. Sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında, Bursa Orhaneli ve Konya Çumra bölgelerinde kurulan inklinometre ölçüm sonuçlarına ait analizler yapılmıştır. Bursa Orhaneli sahası kaya, Konya Çumra tarım bölgesi ise toprak ortam özelliği taşımaktadır. Her iki saha için yapılan çalışmalar ve sonuçlar aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

1. TKİ-GLİ-BLİ-Orhaneli çalışma sahası

1.1. Kaya ortamlar için Orhaneli sahasında gerçekleştirilen çalışmalar;

i) Çalışma sahasında kurulacak olan inklinometre kuyularının yer tespiti için yerdirenci ölçümleri yapılmıştır.
ii) Yerdirenci ölçümleri neticesinde ocağı etkileyen bir takım fay sistemlerine bağlı kritik bölgeler belirlenmiştir.
iii) Şev kayma olayının beklendiği kritik bölgelerde 9 adet sondaj kuyusu açılmıştır.
iv) Açılan sondaj kuyularında inklinometre ölçüm sistemi kurulmuştur.
v) Toplam 9 adet ölçüm kuyusunda yapılan ölçümler neticesinde olası kayma hatları belirlenmiştir.
vi) Ölçümler 105 gün boyunca gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçüm kuyusundan ortalama 8 kez ölçüm yapılmıştır.
vii) INCLI-2 yazılımı yardımıyla birikimli deformasyon (CD) ve artışlı deformasyon (ID) grafikleri alınmıştır.

viii) INCLI-2 grafiksel sunumlarında kullanılan verilerin, konumsal yer değişimi olduğu zaman, izlenen noktanın kat ettiği toplam mesafe olmadığı anlaşılmıştır.

ix) Özkan ve Özşen (2009) tarafından yağış durumu ve zamana dayalı geliştirilen model, Orhaneli sahasında tesis edilen OINK-1 ölçüm kuyusuna ait veriler üzerinde test edilmiştir.

1.2. Çalışmalara ait sonuçlar;

i) Özkan ve Özşen (2009) tarafından geliştirilen modelin Orhaneli linyit açık ocağında tam olarak anlamlı olmadığı, bazı ölçümlerde model ile gerçek verilerin birbirleriyle örtüşmediği belirlenmiştir.

ii) Özkan ve Özşen (2009) tarafından gerçekleştirilen model yine temel alınarak, Orhaneli sahası için yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model zamana ve yağış miktarına bağlıdır.

iii) Geliştirilen model, sahadaki tüm inklinometre kuyularına ve her bir kuyunun alt istasyonuna uygulanarak, Orhaneli bölgesindeki kuyulara ait istatistiksel katsayılar belirlenmiştir.

iv) Orhaneli için belirlenen modele ait istatistiksel katsayılar kullanılarak, gerçek ölçüm sonuçları tahmin edilebilmektedir.

v) Zahmetli ve zor bir saha çalışması olan inklinometre ölçümlerinde ölçüm sıklığı önemlidir. Ölçümlerin yapılamadığı tarihler için ölçüm sonuçları geliştirilen matematiksel yaklaşım yardımıyla kolaylıkla tahmin edilebilmektedir.

vi) Saha mühendisleri için analiz yaklaşımı geliştirilmiştir.

vii) Orhaneli sahasında beklenen olası kayma düzlemleri, iki boyutlu analizlerle belirlenmiştir.

viii) Orhaneli sahasında beklenen olası kayma bölgesine ait alansal ve hacimsel büyüklükler belirlenmiştir.

2. Konya Çumra çalışma sahası

2.1. Toprak ortamlar için Çumra tarım havzasında gerçekleştirilen çalışmalar;

i) Çumra tarım havzasında TUBİTAK (101Y129) projesi kapsamında araştırmacıların belirledikleri bölgelerde karotsuz sondajlar yapılmış ve 11 adet inklinometre ölçüm istasyonu tesis edilmiştir.
ii) Tüm kuyulardan alınan toprak örnekleri yardımıyla jeolojik istifleme logları hazırlanmıştır.
iii) Bölgede kurulan 11 adet ölçüm kuyusundan toplam 617 gün boyunca 6 kez ölçüm yapılmıştır.
iv) INCLI-2 yazılımı ile birikimli deformasyon (Cumulative Displacement-CD) ve artışlı deformasyon (Incremental Displacement- ID) grafikleri alınmıştır.
v) INCLI-2 grafiksel sunumlarında kullanılan verilerin, izlenen noktanın kat ettiği mesafe olmadığı, sadece ilk ölçüm tarihine göre nihai yer değişimleri olduğu tespit edilmiştir.
vi) Bölgedeki zemin hareketlerini incelemek amaçlı kurulan bu inklinometre ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler Özkan ve Özşen (2009) tarafından gerçekleştirilen model ile teste tabi tutulmuştur.

2.2. Çalışmalara ait sonuçlar;

i) Özkan ve Özşen (2009) tarafından geliştirilen modelin, Çumra Tarım havzasında geçerli olan toprak ortamda tam olarak anlamlı olmadığı, bazı ölçümlerde model ile gerçek verilerin birbirleriyle örtüşmediği belirlenmiştir.
ii) Özkan ve Özşen (2009) tarafından geliştirilen model yine temel alınarak, Çumra tarım sahası için yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model zamana ve yağış miktarına bağlıdır.
iii) Toprak ortamlar için belirlenen model ile kaya ortamları için önerilen matematiksel model, genel anlamda benzerlik göstermiştir.

iv) Yeni geliştirilen model, sahadaki tüm inklinometre kuyularına ve her bir kuyunun alt istasyonuna uygulanmış ve Çumra sahasındaki kuyulara ait model için istatistiksel katsayılar belirlenmiştir.

v) Çumra tarım sahası için geliştirilen model kullanılarak, inklinometre ölçüm sonuçları tahmin edilebilmektedir.

vi) İnklinometre ölçümlerinde ölçüm sıklığı önemlidir. Zaman alıcı ve zor bir ölçüm yöntemi olan inklinometre ölçümlerinde, ölçümlerin yapılamadığı tarihler için ölçüm sonuçları geliştirilen matematiksel yaklaşım yardımıyla kolaylıkla tahmin edilebilmektedir.

vii) Sahadaki deformasyon değerleri kullanılarak, Çumra havzasındaki zemin hareketlerine ait vektörel büyüklükler belirlenerek, plan harita üzerine işlenmiştir.

3. Saha mühendislerinin, inklinometre analizlerinde kullanmaları amacıyla aşağıdaki analiz yöntemi, bu tez çalışmasıyla geliştirilmiştir.

i) Ölçüm kuyusu içerisindeki alt istasyonlara ait ölçüm tarihlerindeki konumsal yer değişimini ifade eden deformasyon değerleri (U_g) belirlenir.

ii) Her bir alt istasyon için belirlenen Ug değerleri, ölçüm tarihleri dikkate alınarak toplanır ve kat edilen mesafeyi gösteren toplam deformasyon ($\sum U_g$) değerleri belirlenir.

iii) Toplam deformasyon değerleri ($\sum U_g$), kuyu derinliği bazında sıralandıktan sonra, 0.5 m aralıklarda konumlanan alt istasyon noktalarındaki deformasyon değerleri ($\sum U_g$) birbirlerinden çıkarılır. Bu işlem için, üst derinlik noktasından bir alt derinlik noktasına ait değer çıkarılır ve böylece her bir derinlik için ΔU_g değerleri belirlenir.

iv) Kuyu ekseni boyunca, derinlik bazında sıralanan ΔU_g değerleri yardımıyla çizilen grafik, olası kayma düzleminin geçeceği derinliği belirlemektedir. Diğer ölçüm kuyularında belirlenen bu noktalar yardımıyla saha mühendisi, şev kayma bölgesini hem topografik alan (m^2) bazında hem de derinlik (m) bazında tanımlayarak,

problem yaratacak olan kaya kütlesinin hacim büyüklüğünü (m^3) belirlemiş olacaktır.

v) Eğer saha mühendisi arzu ederse, kaya ve toprak ortam için, bu tez çalışmasında geliştirilen modeli (Eşitlik 4.4) kullanarak, sahasına ait son istatistiksel sabitleri belirleyebilir. Bu sabitler yardımıyla ölçüm yapılmayan tarihlerdeki inklinometre değerlerini tahmin edebilecektir.

5.3. Öneriler

Bu tez çalışmasından ulaşılan sonuçlar yardımıyla aşağıdaki öneriler yapılmıştır.

i. Kaya ve toprak ortamlar için geliştirilen matematiksel modelin, farklı sahalarda kurulan, daha fazla sayıdaki inklinometre ölçüm kuyularından alınan veriler üzerinde denenmesi ve modelin sınırlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılması önerilir.

ii. Modelde kullanılan istatistiksel sabitlerin kaya ve toprak malzeme özellikleri, kaya kütle sınıflama sonuçları, madencilik çalışmaları (delme-patlatma çalışmaları, kazı çalışmaları) ve ocak geometrileri ile ilişkilendirilmesine yönelik çalışmaların yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

Ağan, C., 2009, Farklı geoteknik yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanımı ve karşılaştırmalı analiz: Zonguldak ili kozlu ilçesinde örnek bir çalışma, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 3-4.

Akat, U., Çağlayan, A. Ve İvak, M., 1978, Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki bölgenin jeolojisi. *MTA Rapor No. 6618*, 120-131.

Cai, F., Ugai, K., Wakai, A. and Li, Q., 1998, E.ects of horizontal drains on slope stability under rainfall by three-dimensional finite element analysis, *Computers and Geotechnics,* 23, 255-275.

Cernica, J. N., 1995, Geotechnical Engineering: Soil Mechanics: John Wiley & Sons, New York, NY, 11-40.

Çevik, S.Y. ve Ulusay, R., 2004, Babadağ (Denizli) ilçesini etkileyen uzun süreli kaya şevi duraysızlığının statik ve dinamik koşullar açısından araştırılması, *VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Sivas, 267-276.

Coates, D.F., 1970, *Rock Mechanics Principles*, Dept.of Energy, Mines and Resources, Mines Branch Monograph 677-742.

Connor, K.M.O. and Murphy, E.W., 1997, Tdr monitoring as a component of subsidance risk assessment over abondened mines, *İnt. J. Rock Mech. and Min. Sci.,* 34, 3-4.

Corsini, A., Pasuto, A., Soldati, M. and Zannoni, A., 2004, Field monitoring of the Corvara landslide (Dolomites, Italy) and its relevance for hazard assessment, *Geomorphology*, 66, 149-165.

Das, B.M., 1994, *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS Publishing Company, USA, 54-62.

Dobreva, N.D. and Kostak, B., 2000, Monitoring tectonic movements in the Simitli Graben, SW Bulgaria, *Engineering Geology*, 57, 179-192.

Ertürk, E., 1996, Şevlerde hareketlerin izlenmesi için inklinometre aletinin kullanımı ve örnek bir uygulama, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 48, 58-60.

Graham, P.J., 1989, GTİLT Inklinometer data reduction coputer program, *Miltre Software Corporation 9336*, *Canada*, 53.

Goodman, R.E. and Bray, J.W., 1976, Toppling of Rock Slopes, Proc. Conf. on Rock Engineering For foundations and Slopes, ASCE, Boulder, Colo. (USA), Vol. 2, pp. 201-234

Gökay, M.K., Özkan, İ., Özşen, H., Doğan, K. ve Mesutoğlu, M., 2013, TKİ-GLİ Müessesesi BLİ Müdürlüğüne ait Gümüşpınar, Sağırlar ve Çivili Sektörlerindeki Kömür Sahalarının Optimum Değerlendirilme Koşullarının Belirlenmesi, Sağılar ve Çivili Sektörlerindeki Yeraltı Rezervlerinin İşletilmesine Yönelik Avan Projelerin Hazırlanması, TKİ Ara raporu, *Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü,* Konya

Hatzor, Y.H. and Feintuch, A., 2004, The validity of dynamic block displacement prediction using DDA, *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 38, 599-606.

Herrera, G., Fernandez, J.A., Merodo, J.A., Mulas, J., Pastor, M., Luzi, G. and Monserrat, O., 2009, A landslide forecasting model using ground based SAR data: The Portalet case stud, *Engineering Geology*, 105, 220-230.

Hill, C. D. and Sippel, K. D. (2002). "Modern Deformation Monitoring: A Multi Sensor Approach." FIG XXII International Congress, Washington DC, USA, 101-119.

Hoek, E., 1970, Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines, *Institution of Mining and Metallurgy*, A105-A132.

Hoş, T., 1995, Tarsus ayrımı-Mersin otoyolundaki yarma ve dolguların jeoteknik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 52.

Hutchinson, J.N., 1968, Mass 'Movement, *Encyclopedia of Geomorphology* (Editor: R.E. Fairbridge), Reinhold, pp. 688-695.

ISRM, 2007, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: Suggested method prepared by the ISRM commissions on testing methods, Ulusay R. and Hudson J.A., *International Society for Rock Mechanics*, Ankara, 211.

Jennings, J.E., 1970, A Mathematical Theory For the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, Proc. Symp. on *Open Pit Mine Planning, Johannesburg*, pp. 87-102.

Kalkan, Y., Alkan R. M., Baykal, O., Yanalak, M., Erden, T. ve Yıldırım, H. 2002, Heyelanların jeodezik ve geoteknik yöntemlerle izlenmesi: Ambarlı Liman bölgesinde bir uygulama, *İTÜ 80626*, *İstanbul,* 91,103.

Karpuz, C., Koçyiğit, A., Tutluoğlu, L., Düzgün, Ş., Koçal, A., Erdem, E.ve Alkılıçgil, Ç., 2005, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu TKİ, Orhaneli işletmesi açıkocakları panolarında şev tasarımı ve dragline çalışma sisteminin belirlenmesi, TKİ projesi nihai raporu, *OTDÜ, Maden ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara* 100s.

Kennedy, B. A. and Niermeyer, K.E., 1970, Slope Monitoring systems used in the prediction of a major slope failure at the chuquicamata mine, *Symposium on the Theoritical Background to the Planning of Open Pit Mines with Special Reference to Slope Stability*, Johannesburg, 215-225.

Kuang, S., 1996, Geodetic network analysis and optimal design, *Ann Arbor Press, Inc*., ISBN 1-57504-044-1.

Kulaksız, S., Gürer, İ., Şentürk, A., Görmüş, S., Şahbaz, A. ve Aksoy, H., 1991, TKİ-MLİ Orhaneli bölgesi açık ocak işletmesi jeoloji, hidrojeoloji ve zemin etütleri, TKİ nihai rapor, *Hacettepe Üniversitesi*, *Ankara* 52s.

Kumsar, H., Aydan, Ö., Tano, H. ve Atak, O., 2004, Uzun süreli babadağ (denizli) heyelanının kaya mekaniği açısından incelenmesi, *VII.Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Sivas, 277-287.

Knill, J.L., 1967, Types of Slope Failures in Rock, *Geological Society of London*, Engineering Group, Symp. on Rock Slopes, Imperial College, London, 87-139.

Laman, M. ve ark., 2006, Şev stabilitesinin laboratuar model deneyleri ve sayısal yöntemlerle incelenmesi *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi*, 7-8 Eylül, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 6-44.

Lebourg, T., El Bedoui, S. and Hernandez, M., 2009, Control of slope deformations in high seismic area: Results from the Gulf of Corinth observatory site (Greece), *Engineering Geology*, 108, 295-303.

Lee, C.C., Yang, C.H., Liu, H.C., Wen, K.L., Wang, Z.B. and Chen, Y.J., 2008, A Study of the hydrogeological environment of the lishan landslide area using resistivity image profiling and borehole data, *Engineering Geology*, 98, 115-125.

Liu, D.A., Yang, Z.F., Tang, C.H., Wang, J. and Liu, Y., 2004, An automatic monitoring system for the siplock slope of wuqiangxi hydropower station, *Engineering Geology*, 76, 79-91.

Machan, G. and Bennett, V. G., 2008, Use of inclinometers for geotechnical instrumentation on transportation projects, *Transportation Research Board of The National Academies*, Washington, 19.

Mıh, M., 2010, TKİ-GLİ-Ilgın Linyit İşletmesi ÇG-1 Panosunda İnklinometre ve Manyetik Oturma Kolon Ölçer Cihazları ile Şev Duraysızlığının İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 3-12

Mierlo, J.V., Oppen, S. and Vogel, M., 1996, Monitoring of recent crustal movements in the eastern Alps with the Global Positioning System (GPS), *Tectonophysics*, 275, 273-283.

Mora, P., Baldi, P., Casula, G., Fabris, M., Ghirott, M., Mazini, E. and Pesci, A., 2003, Global positioning systems and digital photogrammetry for the monitoring of mass movements: application to the Ca' di Malta landslide (northern apennines, Italy), *Engineering Geology*, 68, 103-121.

Özkan, İ. ve Özşen, H., 2009, Şev yer değişimlerinin bir açık maden ocağı için uzun dönemde izlenmesi ve modellenmesi, *TÜBİTAK araştırma projesi 106M126*, Selçuk Üniversitesi, Nihai rapor, Konya, 13-93.

Özkan, İ., Özşen, H., Oltulu, F. and Boztaş, S., 2010, Mathematical model based on long term inclinometer measurements at an open pit limestone mine, 2nd Conference on Slope Tectonics, Vienna, Austria, 1-5.

Özkan, İ., 2010, Madencilik çalışmalarında arazi ölçüm yöntemleri, Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı yüksek lisans ders notu, Konya, 100s.

Pektaş, A., 2005, TKİ Ilgın Linyit açık ocağı'nda zayıf, tabakalı, kil içerikli ve anisotropik kaya kütle karakteristiğinin belirlenmesi ve şev duraylılık analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-2.

Petley, D.N., Mantovani, F., Bulmer, M.H. and Zannoni, A., 2004, The use of surface monitoring data for the interpretation of landslide movement patterns. *Geomorphology*, 66, 133-147.

Peyret, M., Djamour, Y., Rizza, M., Ritz, J.F., Hurtrez, J.E., Goudarzi, M.A., Nankali, H., Chery, J., Le Dortz, K. and Uri, F., 2008, Monitoring of the large slow Kahrod landslide in Alborz mountain range (Iran) by GPS and SAR interferometer, *Engineering Geology*, 100, 131-141.

Piteau, D.R., 1970, Engineering Geology Contribution to the Study of Stability of Slopes in Rock with Particular Reference to De Beers Mine, *ph. D. Thesis Univ. of the Witwatersrand*, Johannesburg, 4-7.

Richards, L.R., 1975, The Shear Strength of Joints in Weathered Rock, Ph. D. Thesis, Univ. of London (Imperial College), 265-266.

Rizzo, V., 2002, GPS monitoring and new data on slope movements in the Maratea Valley (Potenza, Basilicata), *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, 1535-1544.

Sendir, H. ve Yılmaz, I., 2001, Koyulhisar (Sivas) heyelanlarının incelemesi, *Yer Bilimleri Dergisi,* 18(1), 47.

Sherman, C.W., Elements of Soil Mechanics, *SME Mining Engineering Handbook*, AIME, Sect. 6, 1973, pp. 8-11.

Sisgeo, 2006, INCLIN96, Inclinometric data storage and processing program (Instruction manual) [online], İtaly, http://www.sisgeo.com [01 Haziran 2011].

Tarchi, D., Casagli, N., Fanti, R., Leva, D.D., Luzi, G., Pasuto, A., Pieraccini, M. and Silvano, S., 2003, Landslide monitoring by using ground-based SAR interferometry: an example of application to the Tessina landslide in Italy, *Engineering Geology*, 68, 15-30.

Tuncay, E., 1999, TKİ-Himmetoğlu linyit açık işletmesindeki şevlerin duraylılığının deterministik ve olasılığa dayalı yöntemlerle değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara ,167.

Tunç, A.C., 1995, Toprakkale-İskenderun otoyolu güzergâhındaki heyelan problemlerinin araştırılması, Yüksel Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 15.

Uçaku, B., 2000, Orhaneli linyitlerinin enerji alanında kullanılması, *Haber bülteni.* 2-4.

Ujvari, G., Mentes, G., Banyai, L., Kraft, J., Gyimothy, A. and Kovacs, J., 2009, Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcso, Hungary, *Geomorphology*, 109, 197-209.

Ulusay, R., 1989, Pratik jeoteknik bilgiler, Levent Yener, *Teknomad Yayınları*, Ankara, 141-144.

Uslu, S., 2005, TKİ-GELİ-Yatağan Eskihisar Linyit açık ocağında kaya kütle karakteristiğinin belirlenmesi ve şev duraylılık analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 164.

Ünlü, K., 2010, Bir demiryolu tünelinin tahkimat analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 30.

Üstün, A., Bildirici Ö., Eren, Y., Özdemir, A., Özkan, İ., 2013, Konya kapalı havzasında zemin çökmelerinin jeodezik yöntemlerle izlenmesi ve nedenlerinin araştırılması, TUBİTAK ara raporu (110Y121), Selçuk Üniversitesi, Konya, 85s.

Varnes, D.J., 1978, Slope movement types and processes, *TRB 176*, Washington, 12-33.

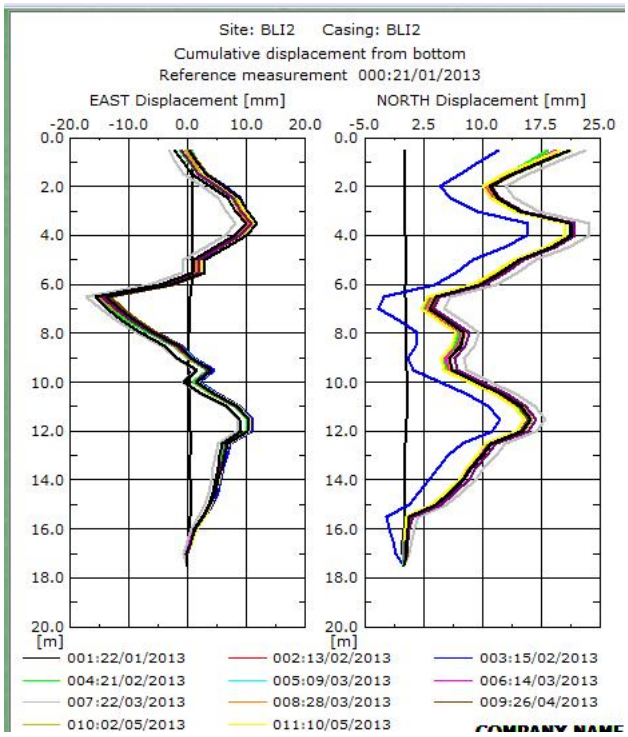
Yoleri, F.M., 1995, TKİ-Geli Eskihisar (Yatağan-Muğla) linyit açık işletmesi pasa yığınları şev duraylılığı çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, Ankara, 129.

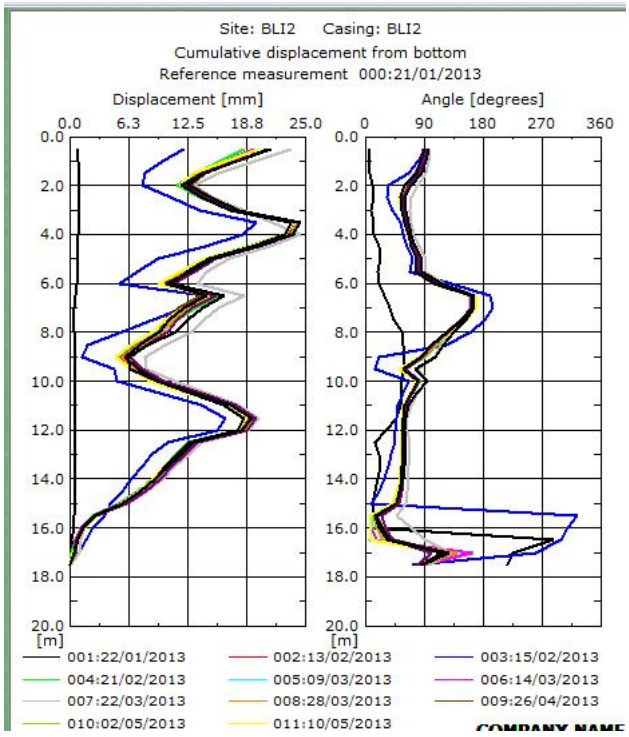
Zvelebil, J. and Moser, M., 2001, Monitoring based time-prediction of rock falls: three case-histories, *Phys. Chem. Earth*, 26, (2), 159-167.

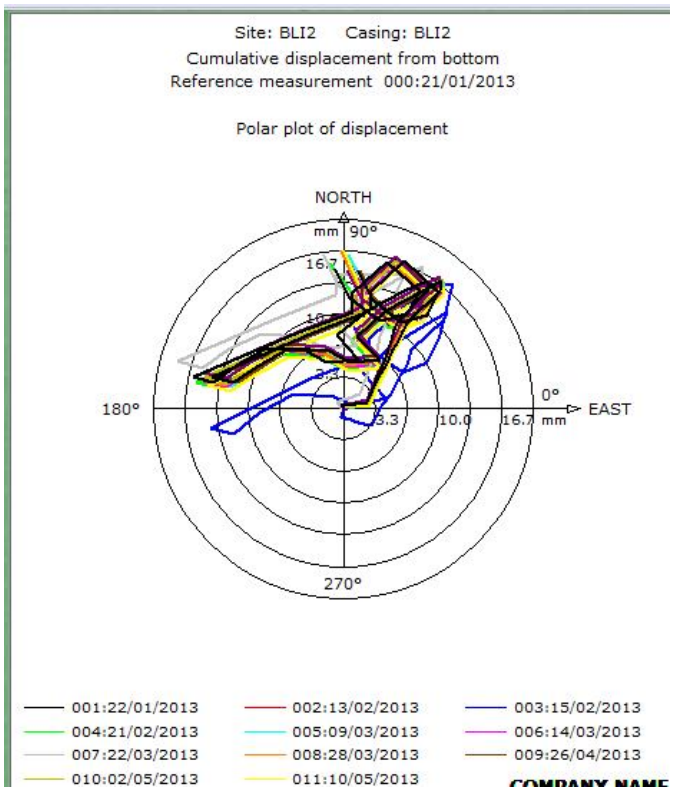
EKLER

EK-1 Orhaneli kömür sahası ölçüm kuyularının INCLI-2 çıktıları

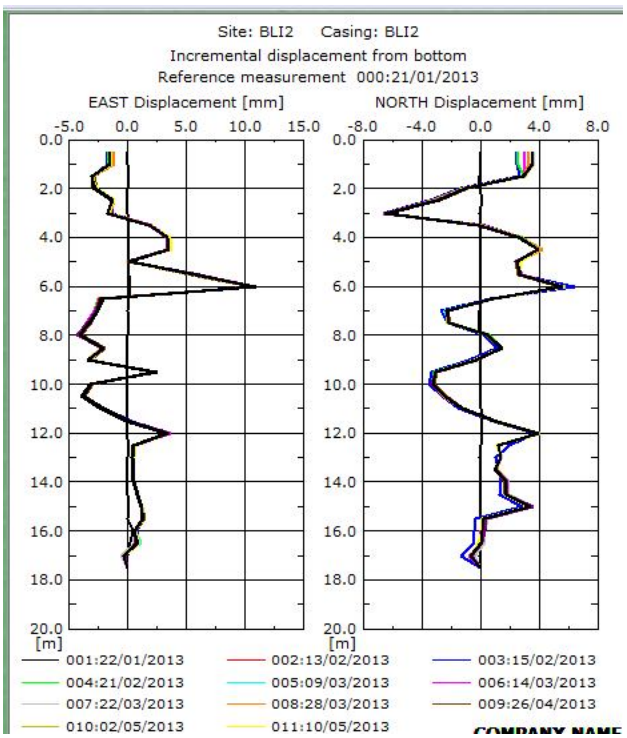
OINK-2 (CD)

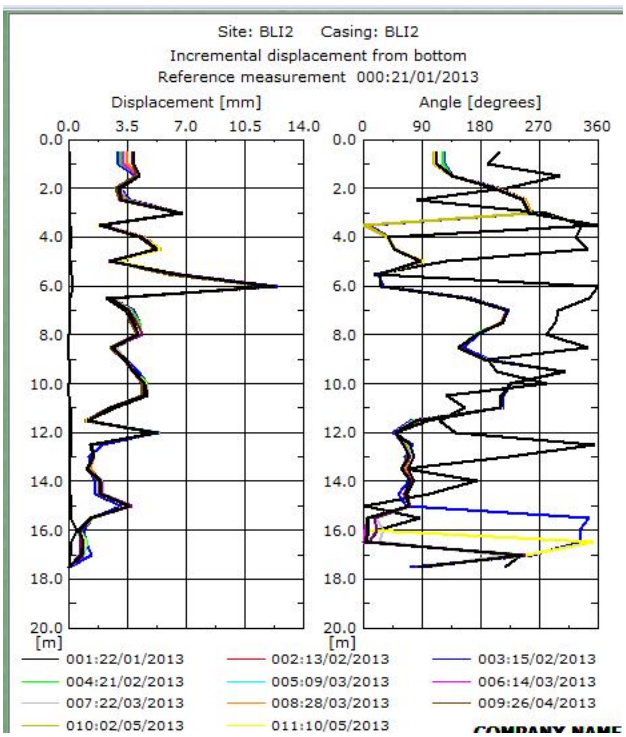


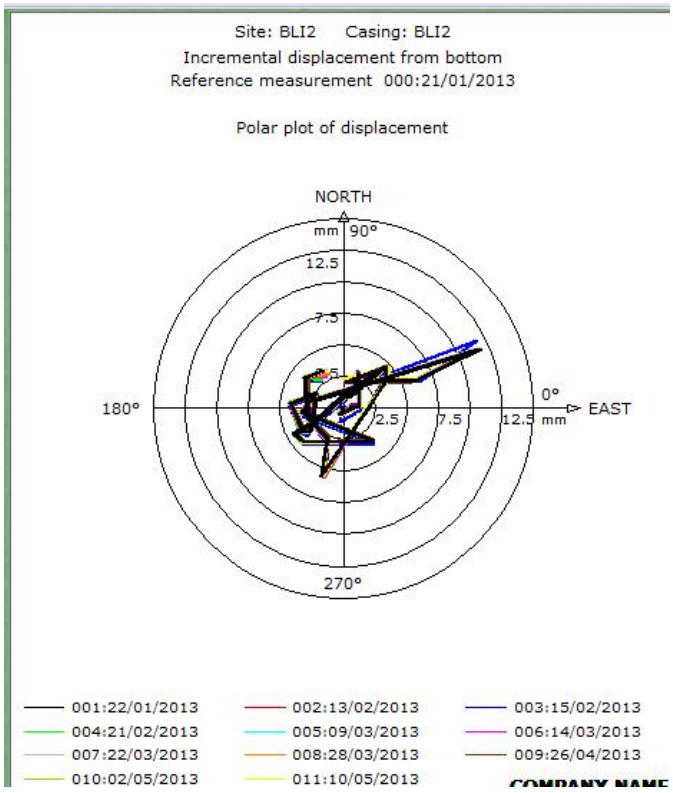




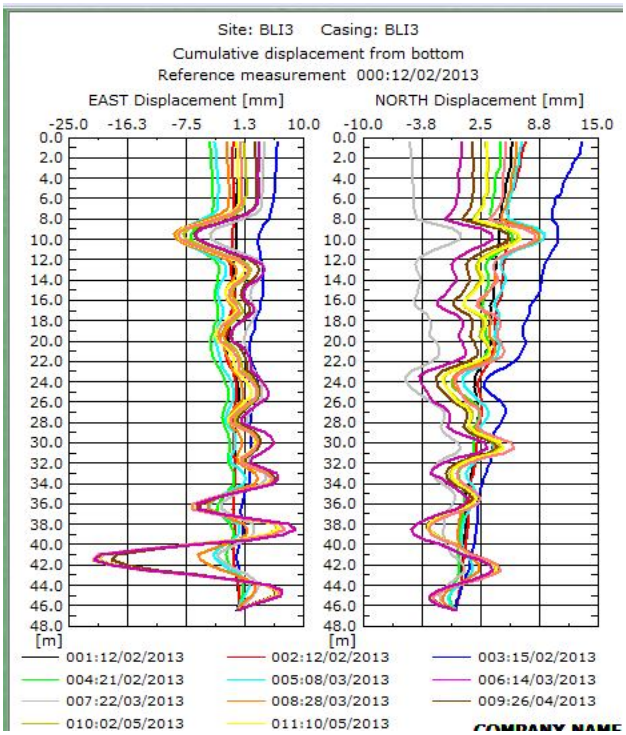
OINK -2 (ID)

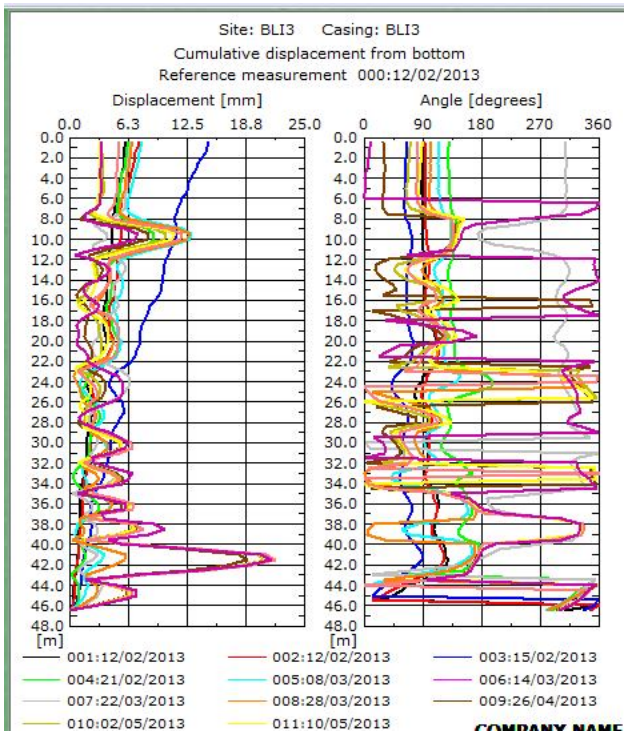

Site: BLI2 Casing: BLI2
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:21/01/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:22/01/2013
002:13/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:09/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

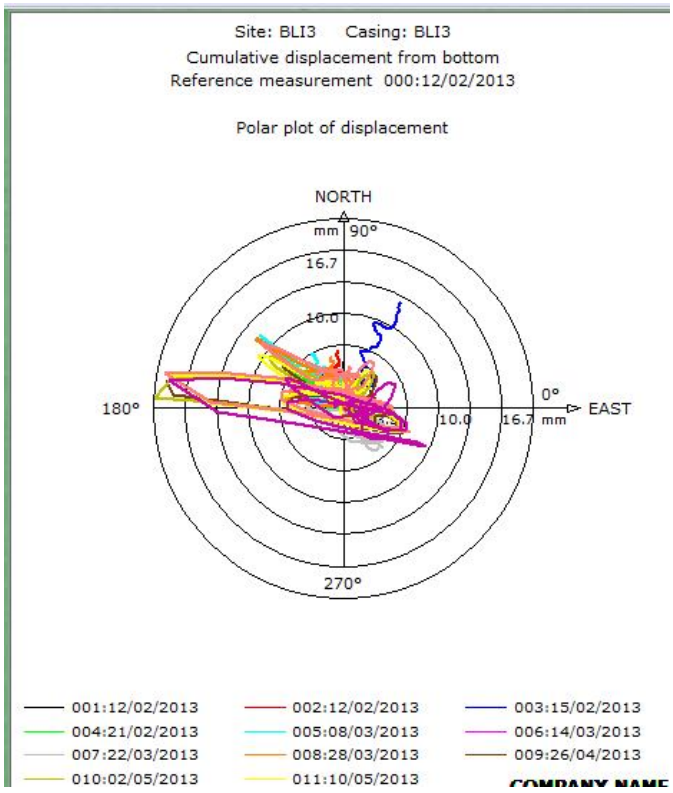

Site: BLI2 Casing: BLI2
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:21/01/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:22/01/2013
002:13/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:09/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI2 Casing: BLI2
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:21/01/2013
Polar plot of displacement
NORTH
EAST
mm
001:22/01/2013
002:13/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:09/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

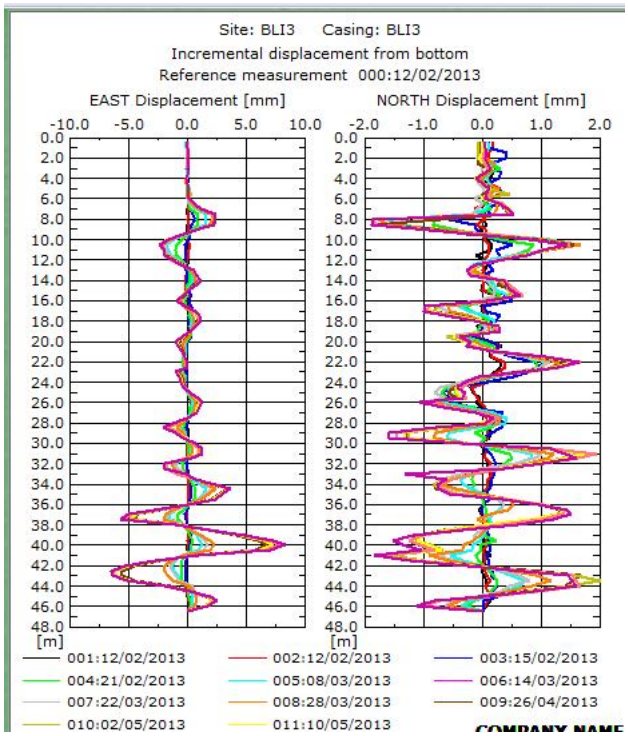
OINK -3 (CD)

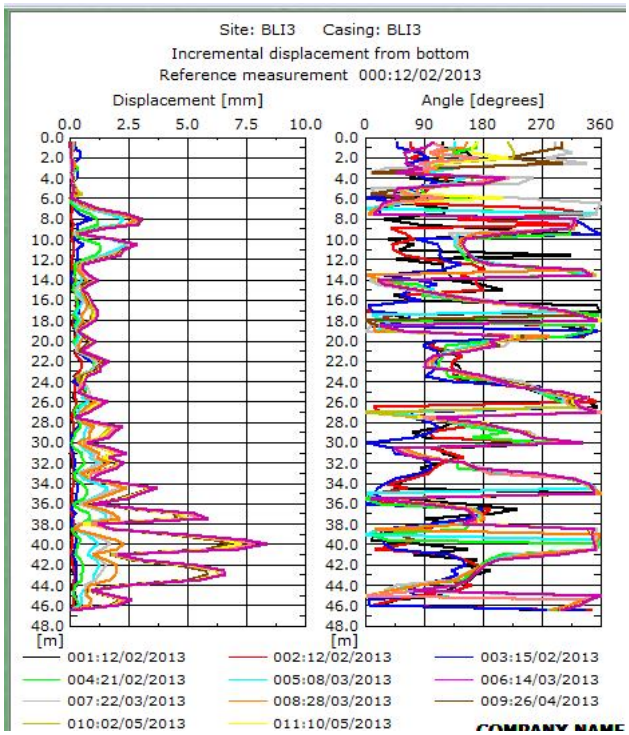

Site: BLI3 Casing: BLI3
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-25.0 -16.3 -7.5 1.3 10.0
-10.0 -3.8 2.5 8.8 15.0
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013

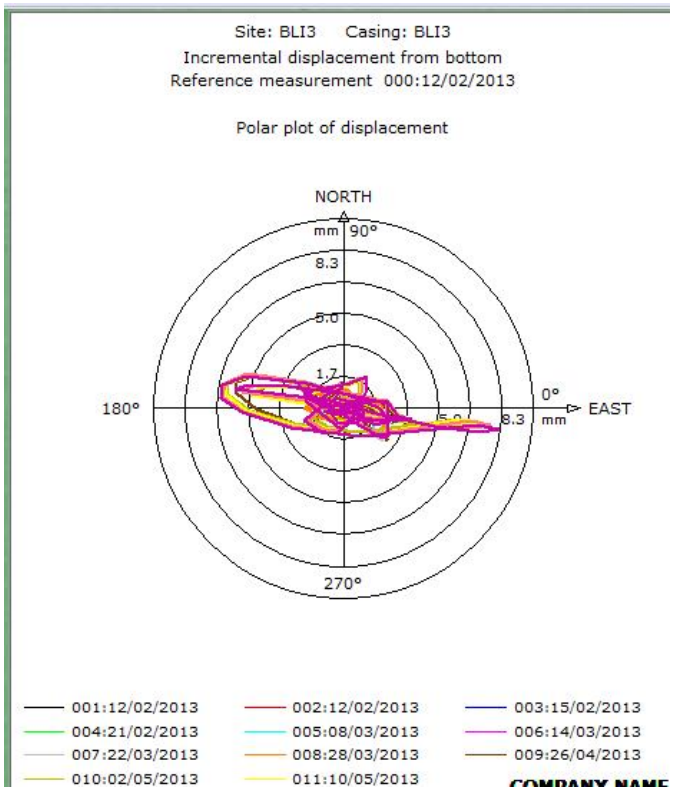

Site: BLI3 Casing: BLI3
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 6.3 12.5 18.8 25.0
0 90 180 270 360
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013


Site: BLI3 Casing: BLI3
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
16.7
10.0
180°
0°
EAST
10.0
16.7 mm
270°
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013

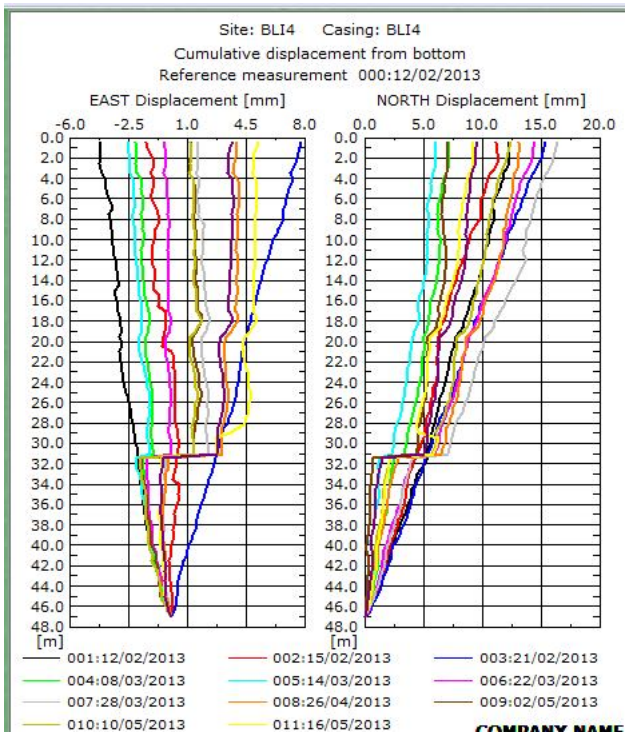
OINK -3 (ID)

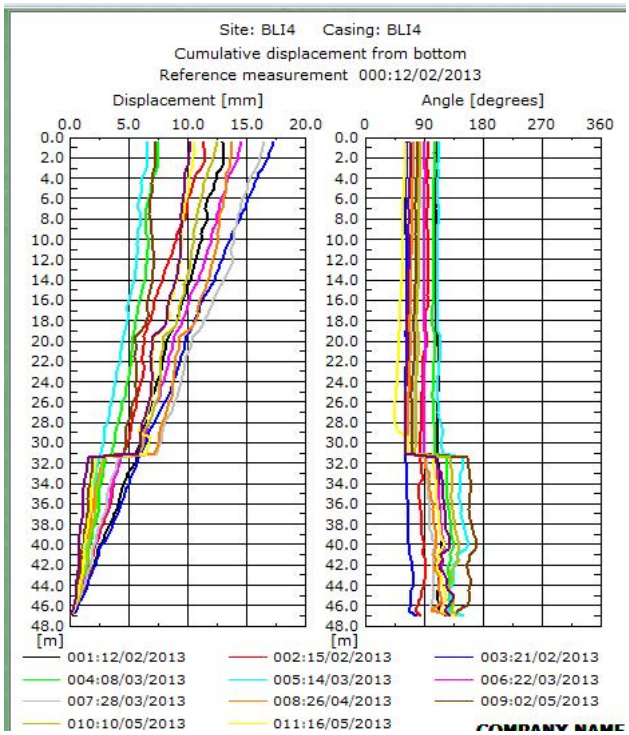

Site: BLI3 Casing: BLI3
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

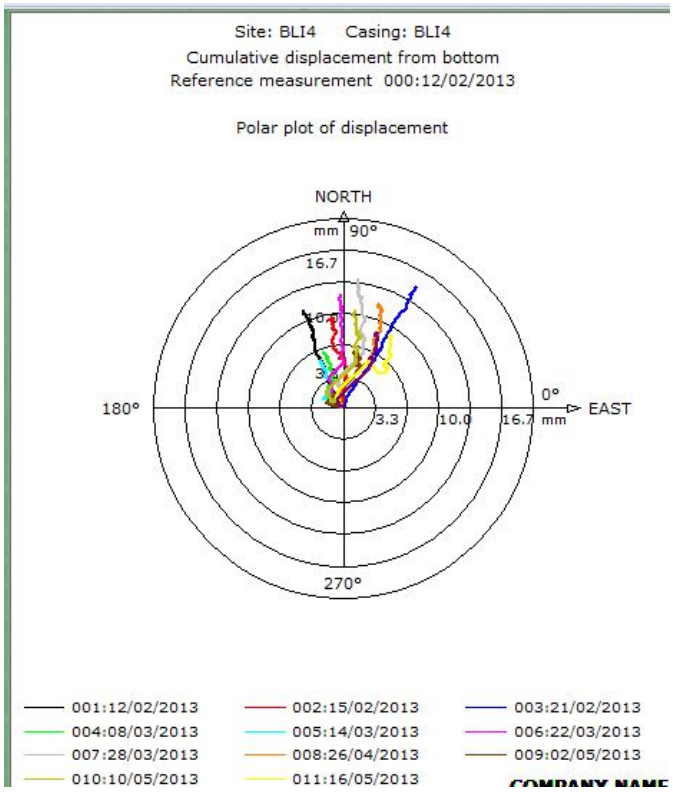

Site: BLI3 Casing: BLI3
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 2.5 5.0 7.5 10.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0
[m]
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI3 Casing: BLI3
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
8.3
5.0
1.7
180°
0°
EAST
8.3 mm
270°
001:12/02/2013
002:12/02/2013
003:15/02/2013
004:21/02/2013
005:08/03/2013
006:14/03/2013
007:22/03/2013
008:28/03/2013
009:26/04/2013
010:02/05/2013
011:10/05/2013
COMPANY NAME

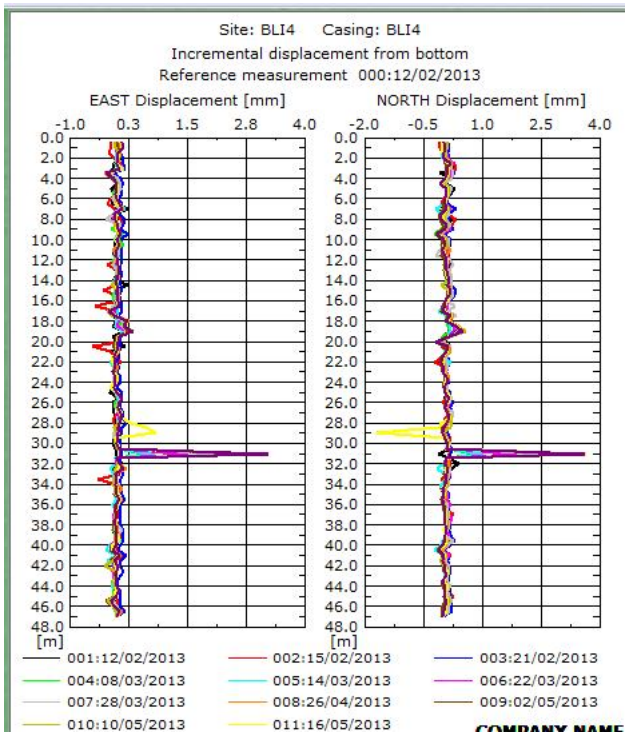
OINK -4 (CD)

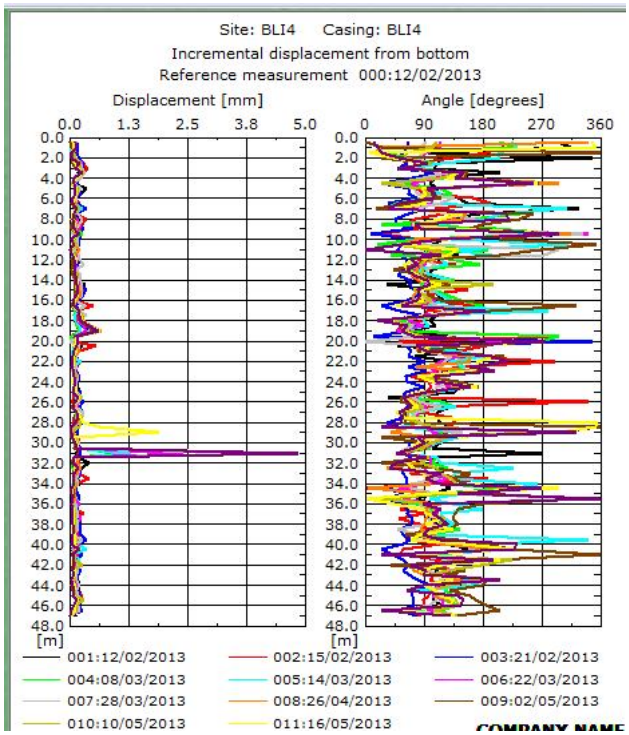

Site: BLI4 Casing: BLI4
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-6.0 -2.5 1.0 4.5 8.0
0.0 5.0 10.0 15.0 20.0
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

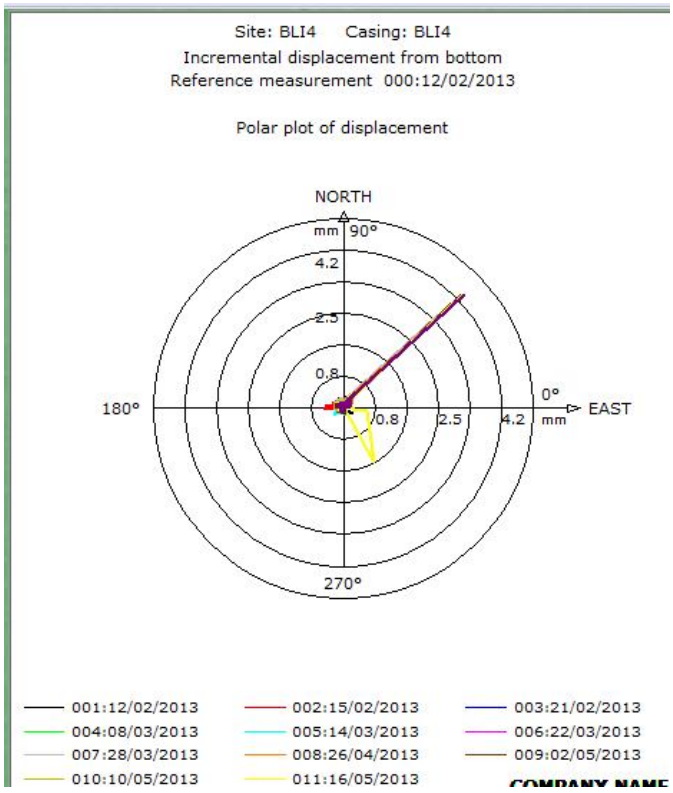

Site: BLI4 Casing: BLI4
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 5.0 10.0 15.0 20.0
0 90 180 270 360
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI4 Casing: BLI4
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
16.7
3
180°
0°
EAST
3.3
10.0
16.7 mm
270°
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

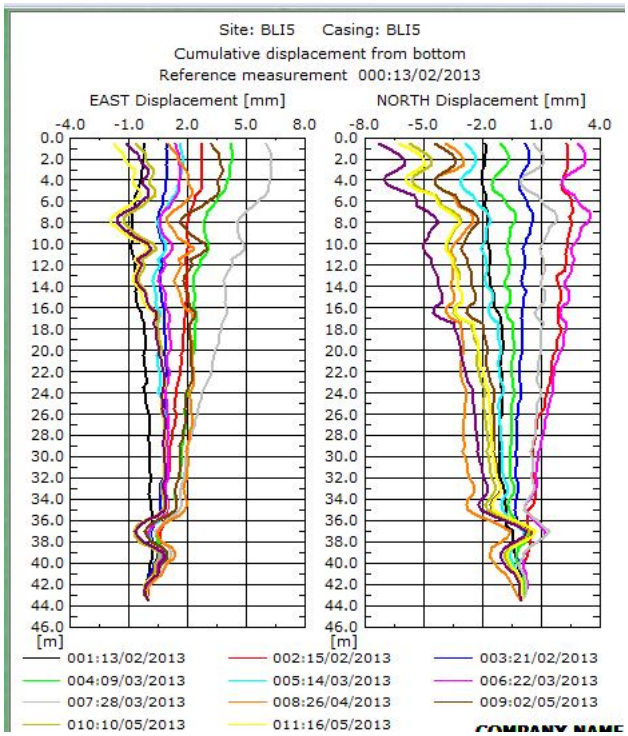
OINK -4 (ID)

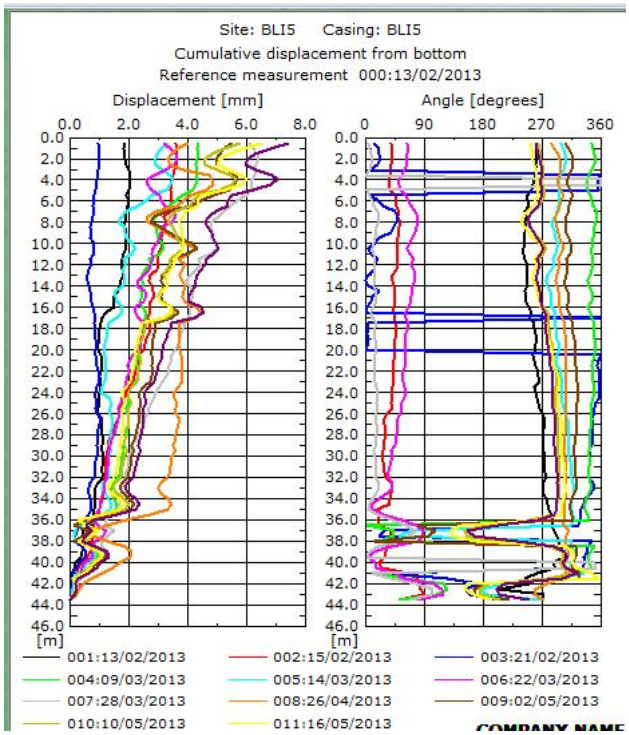

Site: BLI4 Casing: BLI4
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

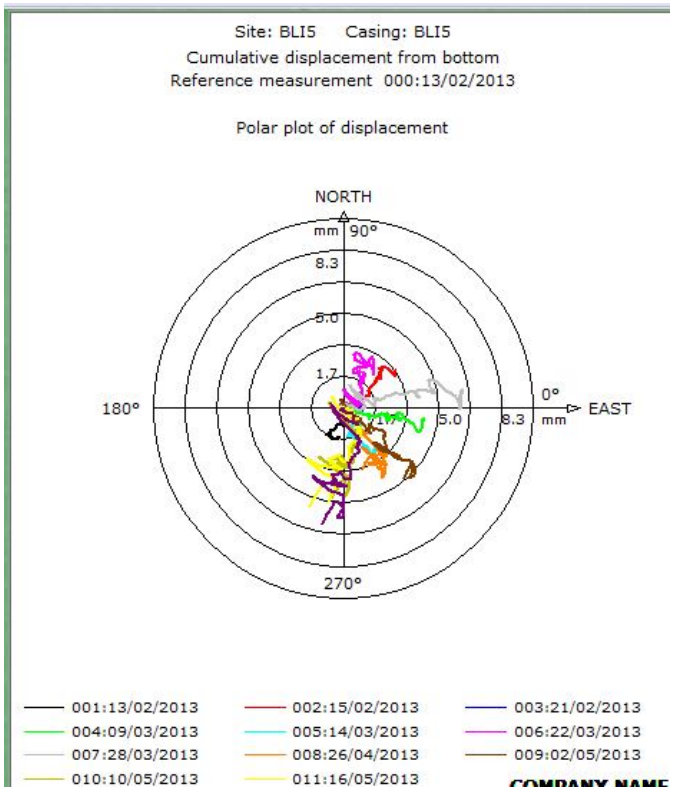

Site: BLI4 Casing: BLI4
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI4 Casing: BLI4
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:12/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
180°
270°
0°
EAST
mm
001:12/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:08/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

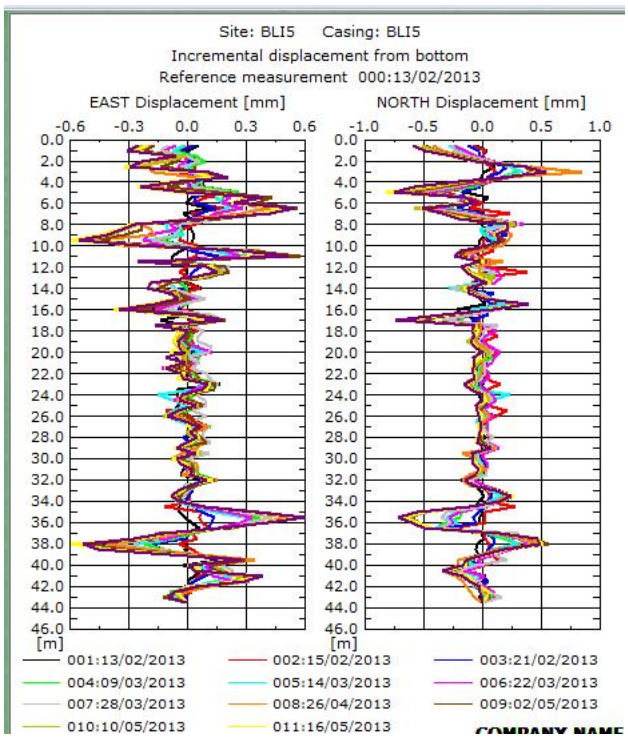
OINK -5 (CD)

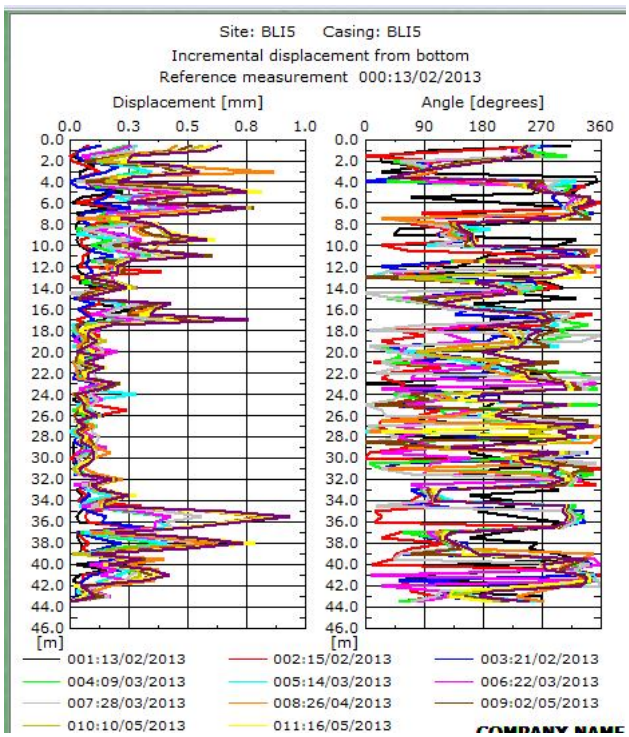

Site: BLI5 Casing: BLI5
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013

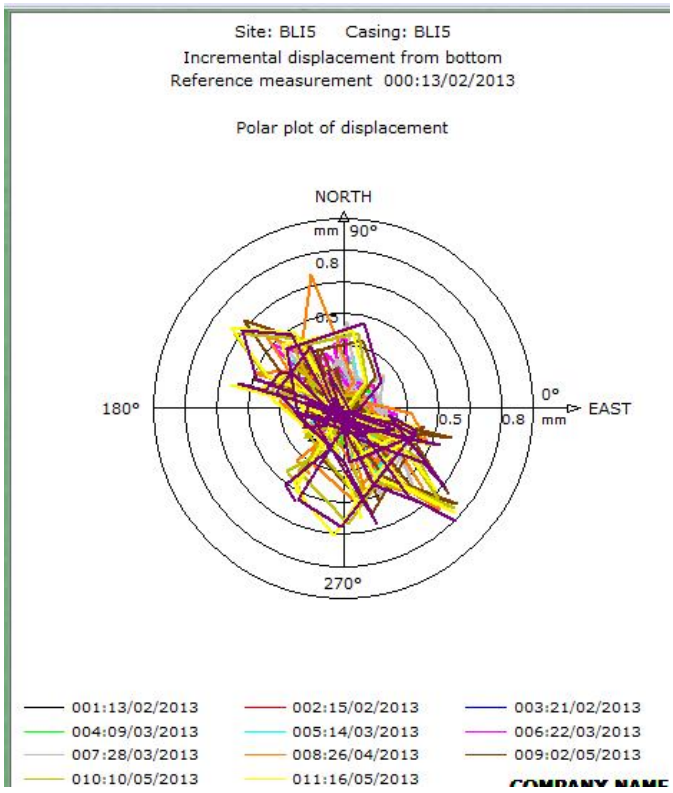

Site: BLI5 Casing: BLI5
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013


Site: BLI5 Casing: BLI5
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
180°
270°
0°
EAST
mm
8.3
5.0
1.7
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013

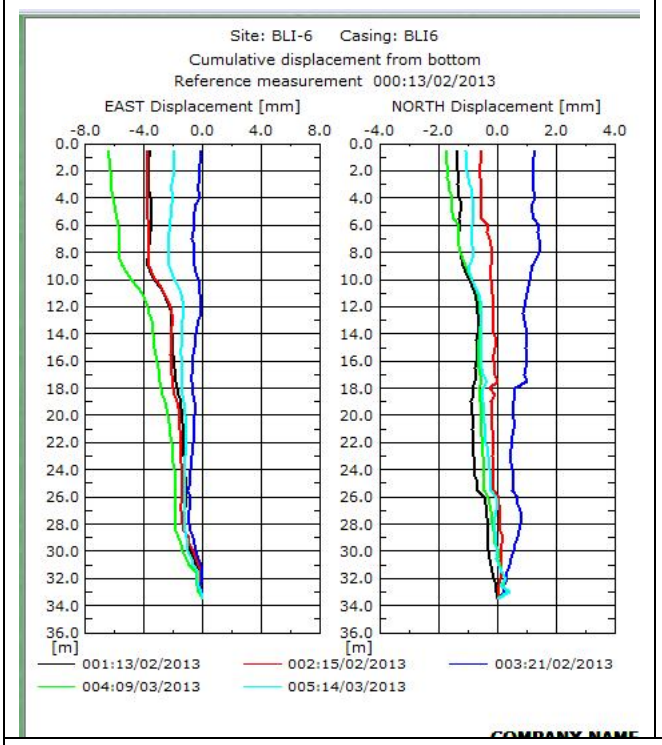
OINK -5 (ID)

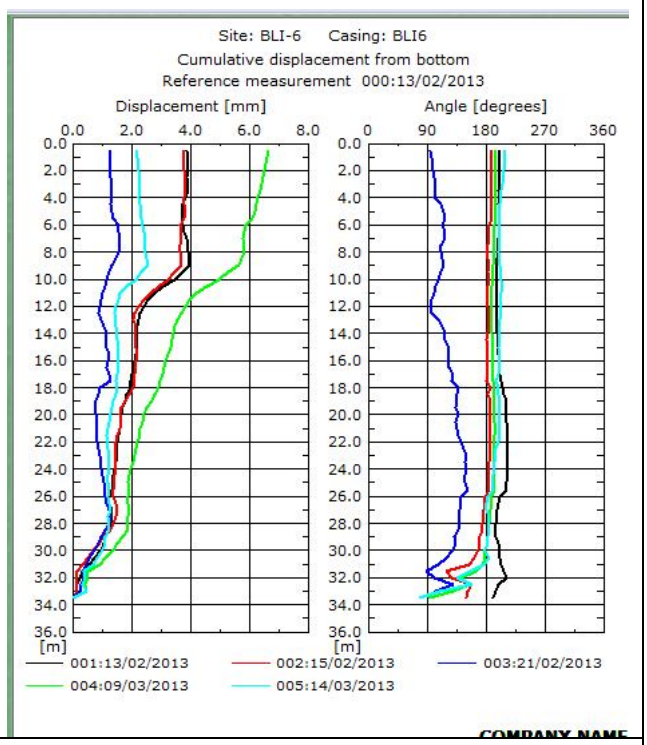

Site: BLI5 Casing: BLI5
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-0.6 -0.3 0.0 0.3 0.6
-1.0 -0.5 0.0 0.5 1.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

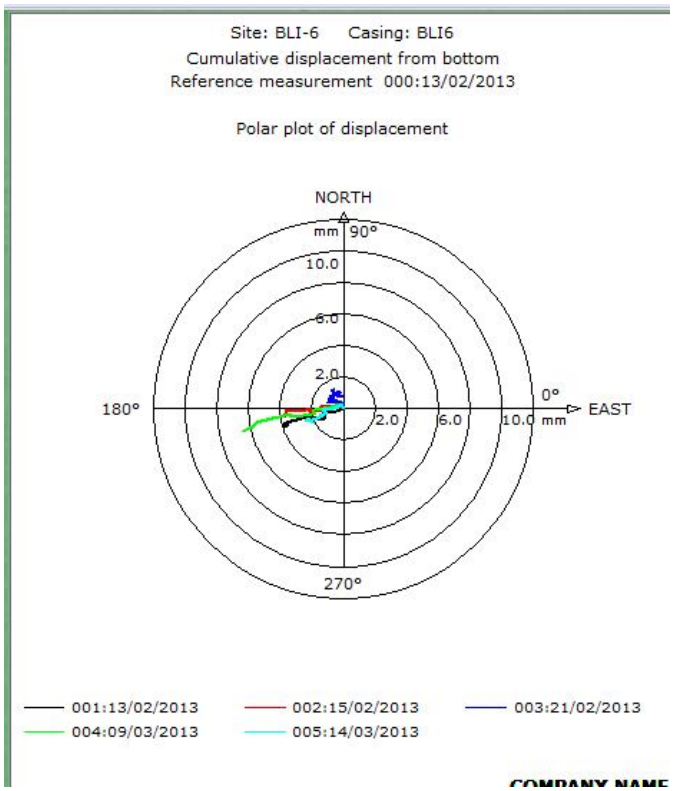

Site: BLI5 Casing: BLI5
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.3 0.5 0.8 1.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI5 Casing: BLI5
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
0.8
0.5
180°
0°
EAST
0.5
0.8
mm
270°
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
006:22/03/2013
007:28/03/2013
008:26/04/2013
009:02/05/2013
010:10/05/2013
011:16/05/2013
COMPANY NAME

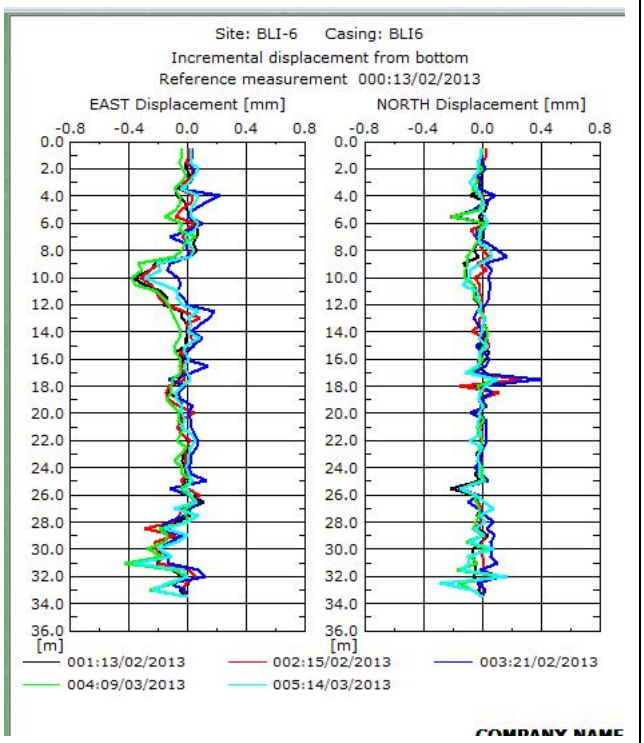
OINK -6 (CD)

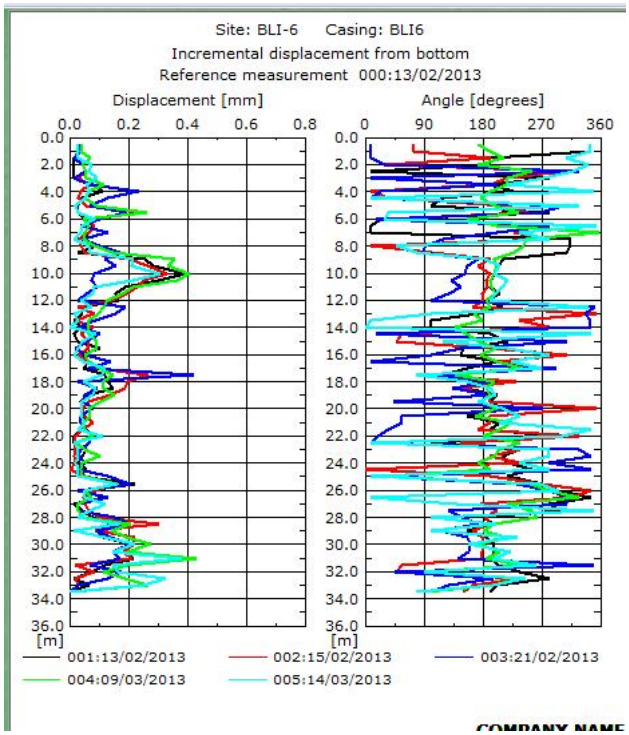

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

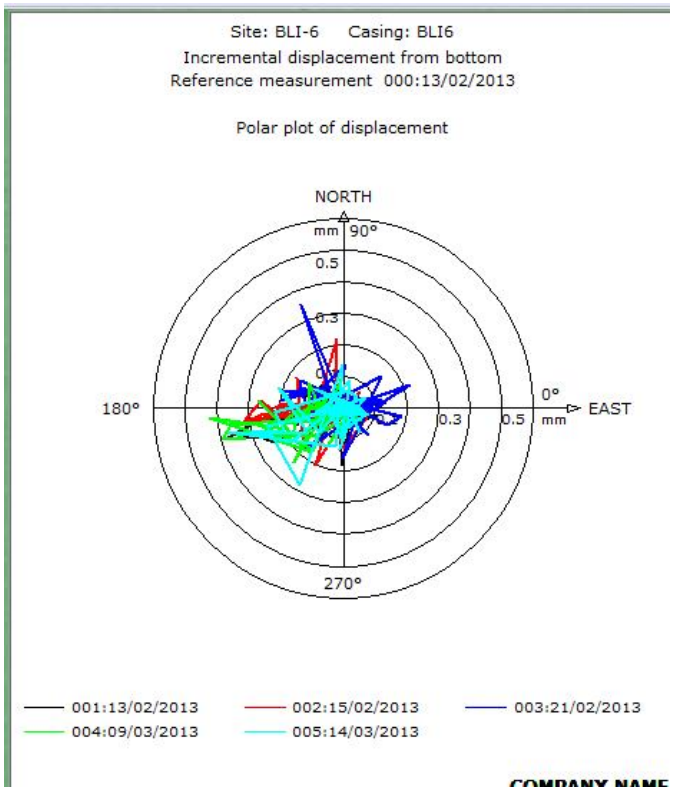

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME


Site: BLI-6 Casing: BLI6
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
EAST
180°
270°
mm
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

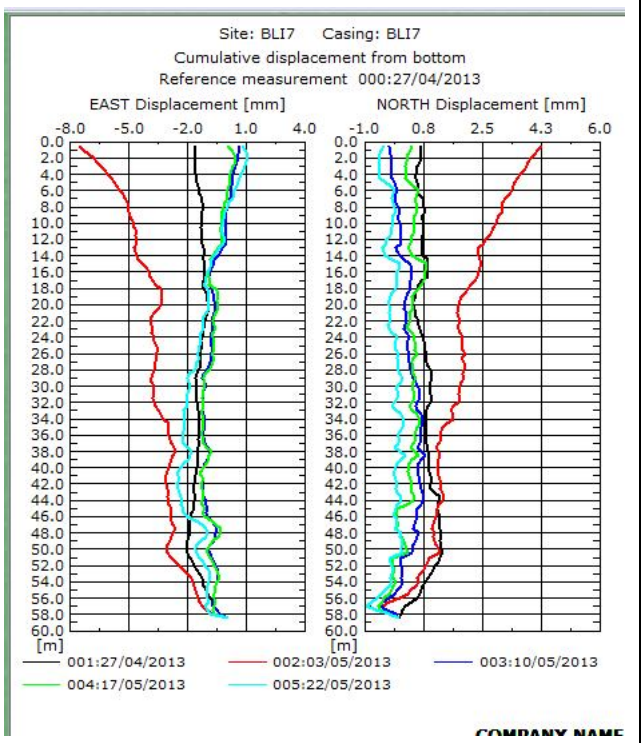
OINK -6 (ID)

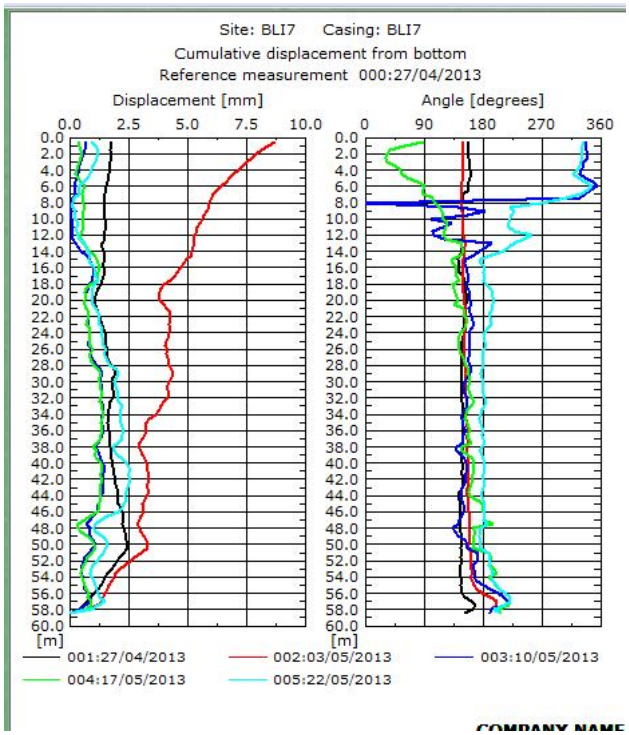

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-0.8 -0.4 0.0 0.4 0.8
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

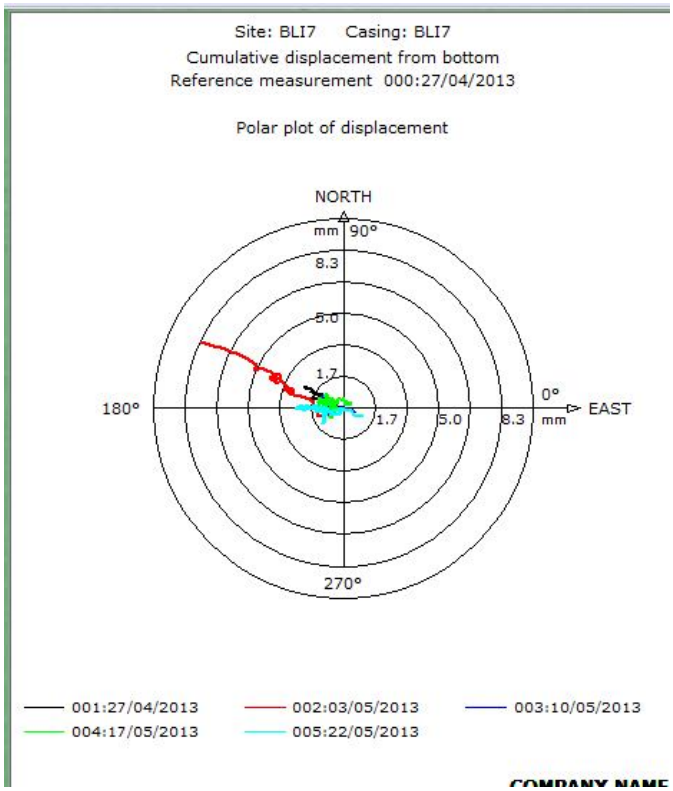

Site: BLI-6 Casing: BLI6
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
[m]
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME


Site: BLI-6 Casing: BLI6
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:13/02/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
0.5
0.3
180°
0°
EAST
0.3
0.5
mm
270°
001:13/02/2013
002:15/02/2013
003:21/02/2013
004:09/03/2013
005:14/03/2013
COMPANY NAME

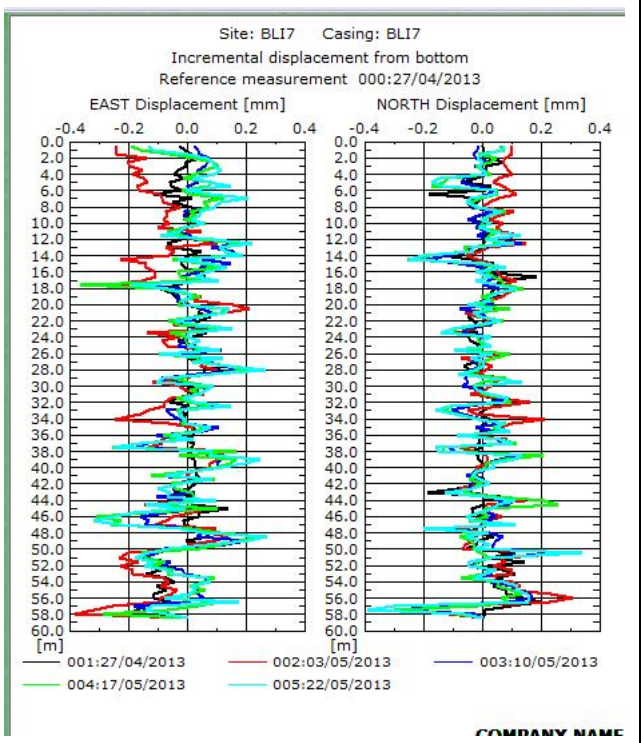
OINK -7 (CD)

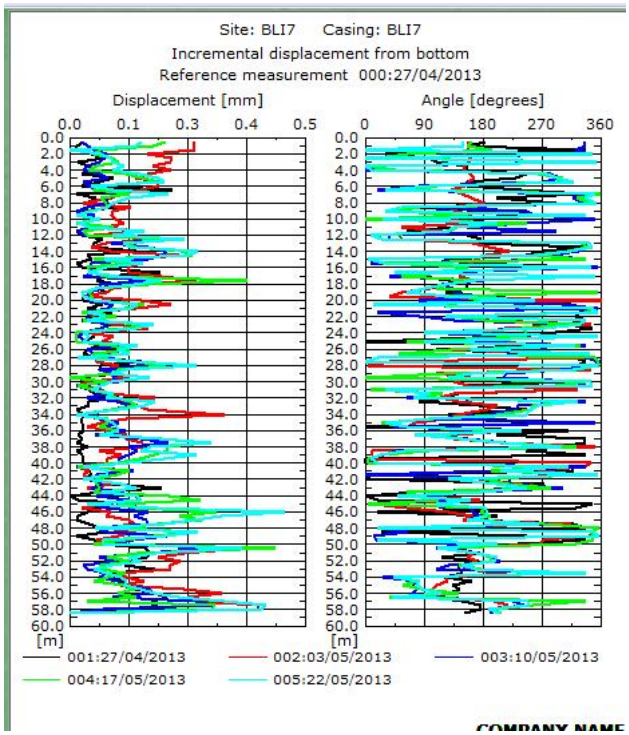

Site: BLI7 Casing: BLI7
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-8.0 -5.0 -2.0 1.0 4.0
-1.0 0.8 2.5 4.3 6.0
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

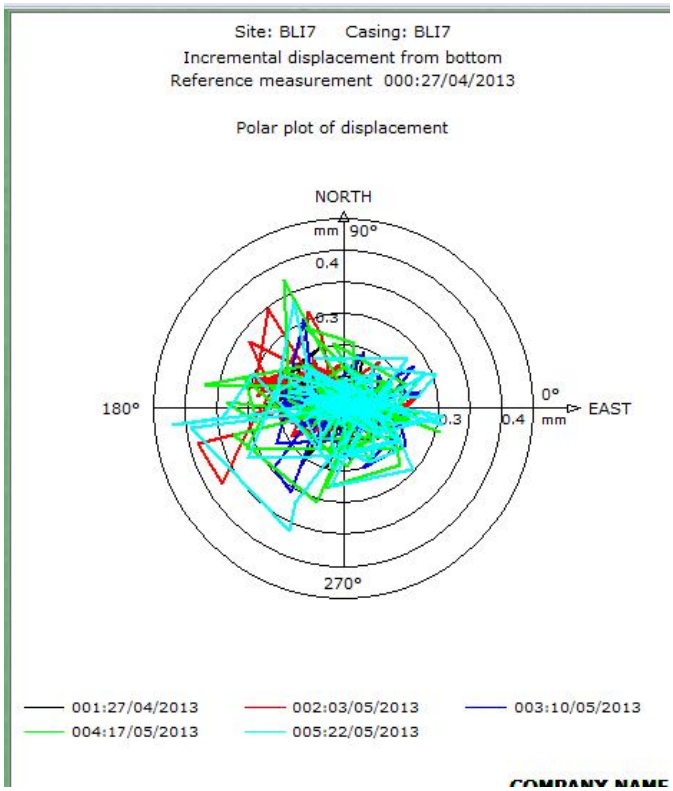

Site: BLI7 Casing: BLI7
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 2.5 5.0 7.5 10.0
0 90 180 270 360
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI7 Casing: BLI7
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
8.3
5.0
1.7
180°
0°
EAST
1.7
5.0
8.3
mm
270°
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

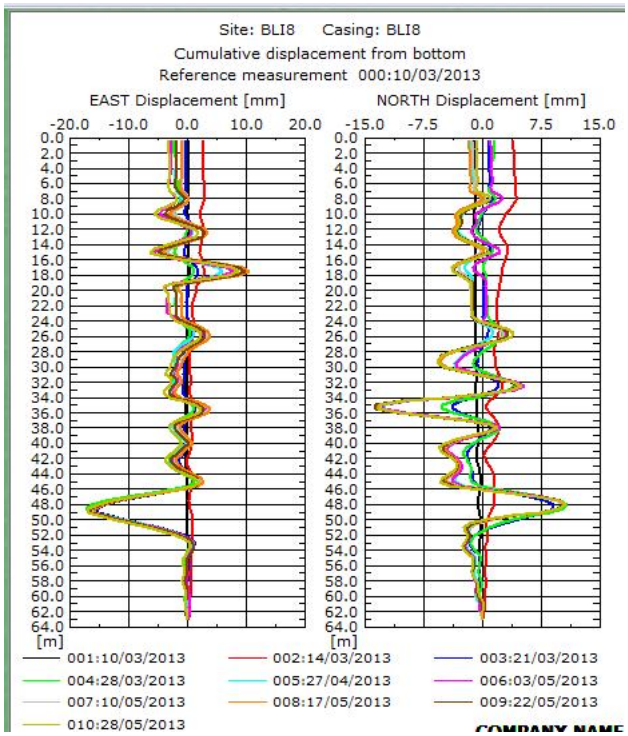
OINK -7 (ID)

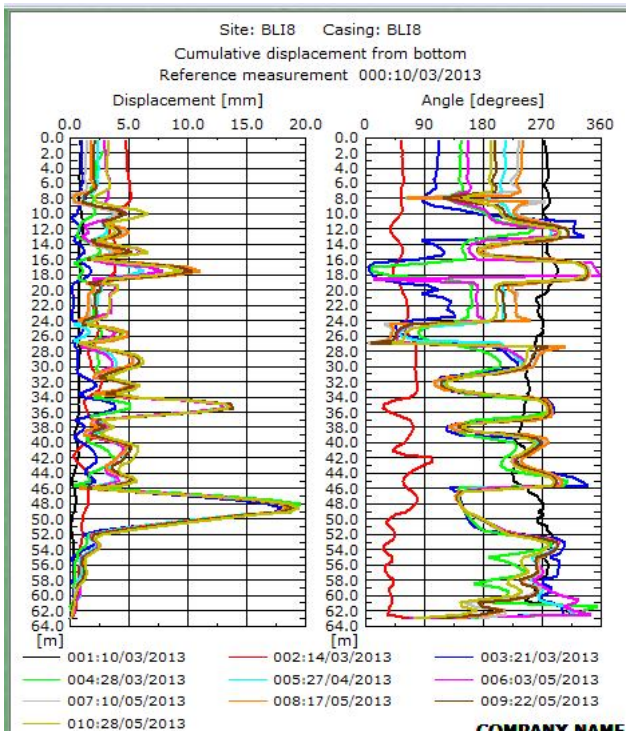

Site: BLI7 Casing: BLI7
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-0.4 -0.2 0.0 0.2 0.4
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

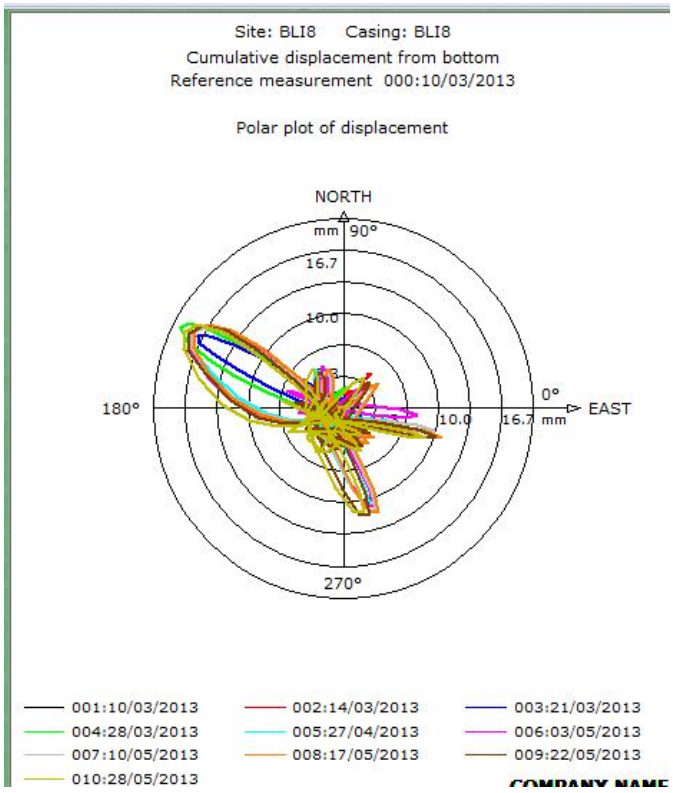

Site: BLI7 Casing: BLI7
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.1 0.3 0.4 0.5
0 90 180 270 360
[m]
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI7 Casing: BLI7
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:27/04/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
0.4
0.3
180°
0°
EAST
270°
001:27/04/2013
002:03/05/2013
003:10/05/2013
004:17/05/2013
005:22/05/2013
COMPANY NAME

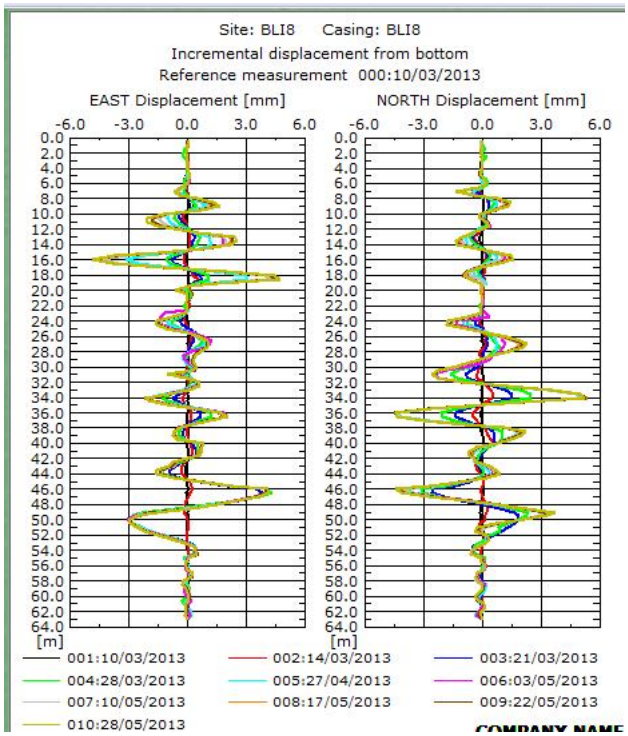
OINK -8 (CD)

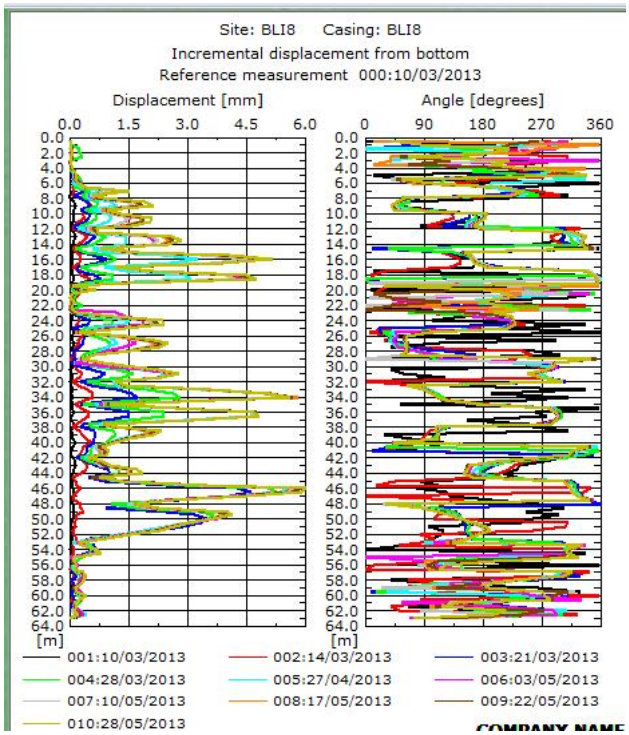

Site: BLI8 Casing: BLI8
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

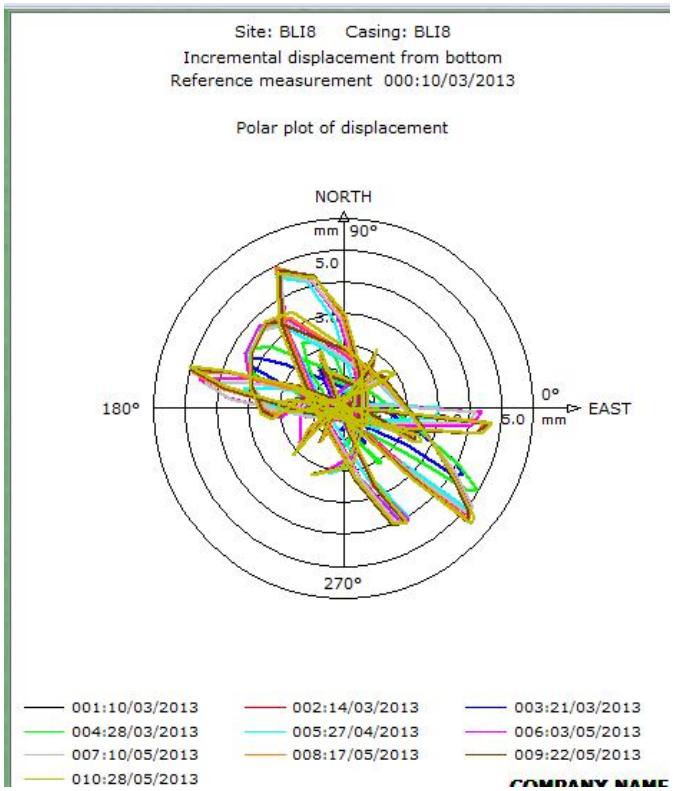

Site: BLI8 Casing: BLI8
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI8 Casing: BLI8
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
16.7
10.0
0°
EAST
180°
270°
mm
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

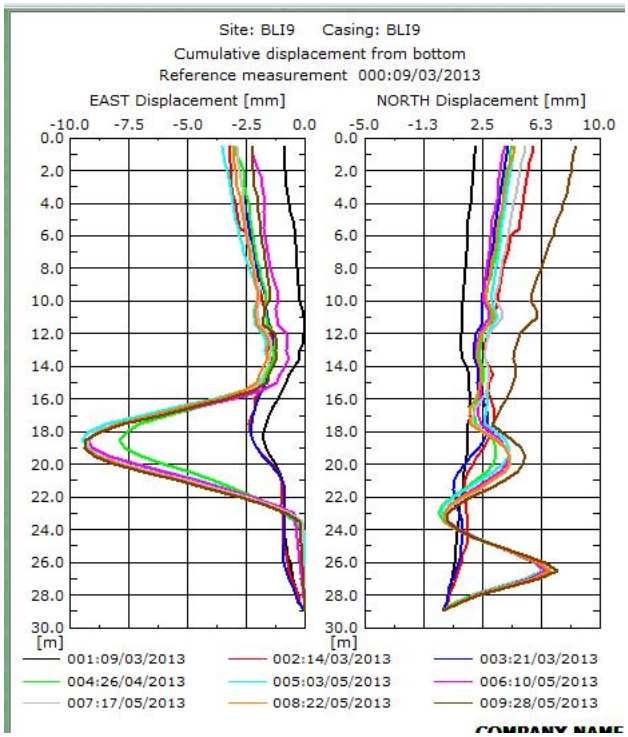
OINK -8 (ID)

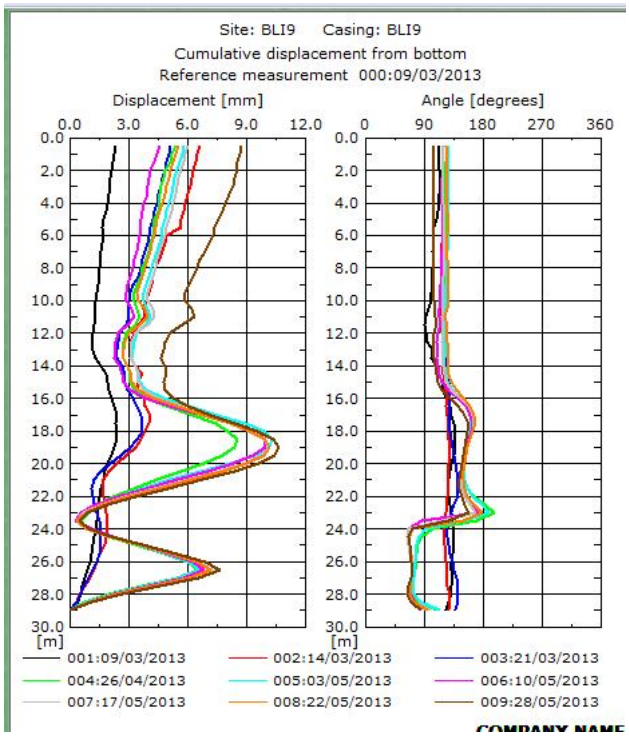

Site: BLI8 Casing: BLI8
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-6.0 -3.0 0.0 3.0 6.0
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

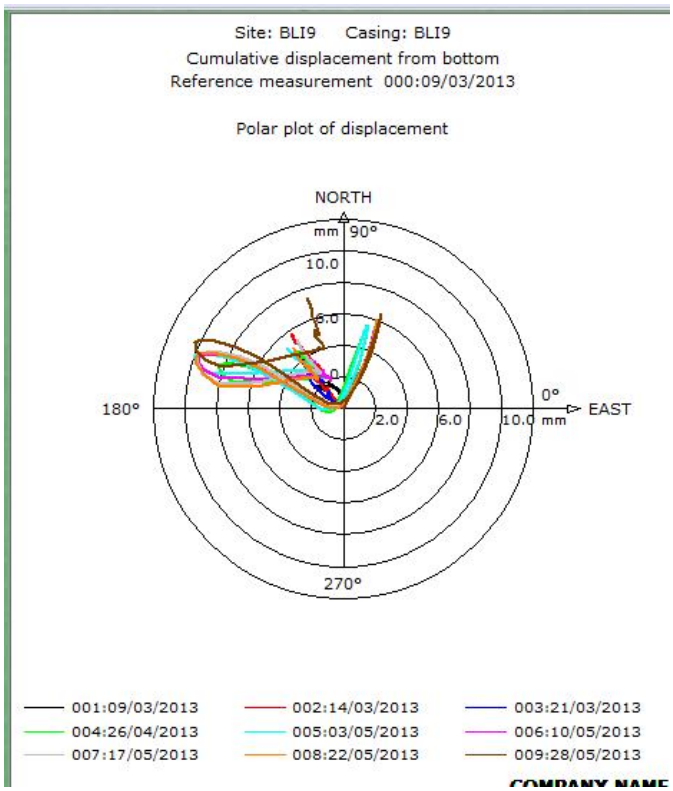

Site: BLI8 Casing: BLI8
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.5 3.0 4.5 6.0
0 90 180 270 360
[m]
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI8 Casing: BLI8
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:10/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
5.0
180°
0°
EAST
5.0
mm
270°
001:10/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:28/03/2013
005:27/04/2013
006:03/05/2013
007:10/05/2013
008:17/05/2013
009:22/05/2013
010:28/05/2013
COMPANY NAME

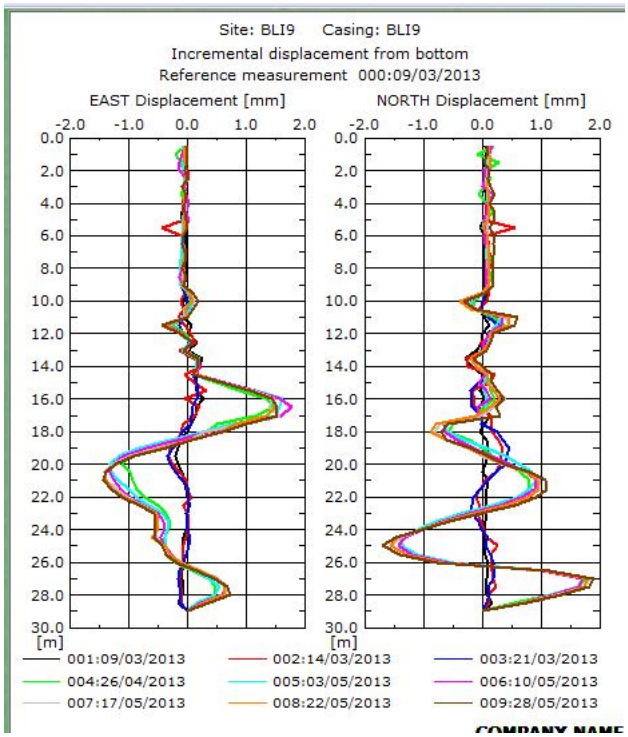
OINK -9 (CD)

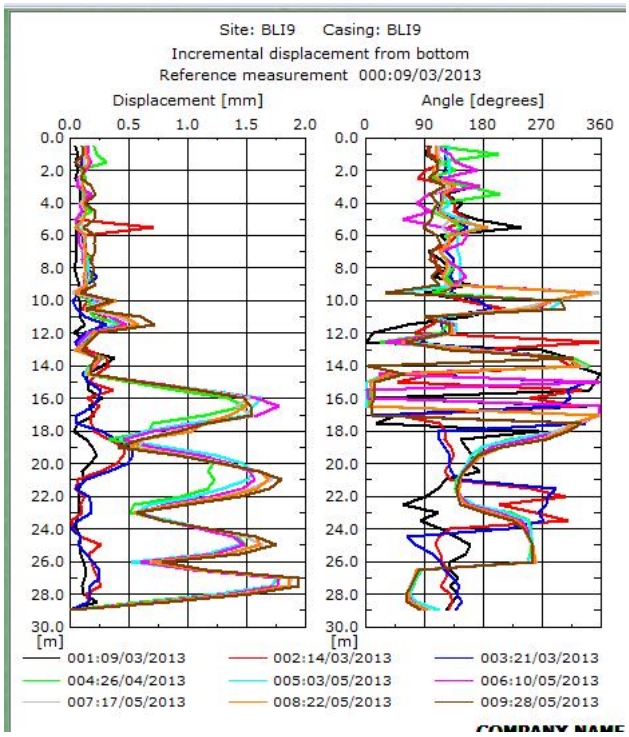

Site: BLI9 Casing: BLI9
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-10.0 -7.5 -5.0 -2.5 0.0
-5.0 -1.3 2.5 6.3 10.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

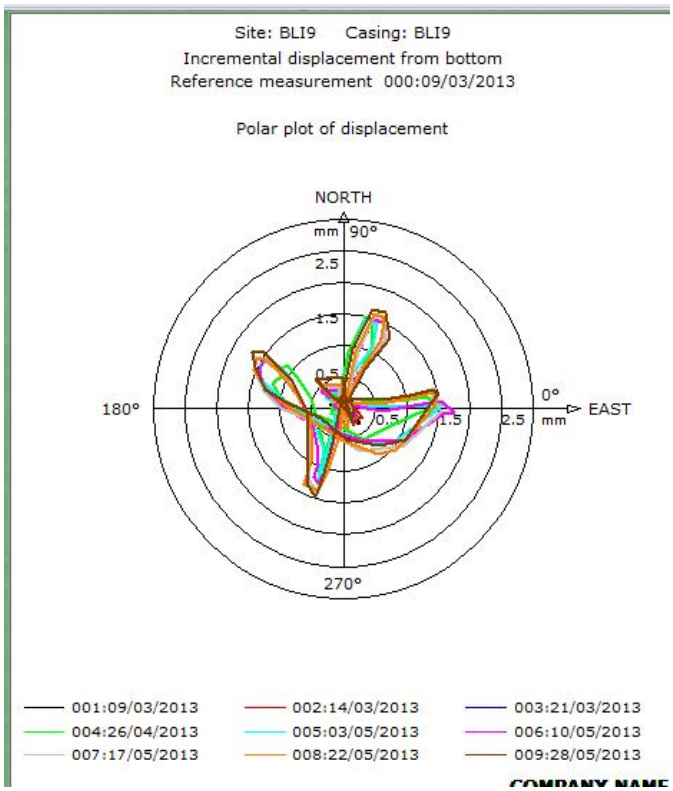

Site: BLI9 Casing: BLI9
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 3.0 6.0 9.0 12.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME


Site: BLI9 Casing: BLI9
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
10.0
6.0
2.0
0°
EAST
180°
270°
2.0 6.0 10.0 mm
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

OINK -9 (ID)

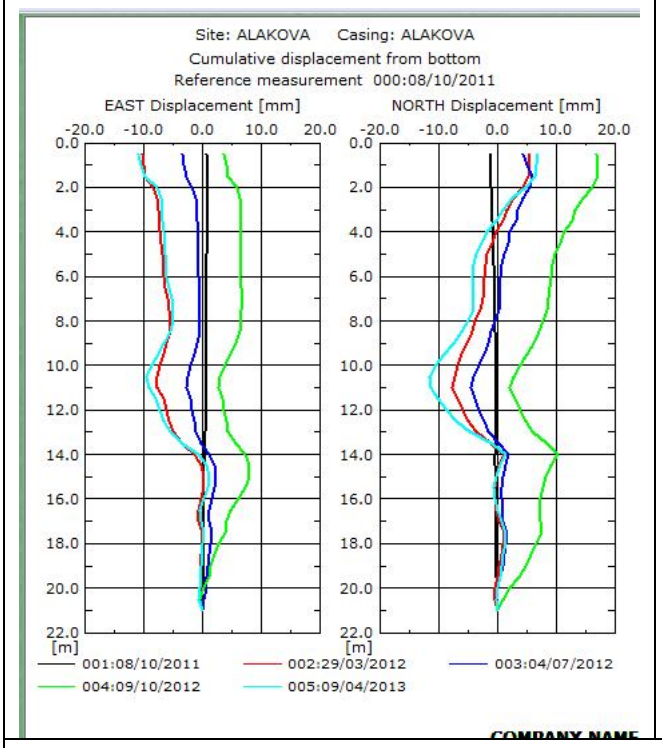

Site: BLI9 Casing: BLI9
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

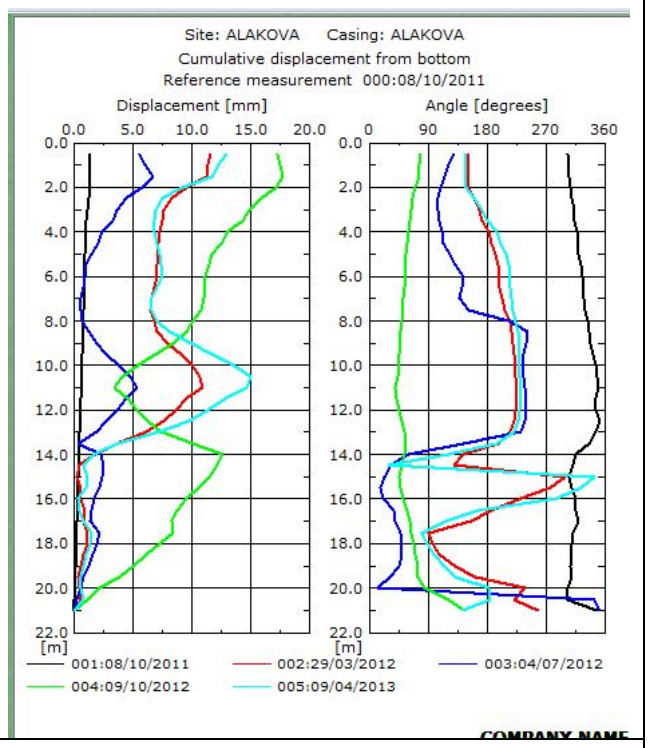

Site: BLI9 Casing: BLI9
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0
[m]
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

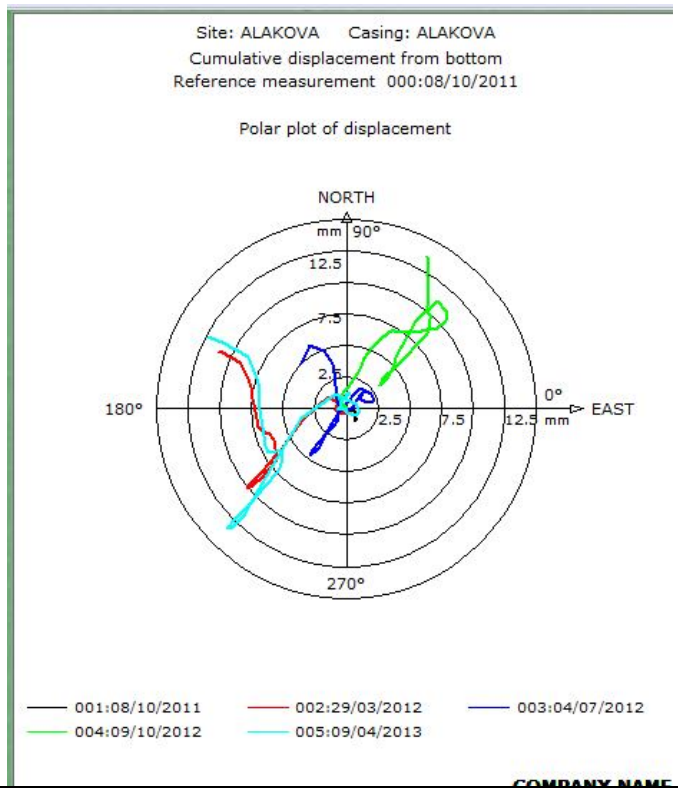

Site: BLI9 Casing: BLI9
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:09/03/2013
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
2.5
1.5
0.5
0°
EAST
180°
270°
001:09/03/2013
002:14/03/2013
003:21/03/2013
004:26/04/2013
005:03/05/2013
006:10/05/2013
007:17/05/2013
008:22/05/2013
009:28/05/2013
COMPANY NAME

EK-2 Konya Çumra tarım havzasındaki ölçüm kuyularının INCLI-2 çıktıları

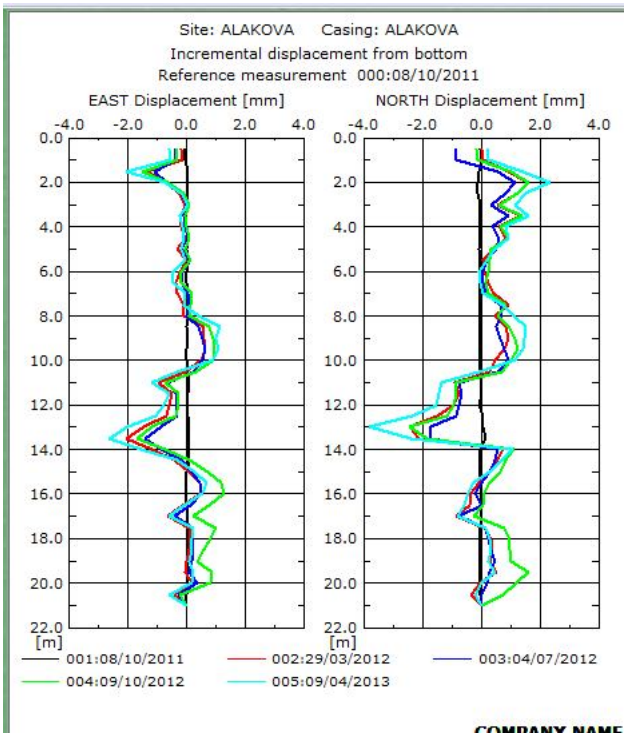
ALAKOVA (CD)

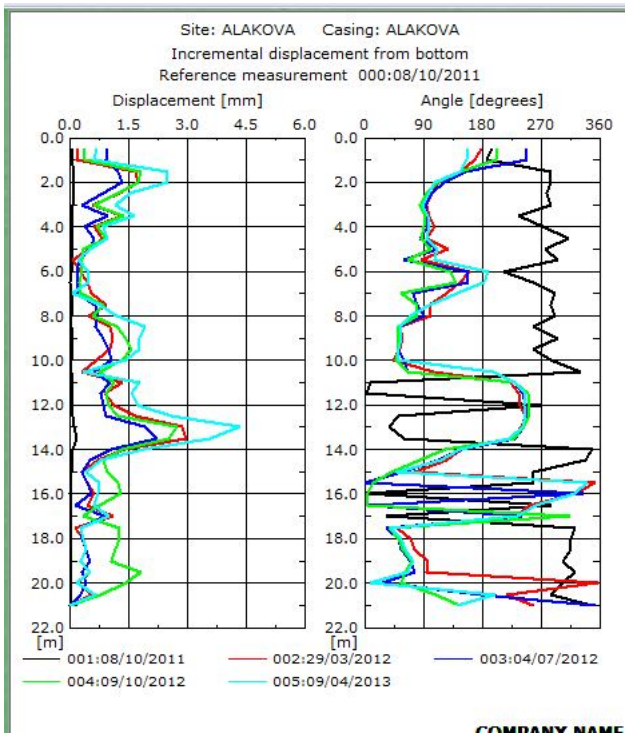


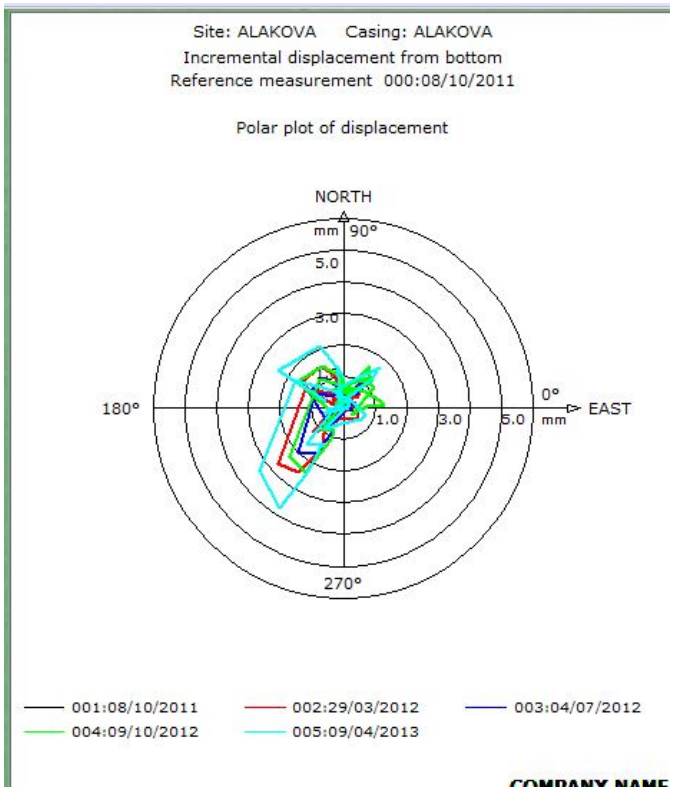




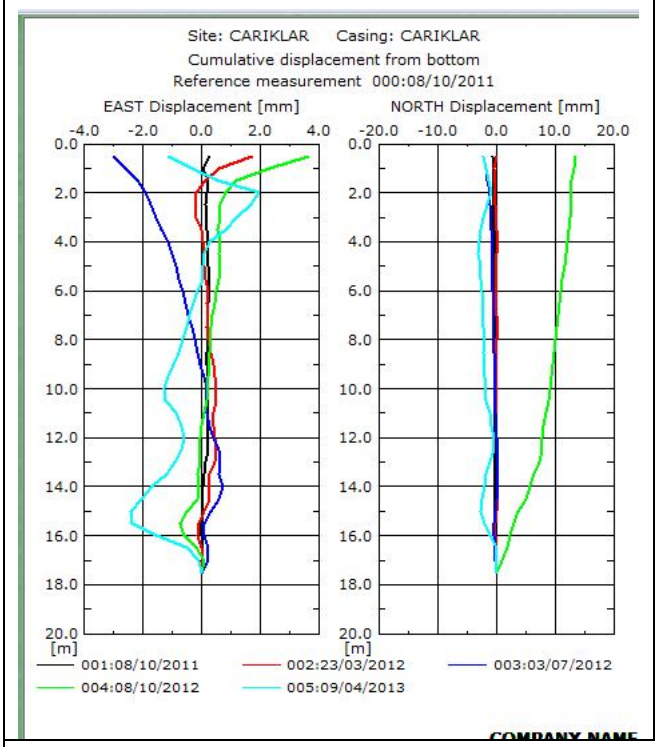
ALAKOVA (ID)

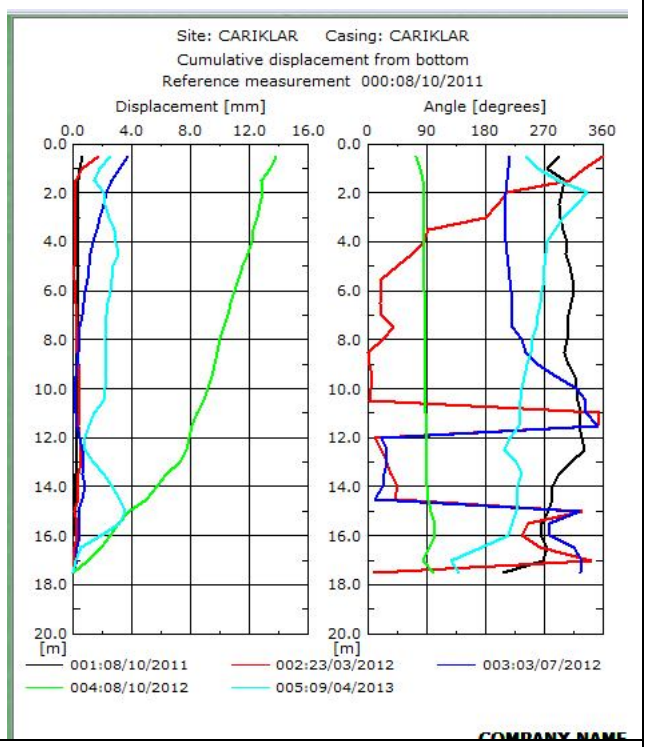

Site: ALAKOVA Casing: ALAKOVA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:08/10/2011
002:29/03/2012
003:04/07/2012
004:09/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

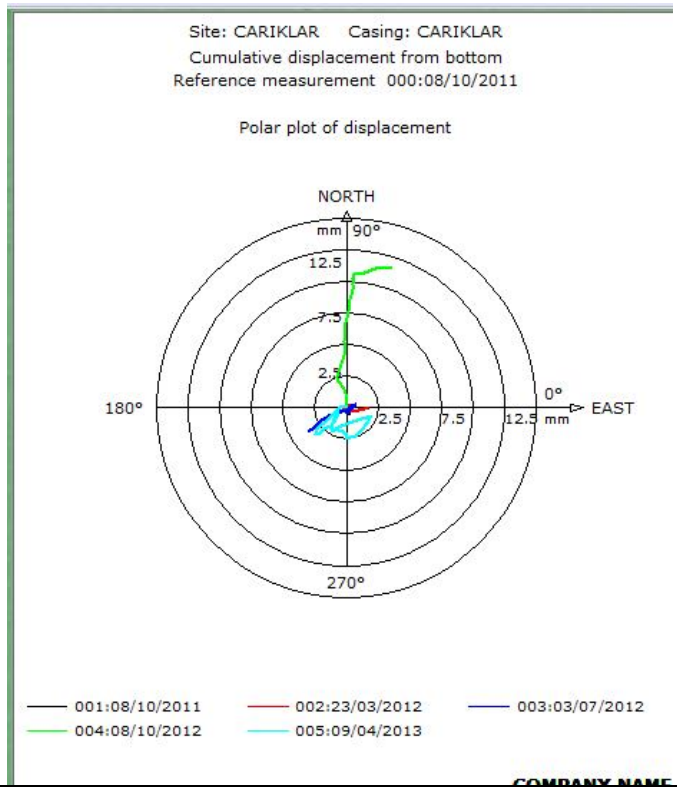

Site: ALAKOVA Casing: ALAKOVA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.5 3.0 4.5 6.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:08/10/2011
002:29/03/2012
003:04/07/2012
004:09/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: ALAKOVA Casing: ALAKOVA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
5.0
3.0
180°
0°
EAST
1.0
3.0
5.0
mm
270°
001:08/10/2011
002:29/03/2012
003:04/07/2012
004:09/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

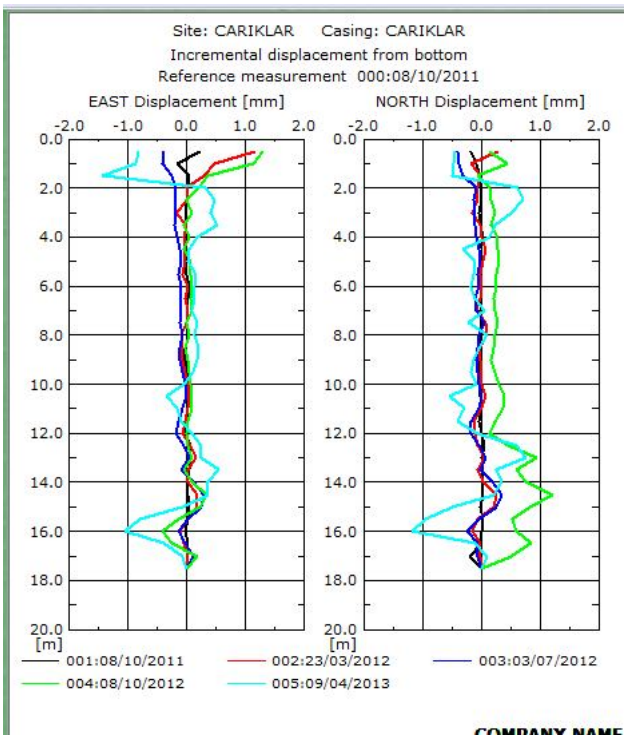
ÇARIKLAR (CD)

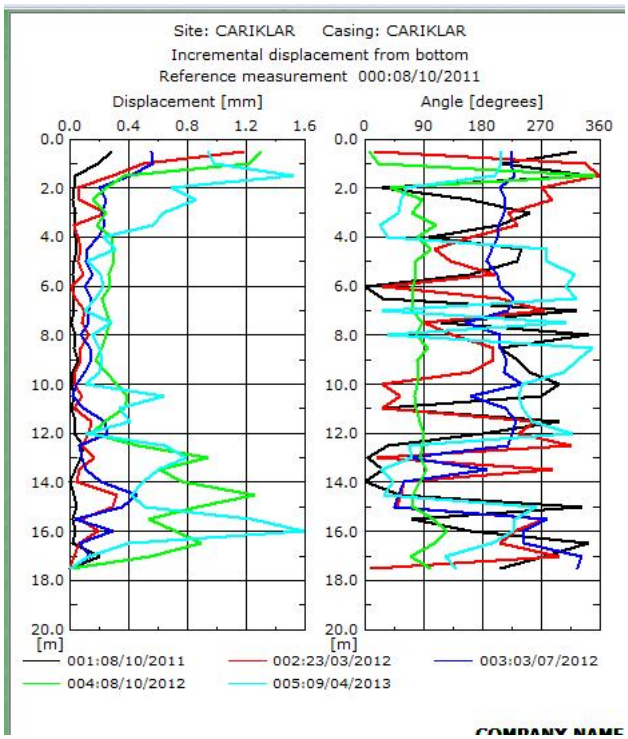

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
-20.0 -10.0 0.0 10.0 20.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

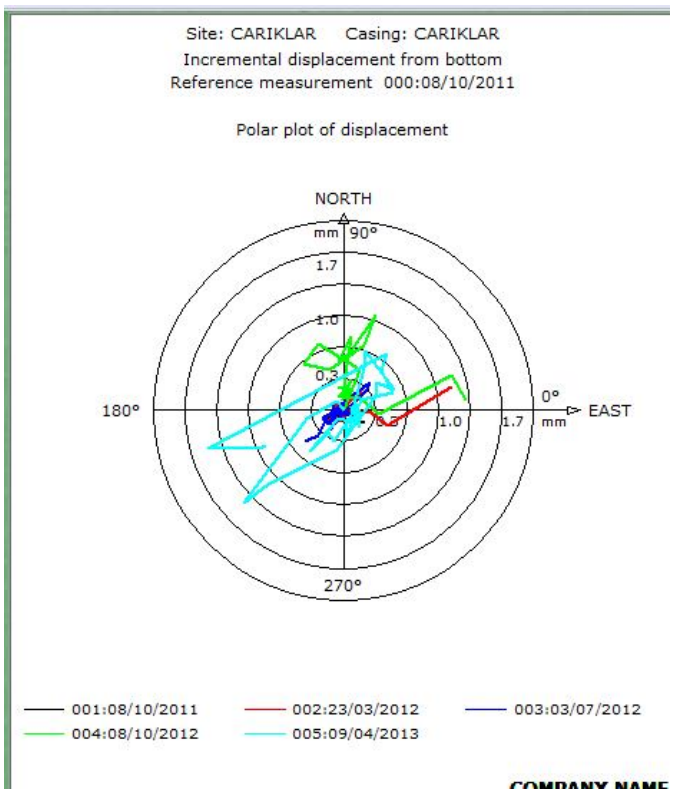

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 4.0 8.0 12.0 16.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
12.5
7.5
2.5
180°
0°
EAST
2.5 7.5 12.5 mm
270°
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

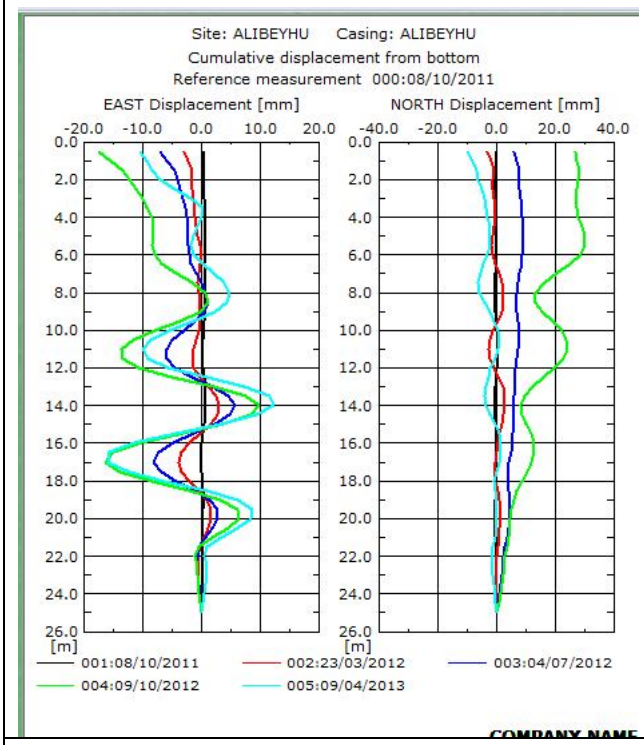
ÇARIKLAR (ID)

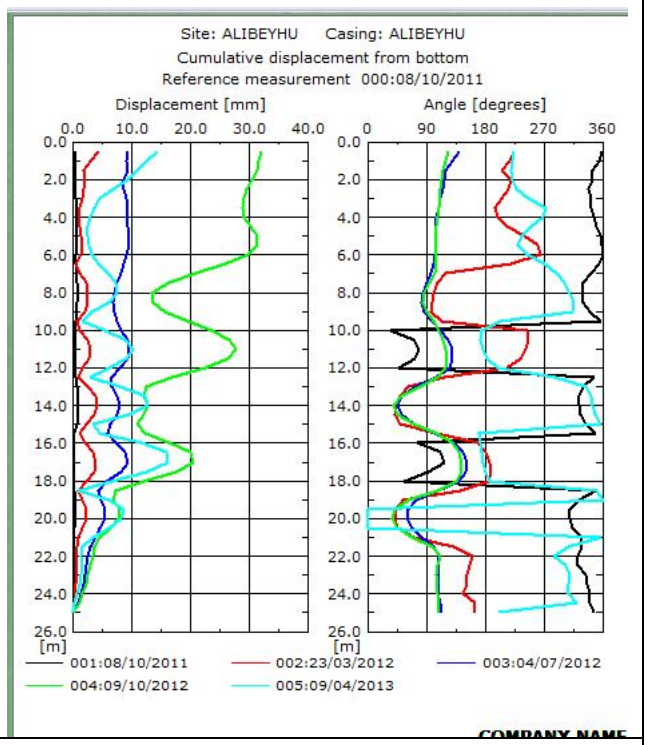

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

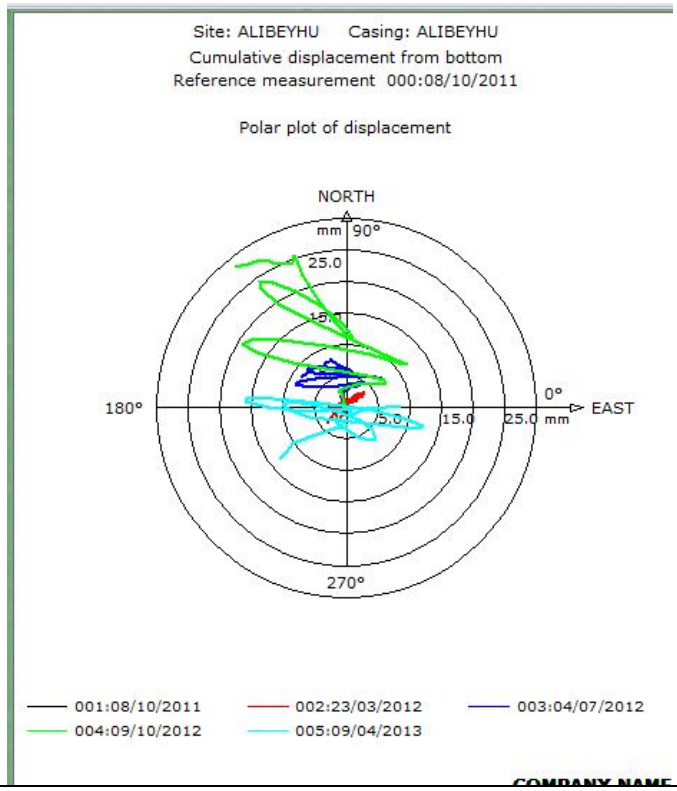

Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 0.4 0.8 1.2 1.6
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: CARIKLAR Casing: CARIKLAR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:08/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
1.7
1.0
0.2
180°
0°
EAST
1.0
1.7
mm
270°
001:08/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

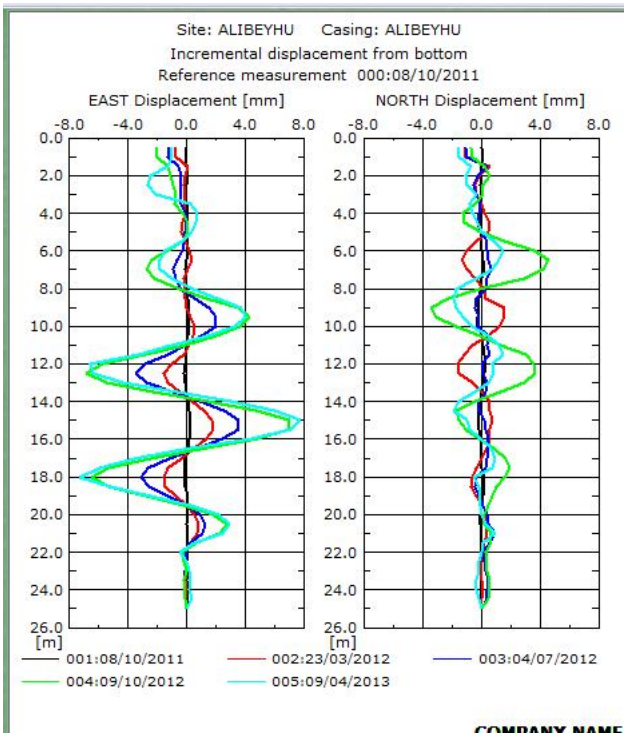
ALİBEYHÜYÜĞÜ (CD)

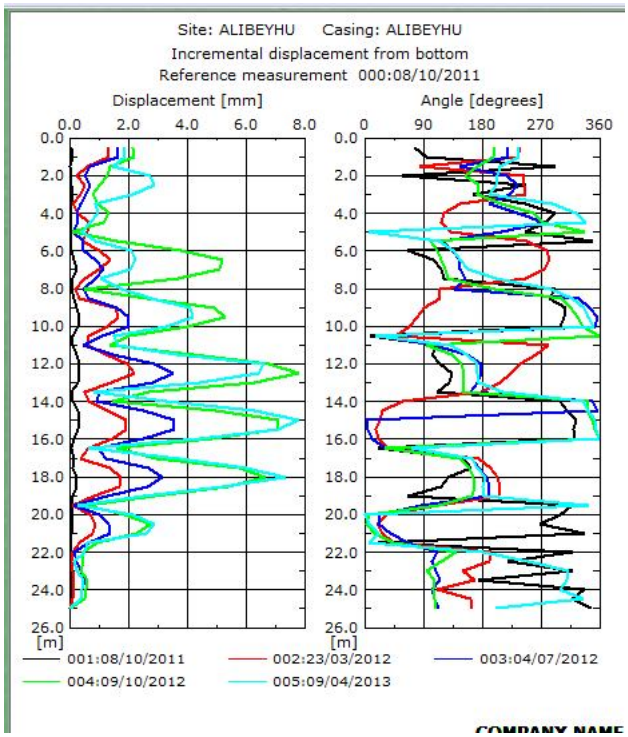


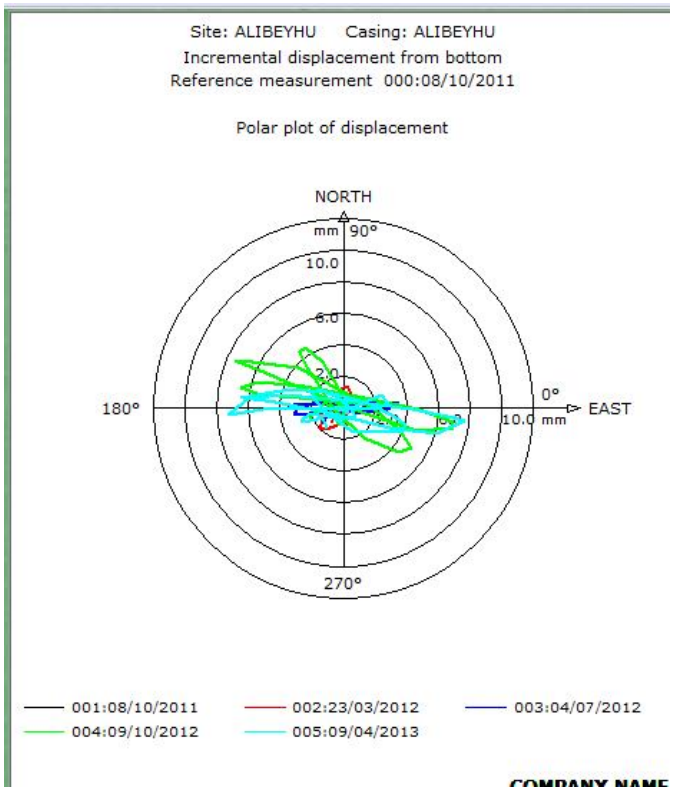




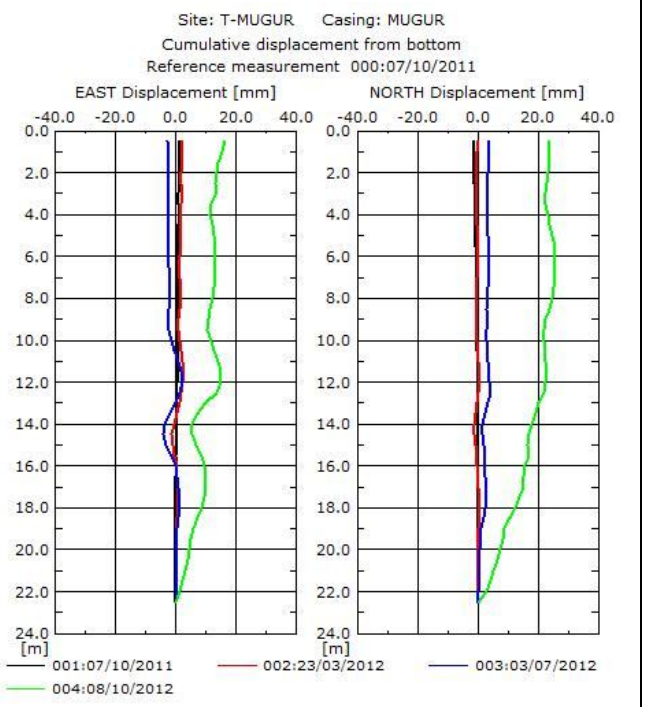
ALİBEYHÜYÜĞÜ (ID)

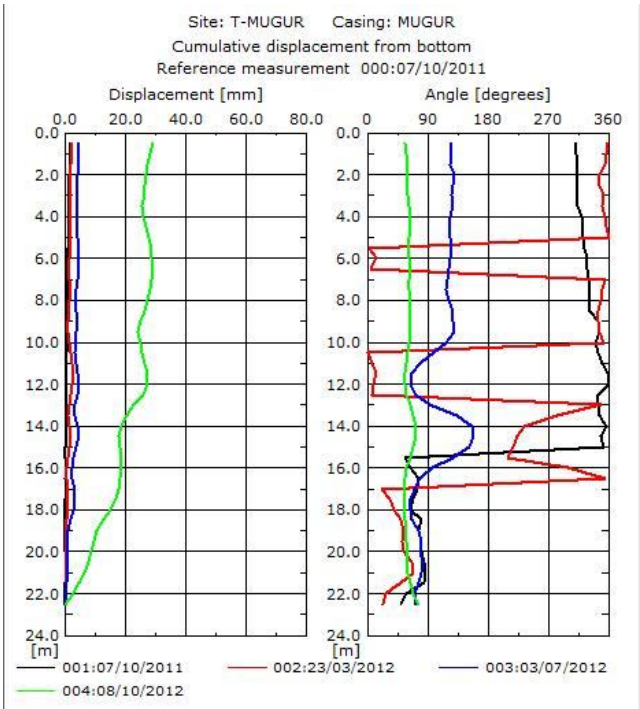


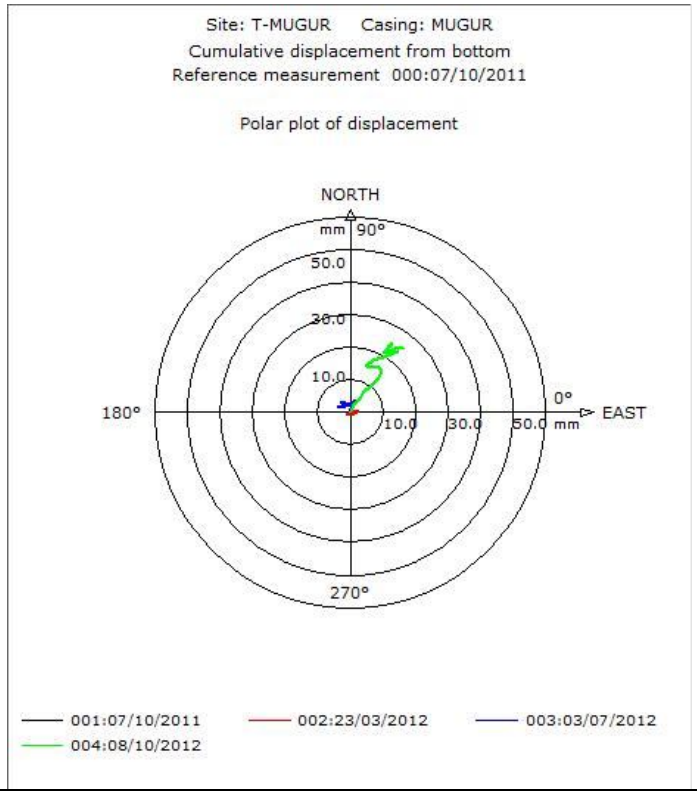




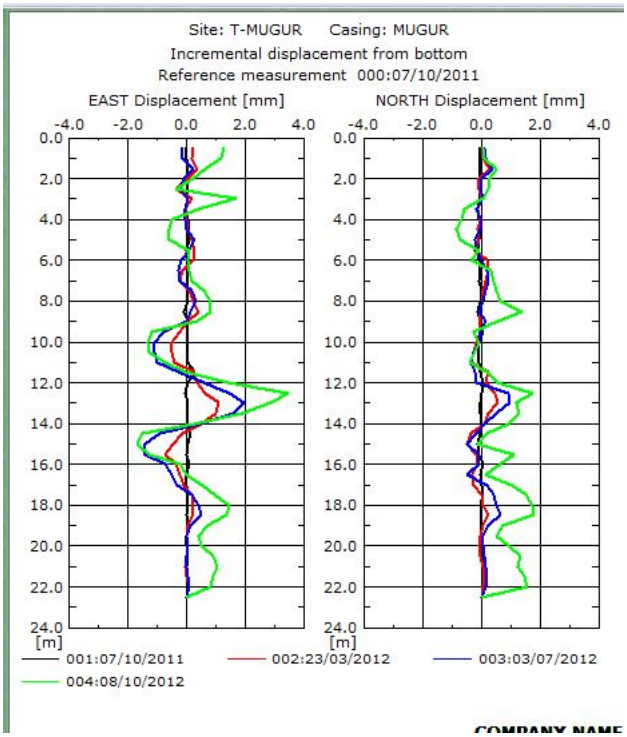
MUGUR (CD)

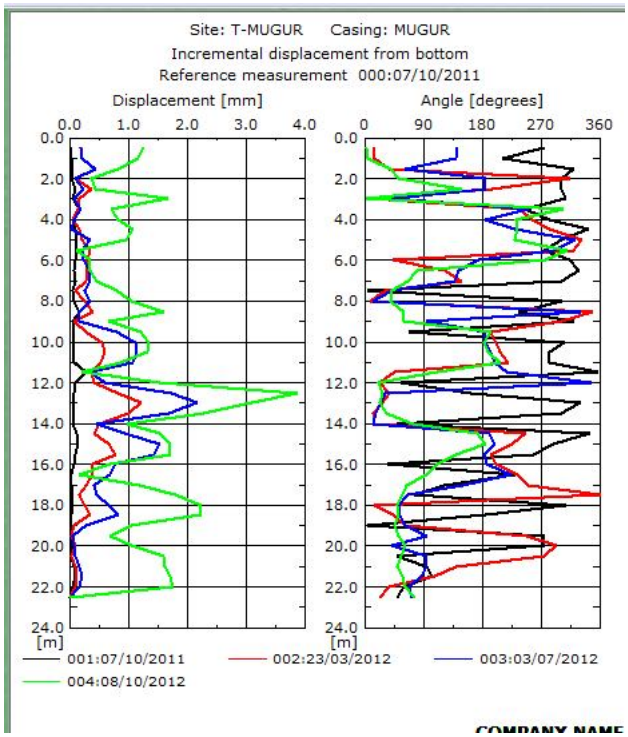

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-40.0 -20.0 0.0 20.0 40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012

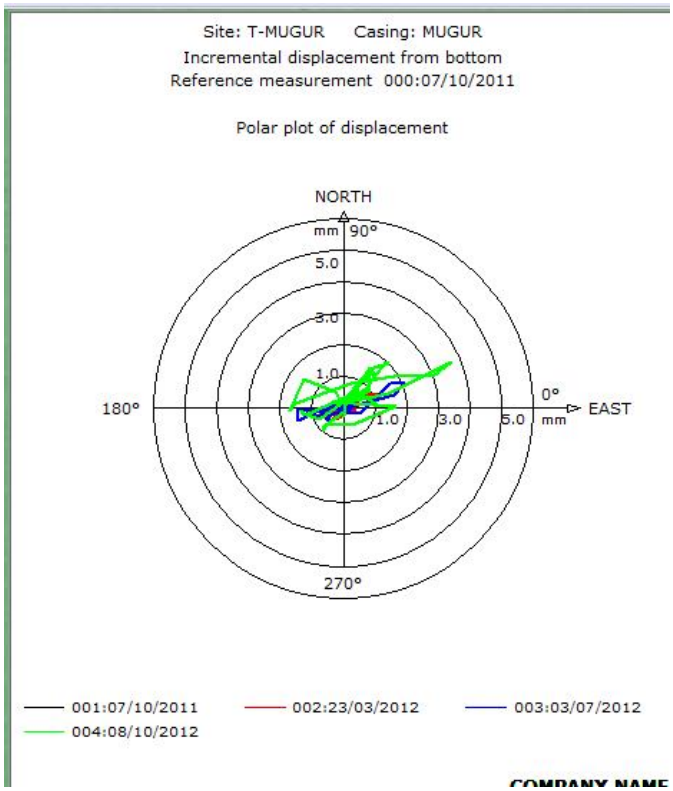

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 20.0 40.0 60.0 80.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012


Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
50.0
30.0
10.0
180°
0°
EAST
10.0 30.0 50.0 mm
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012

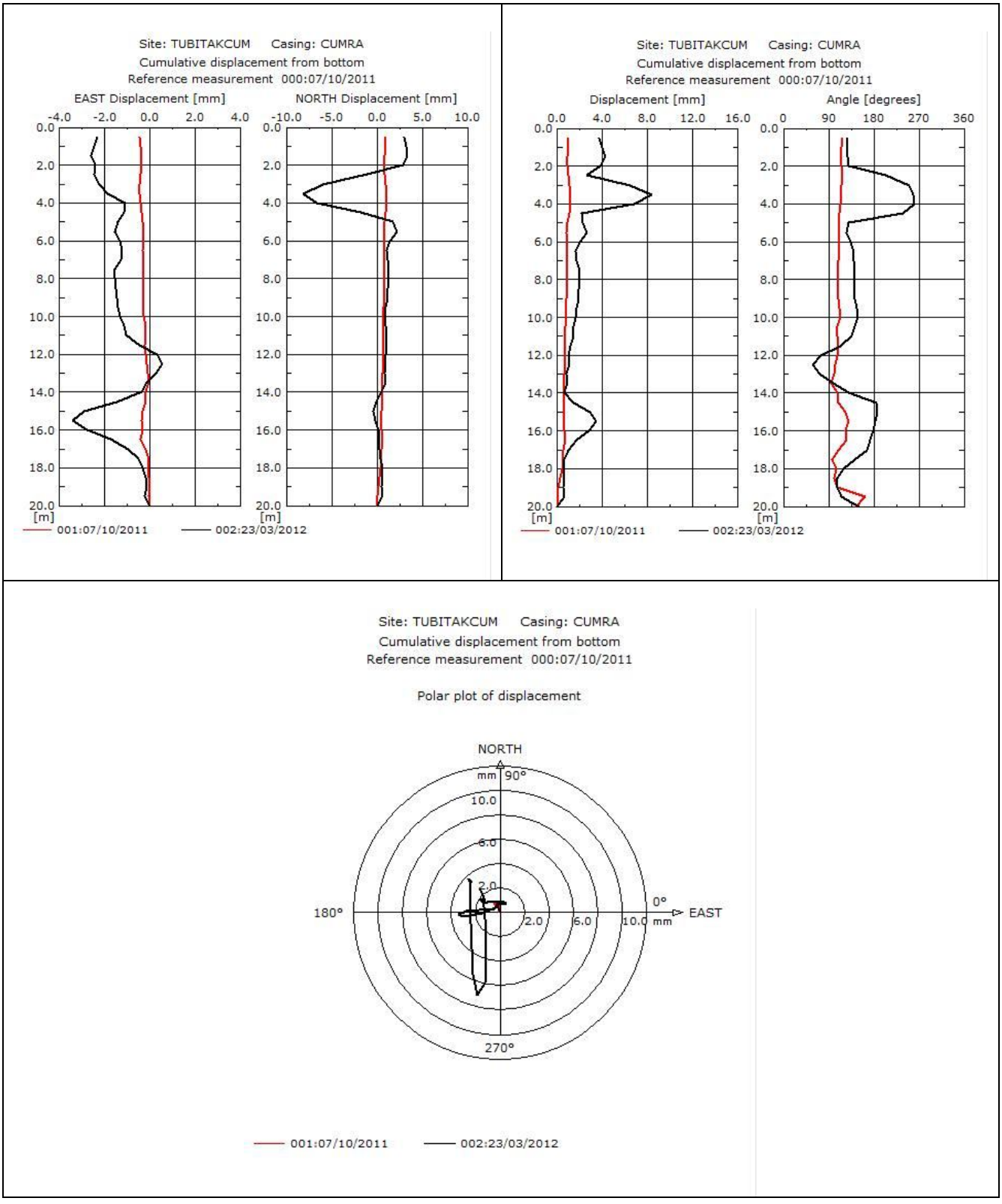
MUGUR (ID)


Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
COMPANY NAME

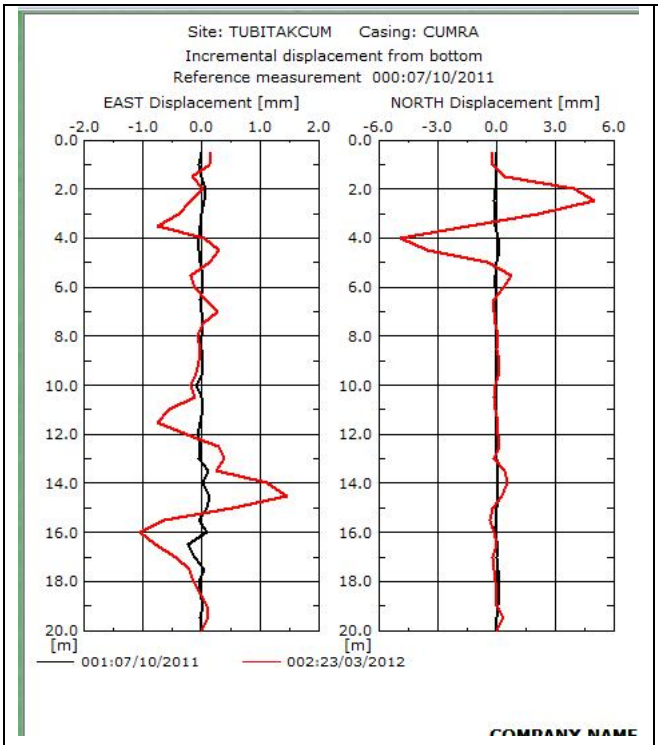

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
COMPANY NAME

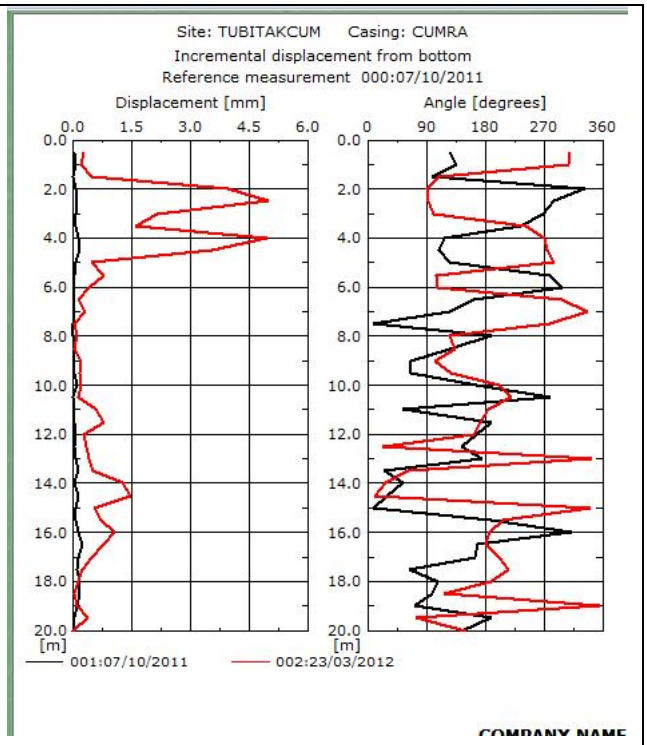

Site: T-MUGUR Casing: MUGUR
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
5.0
3.0
1.0
180°
0°
EAST
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
COMPANY NAME

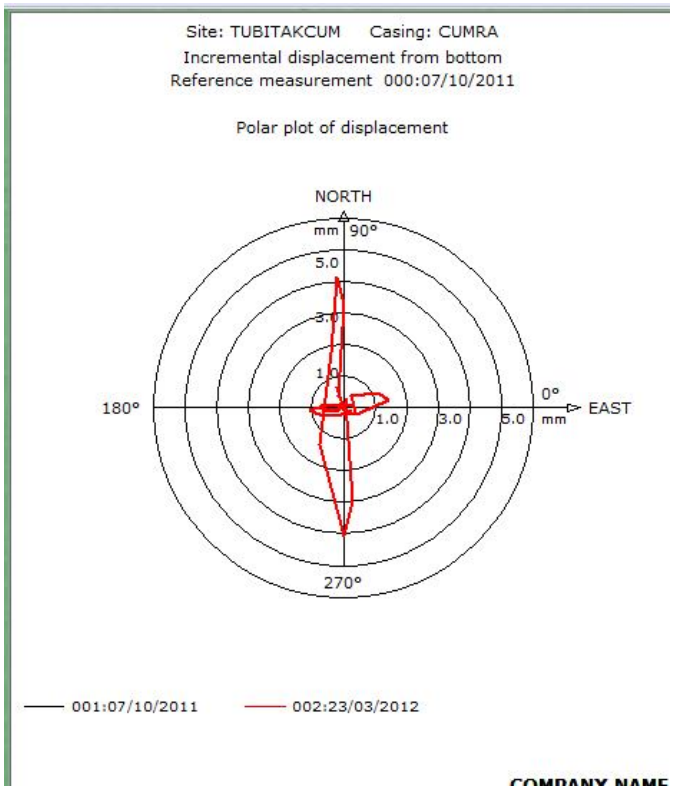
CUMRA (CD)


Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-4.0 -2.0 0.0 2.0 4.0
-10.0 -5.0 0.0 5.0 10.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 4.0 8.0 12.0 16.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
10.0
6.0
2.0
180°
0°
EAST
2.0 6.0 10.0 mm
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012

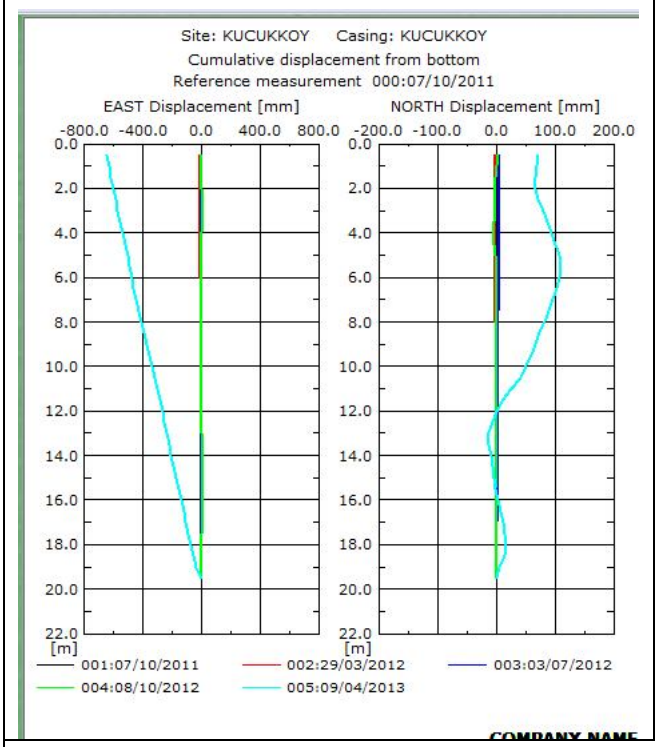
CUMRA (ID)

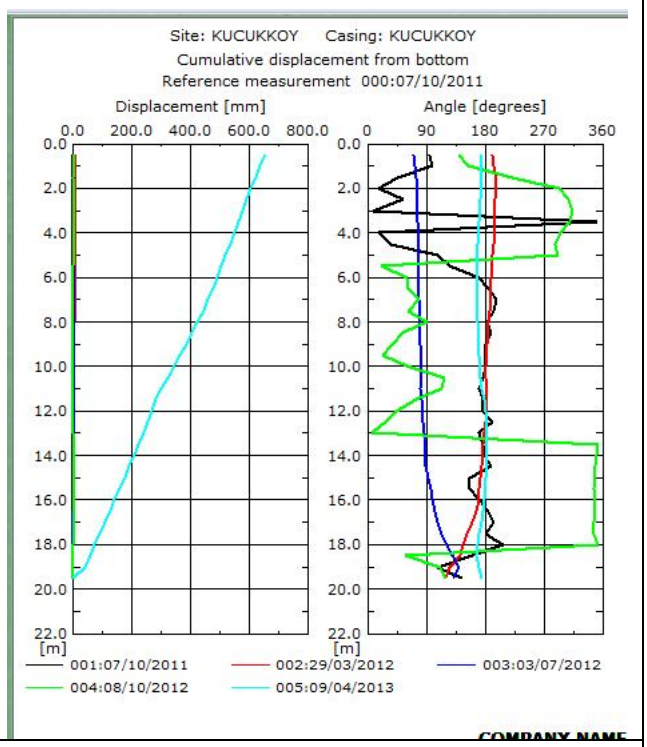

Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
-6.0 -3.0 0.0 3.0 6.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
COMPANY NAME

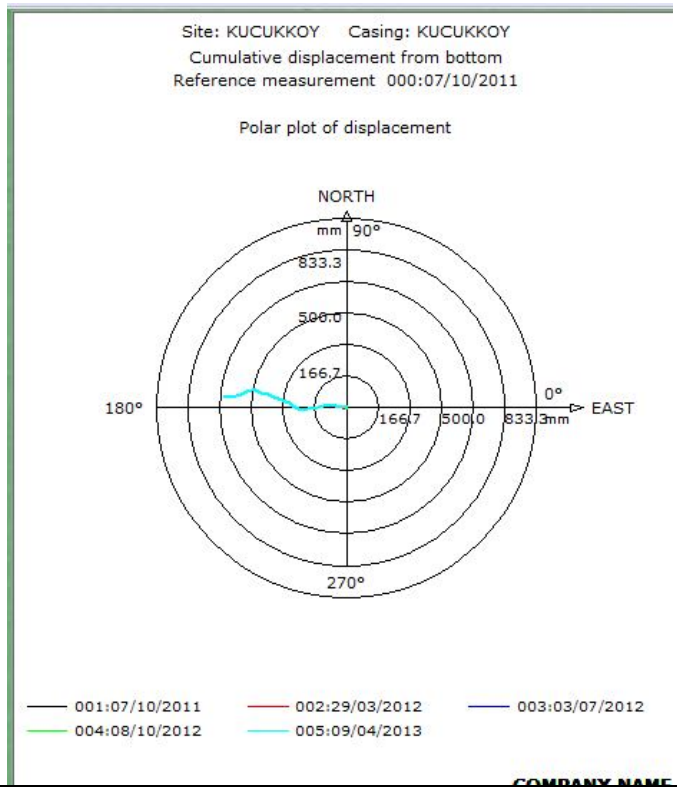

Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 1.5 3.0 4.5 6.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
[m]
001:07/10/2011
002:23/03/2012
COMPANY NAME


Site: TUBITAKCUM Casing: CUMRA
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
90°
mm
5.0
3.0
1.0
180°
0°
EAST
1.0
3.0
5.0
mm
270°
001:07/10/2011
002:23/03/2012
COMPANY NAME

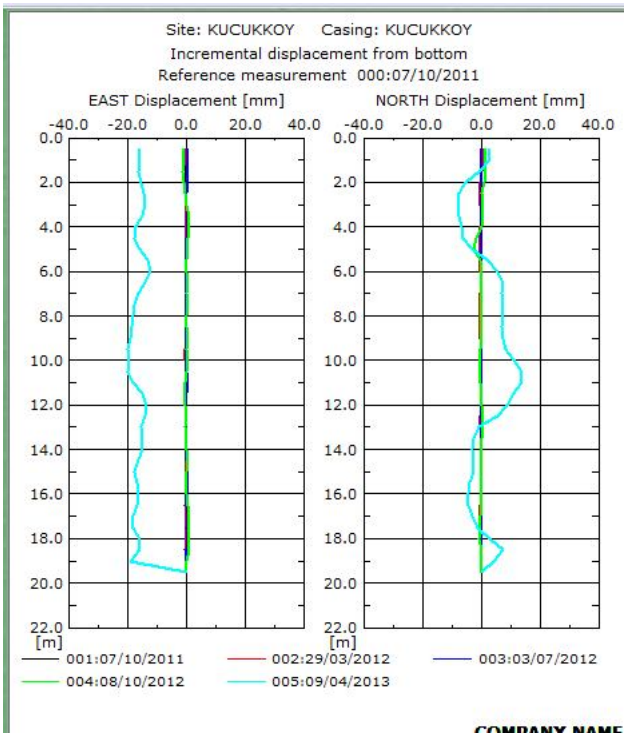
KÜÇÜKKÖY (CD)

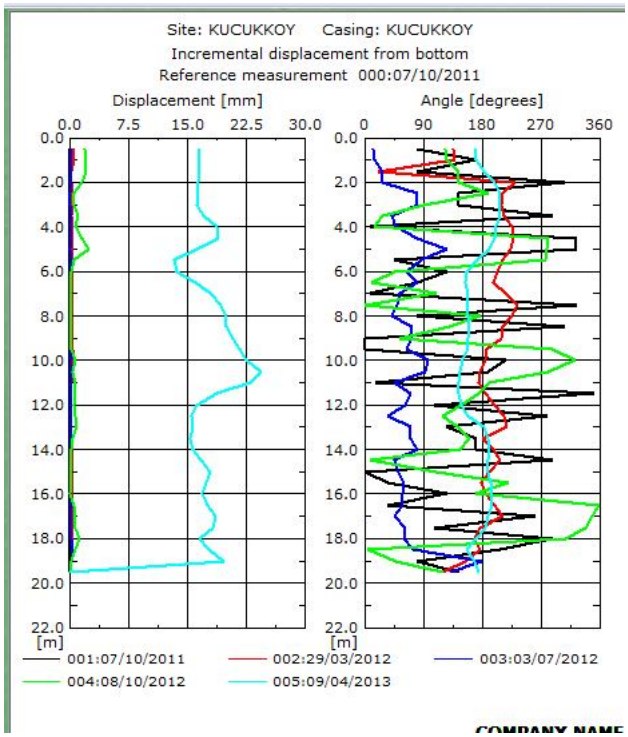

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-800.0 -400.0 0.0 400.0 800.0
-200.0 -100.0 0.0 100.0 200.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

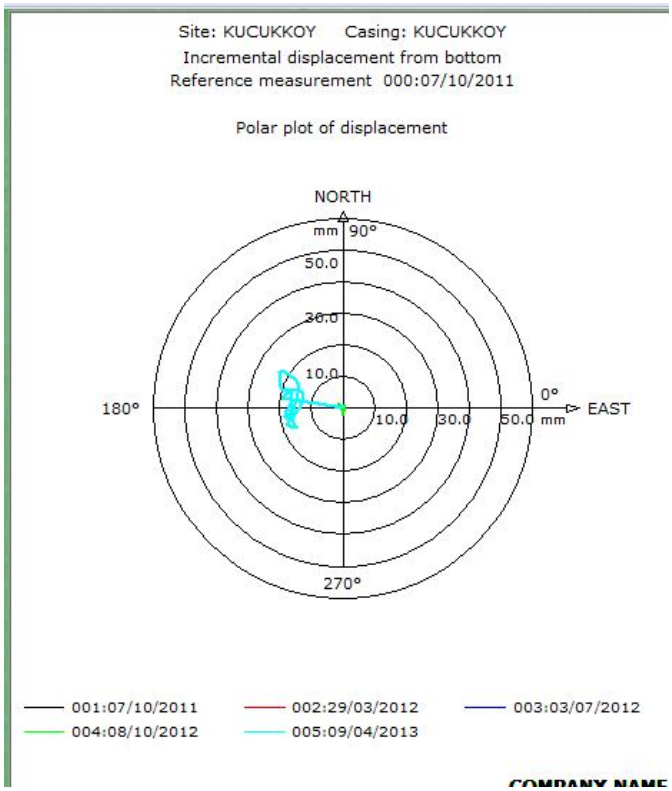

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 200.0 400.0 600.0 800.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME


Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
833.3
500.0
166.7
180°
0°
EAST
166.7 500.0 833.3mm
270°
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

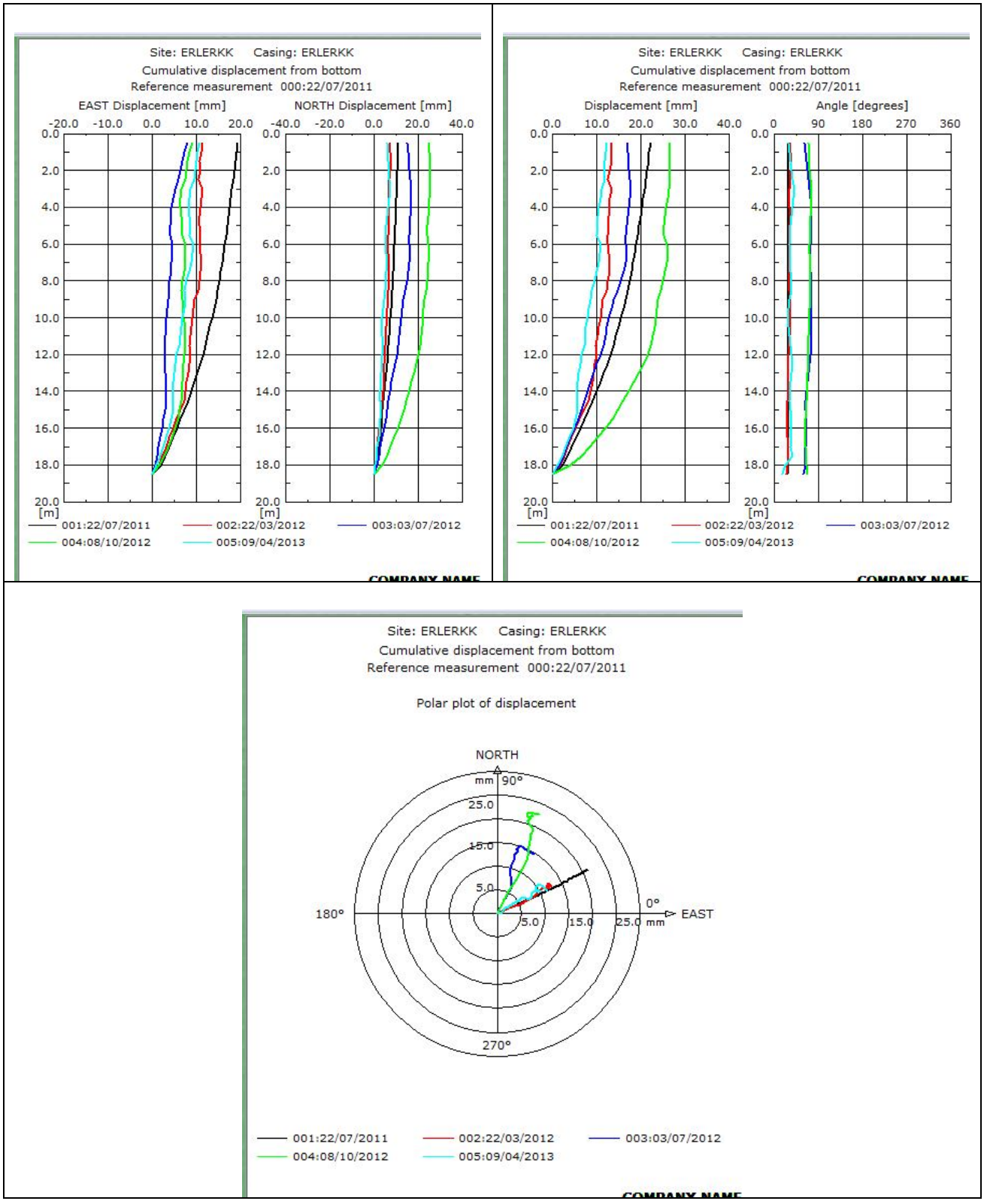
KÜÇÜKKÖY (ID)


Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-40.0 -20.0 0.0 20.0 40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

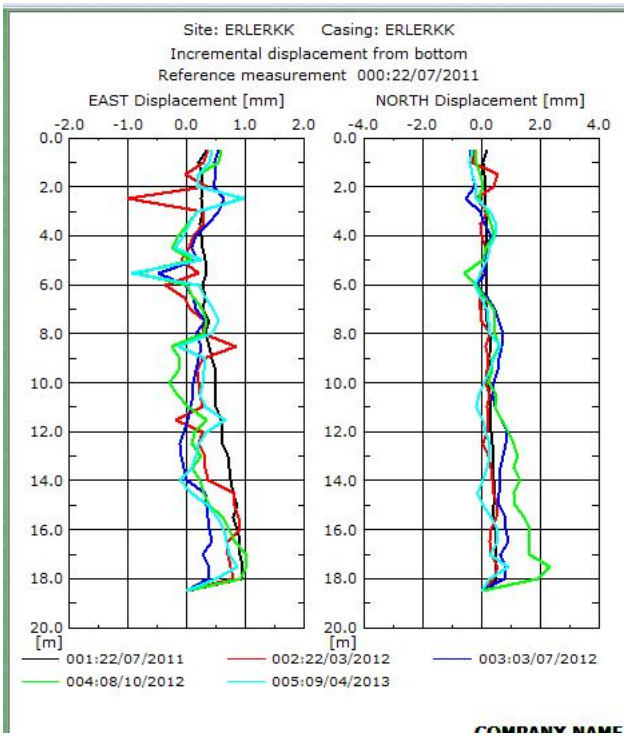

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 7.5 15.0 22.5 30.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0
[m]
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

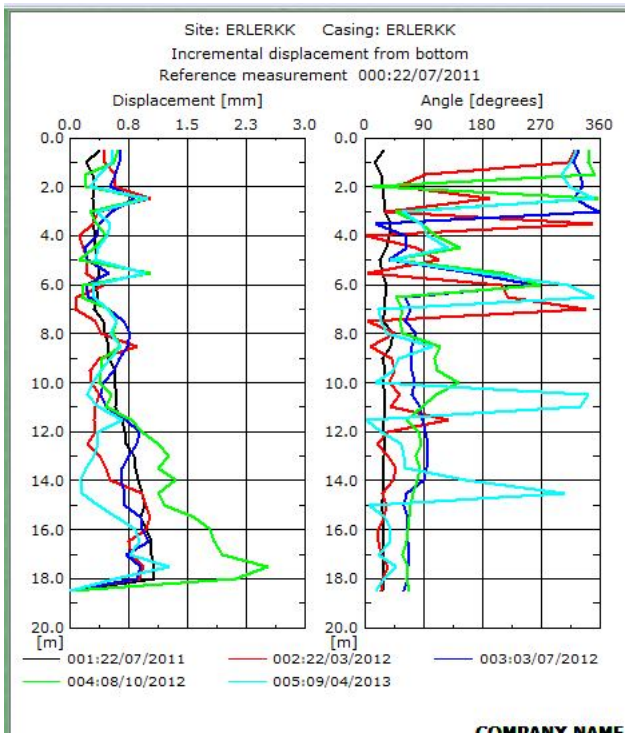

Site: KUCUKKOY Casing: KUCUKKOY
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:07/10/2011
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
50.0
30.0
10.0
180°
0°
EAST
10.0 30.0 50.0 mm
270°
001:07/10/2011
002:29/03/2012
003:03/07/2012
004:08/10/2012
005:09/04/2013
COMPANY NAME

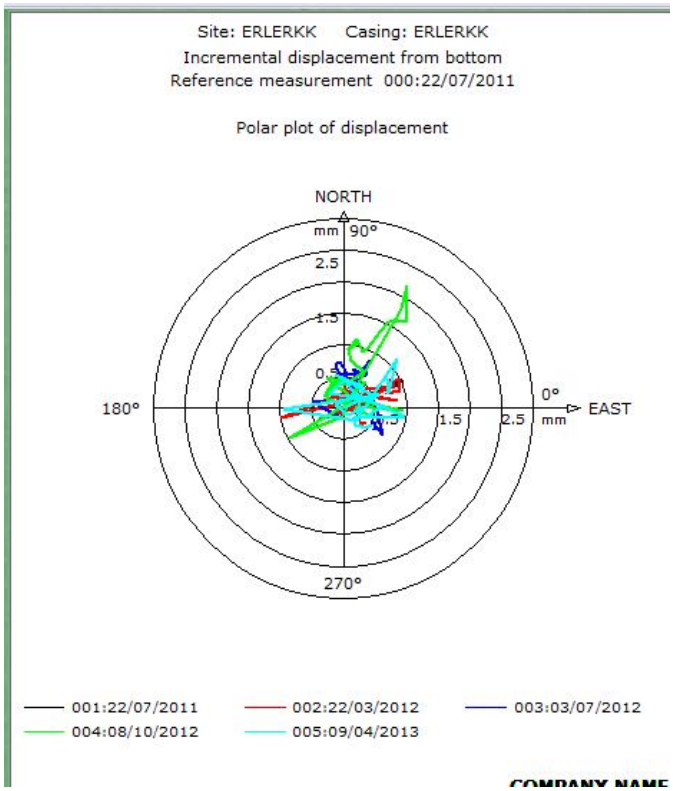
ERLERKÖYÜ (CD)



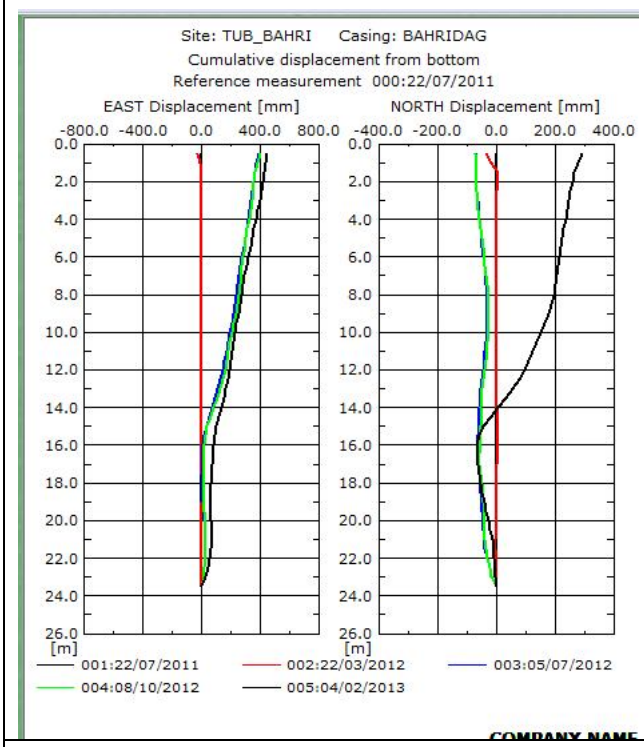
ERLERKÖYÜ (ID)

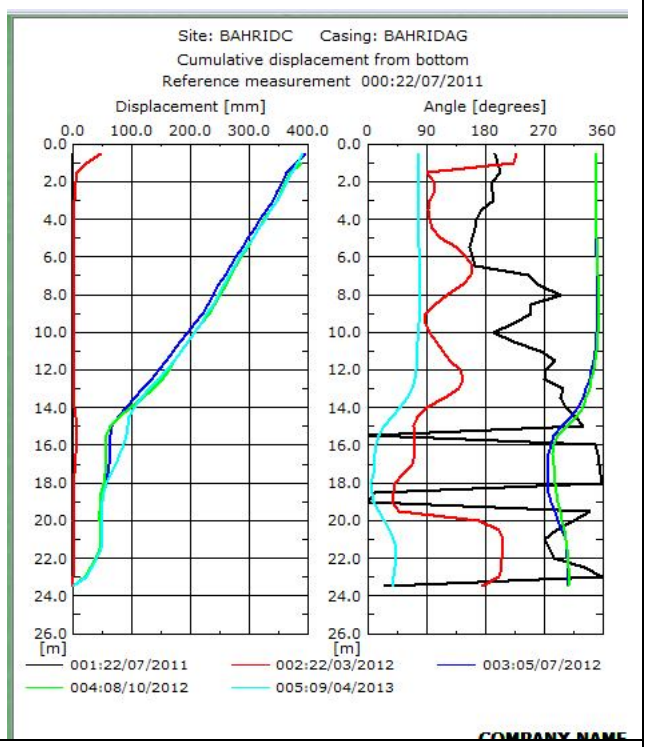


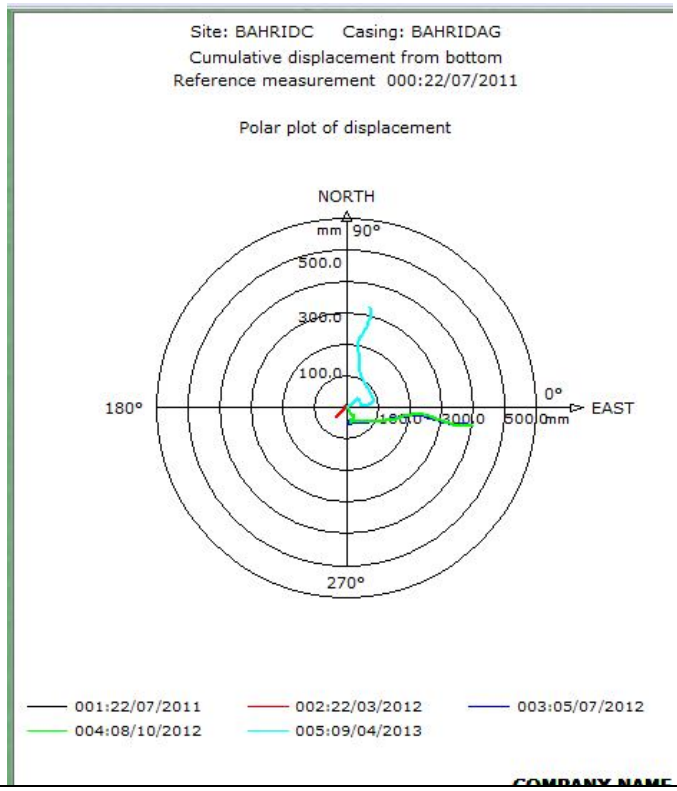




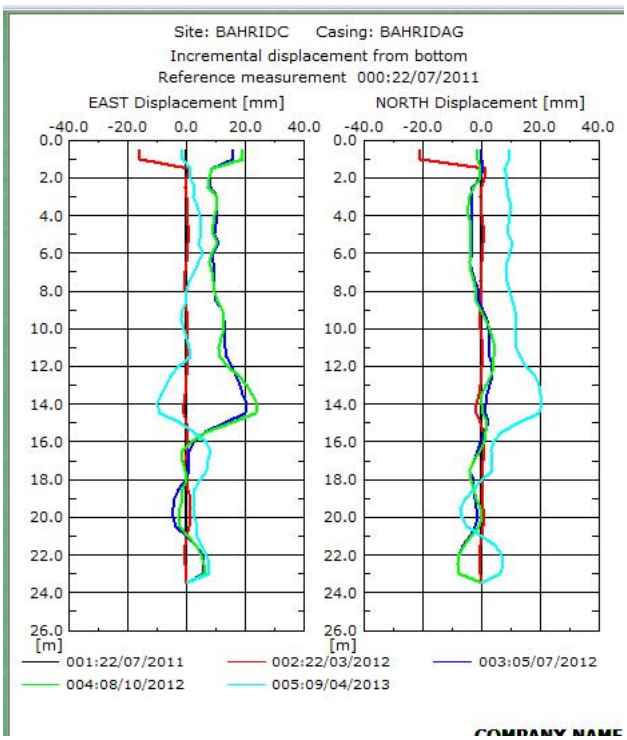
İSTİKLAL (BAHRİDAĞDAŞ) (CD)

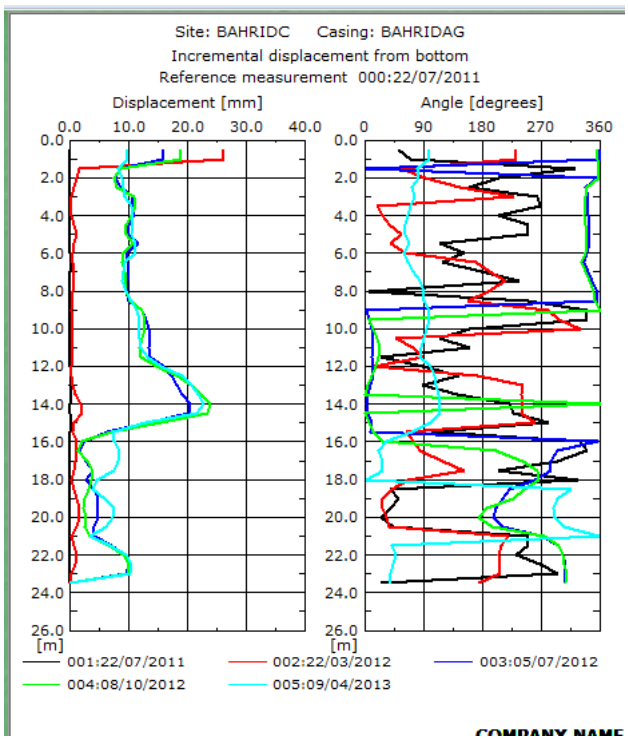


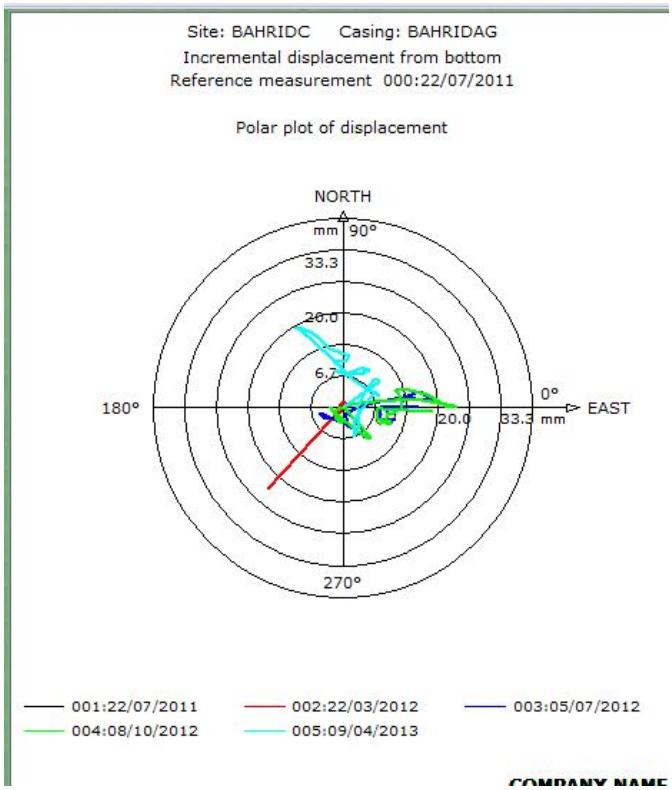




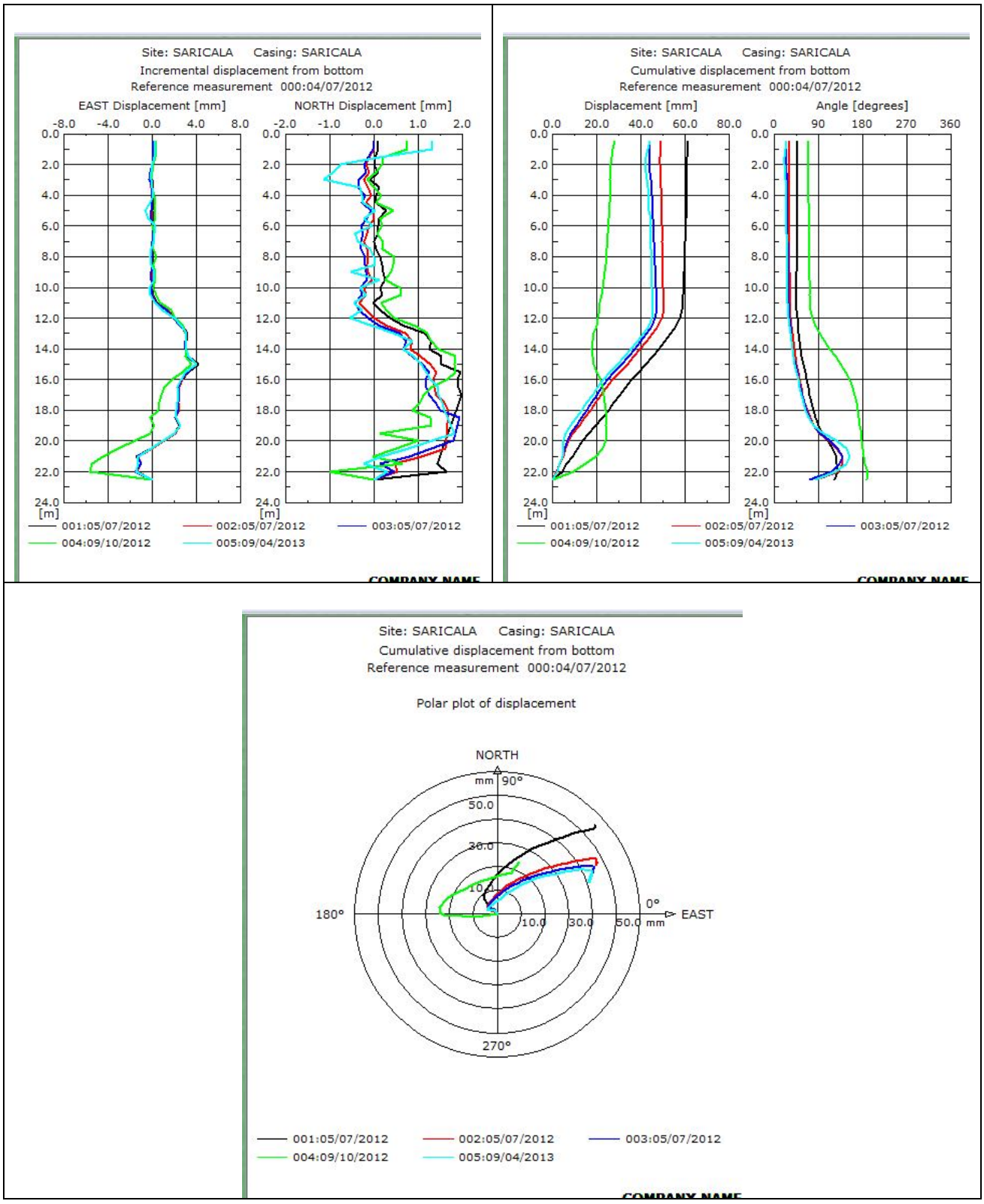
İSTİKLAL (BAHRİDAĞDAŞ) (ID)



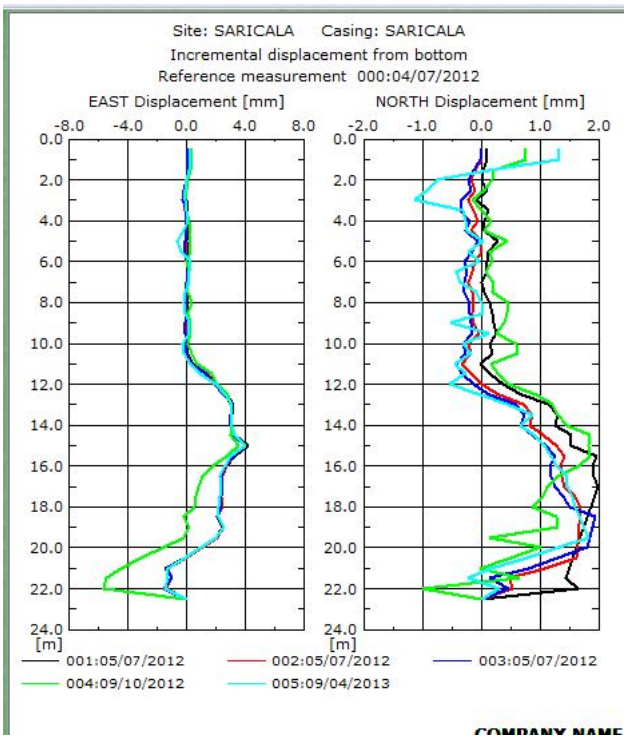


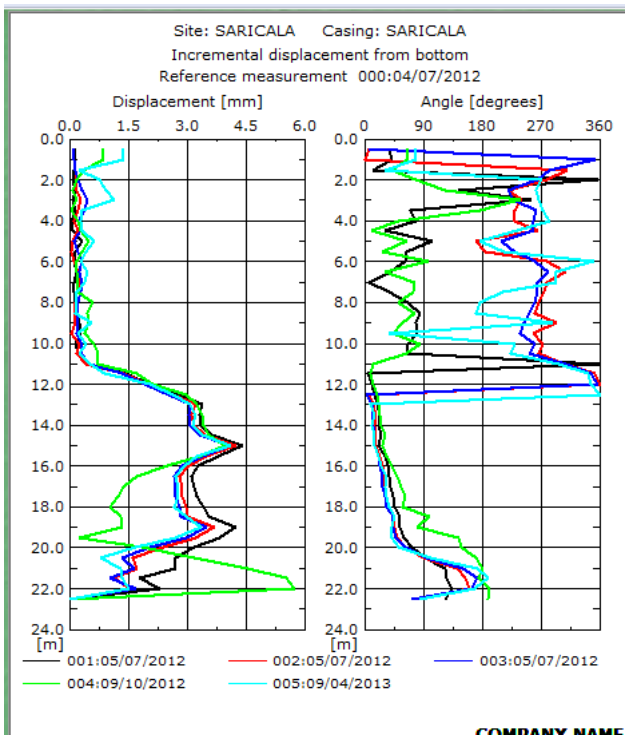


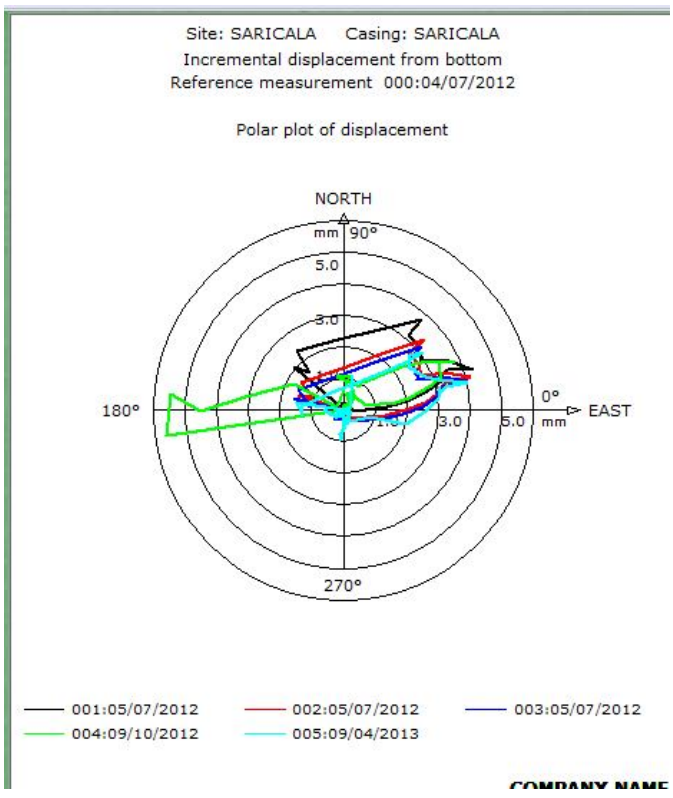
SARICALAR (CD)



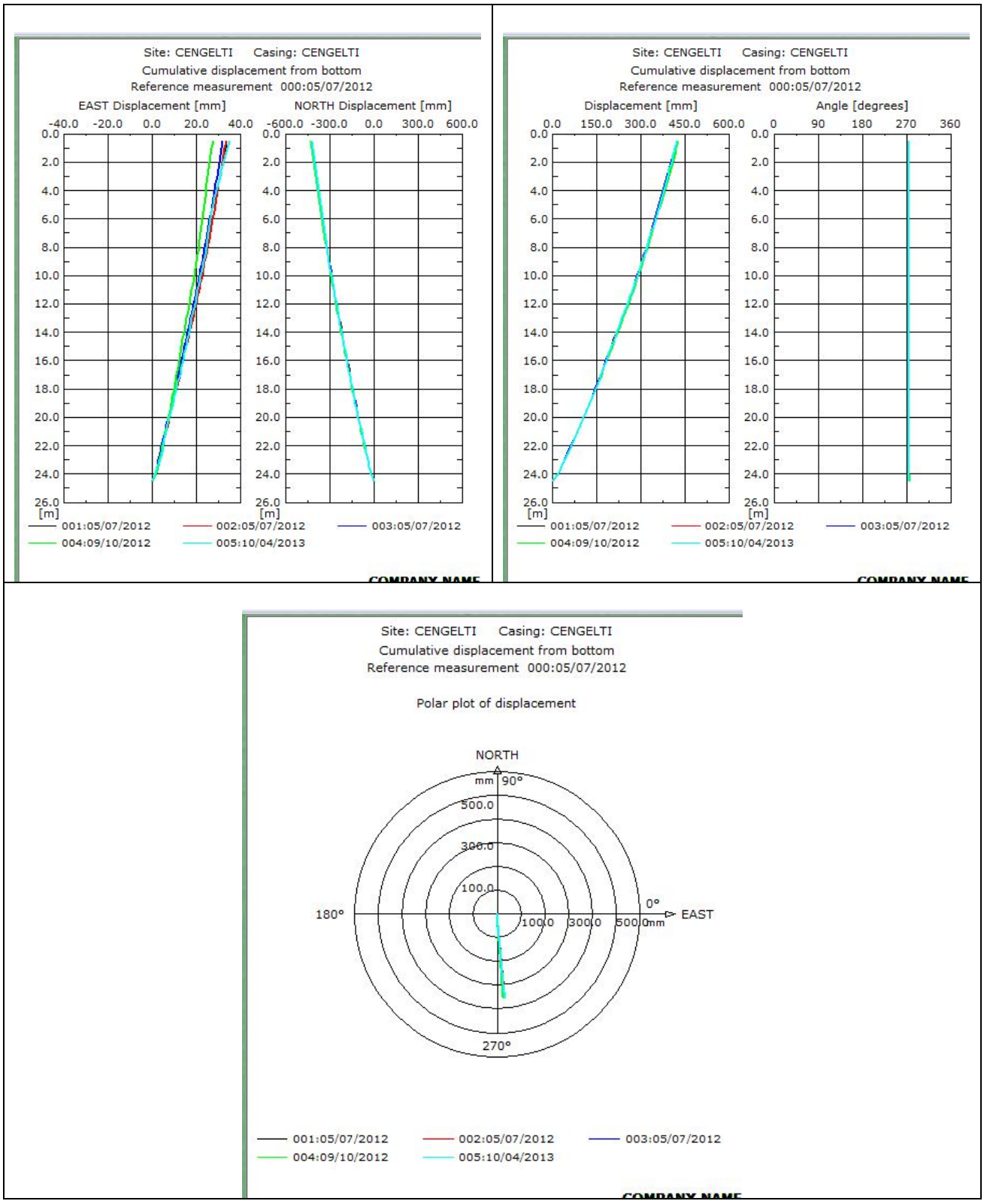
SARICALAR (ID)



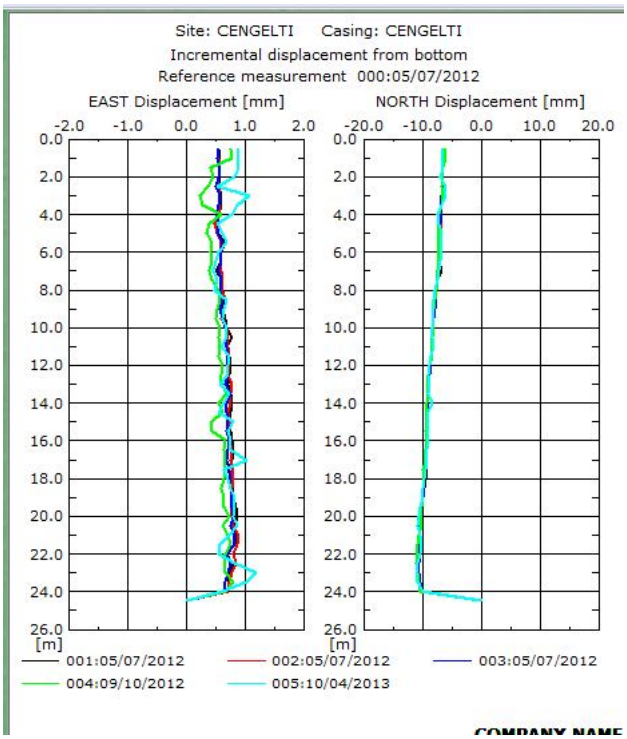


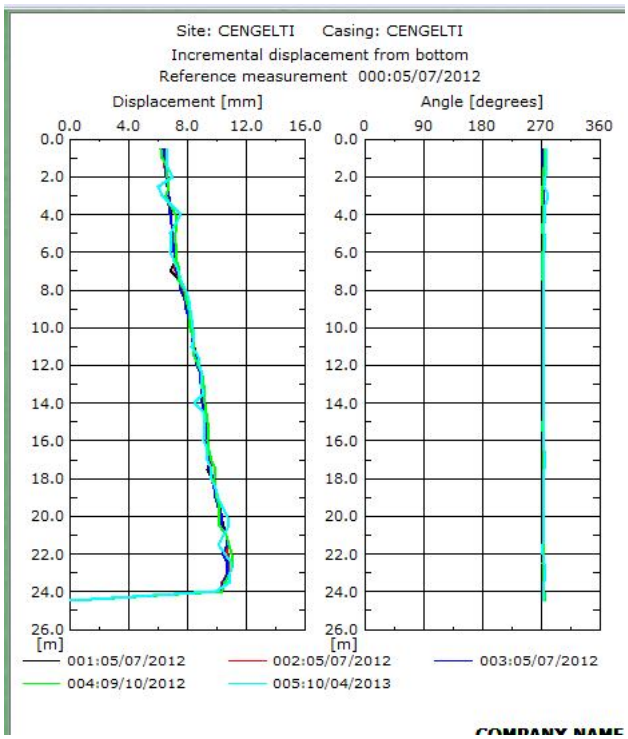


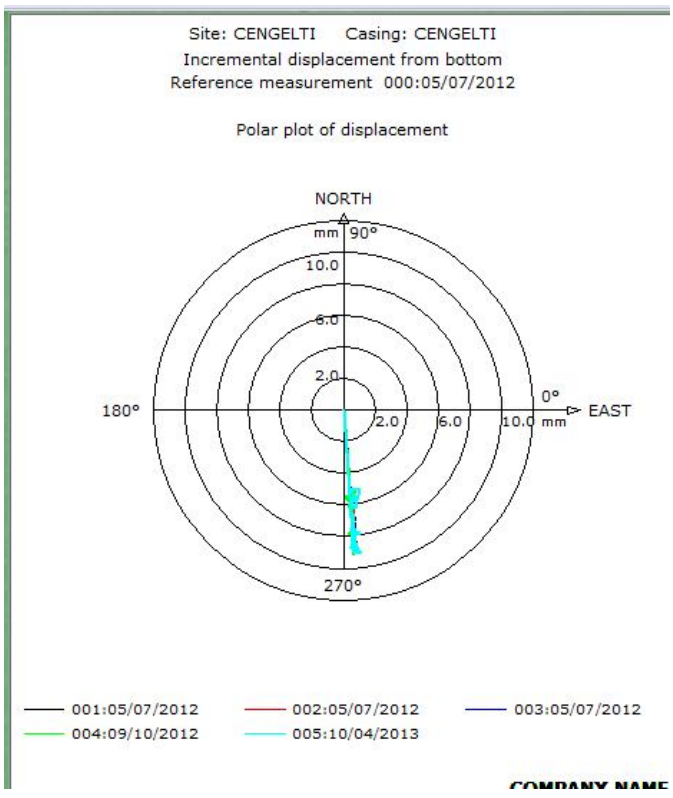
CENGİLTİ (CD)


Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-40.0 -20.0 0.0 20.0 40.0
-600.0 -300.0 0.0 300.0 600.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME
Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 150.0 300.0 450.0 600.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME
Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Cumulative displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
500.0
300.0
100.0
180°
0°
EAST
100.0 300.0 500.0 mm
270°
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME

ÇENGİLTİ (ID)

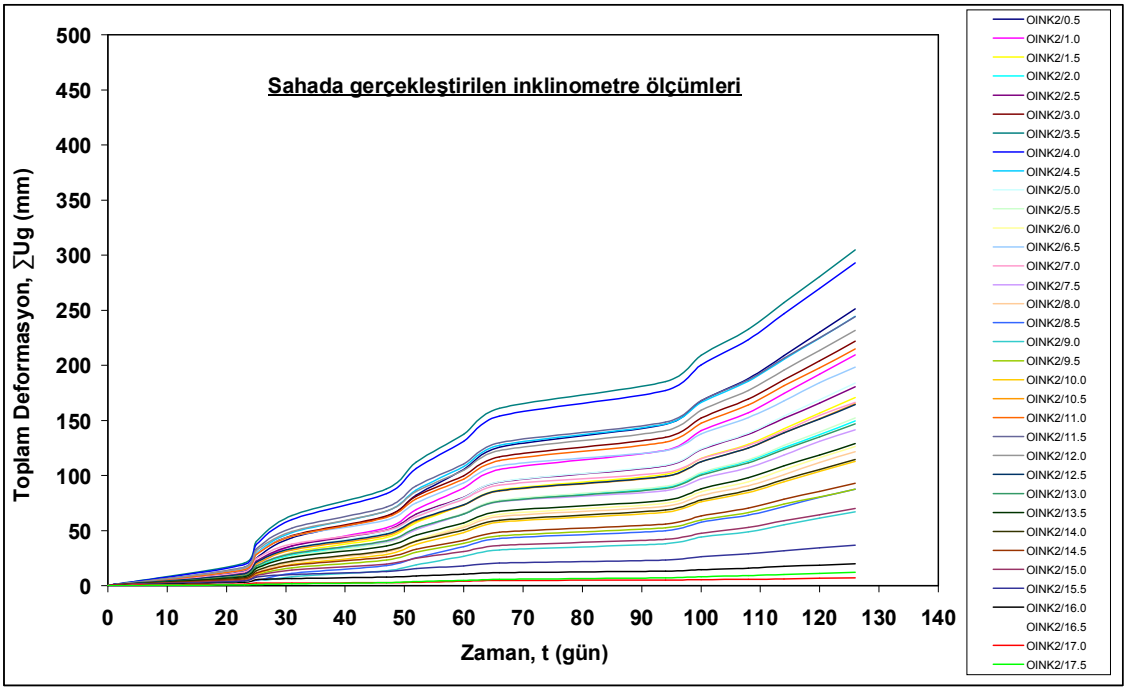

Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
EAST Displacement [mm]
NORTH Displacement [mm]
-2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0
-20.0 -10.0 0.0 10.0 20.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME


Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Displacement [mm]
Angle [degrees]
0.0 4.0 8.0 12.0 16.0
0 90 180 270 360
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0
[m]
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME

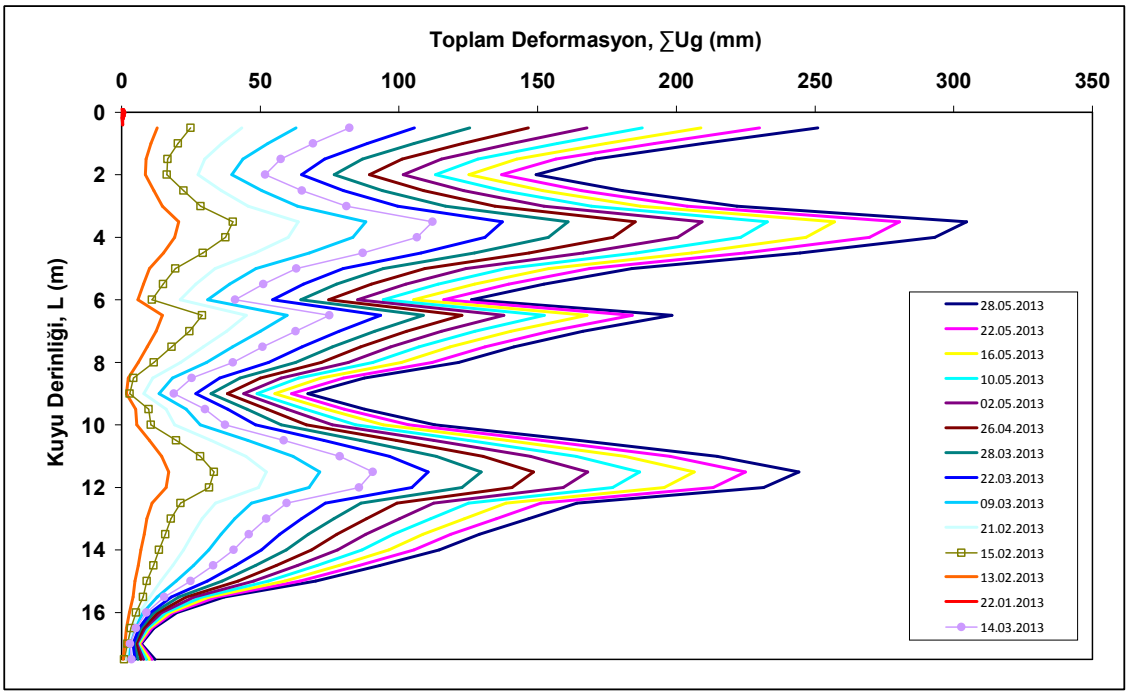

Site: CENGELTI Casing: CENGELTI
Incremental displacement from bottom
Reference measurement 000:05/07/2012
Polar plot of displacement
NORTH
mm 90°
10.0
6.0
2.0
180°
0°
EAST
2.0
6.0
10.0 mm
270°
001:05/07/2012
002:05/07/2012
003:05/07/2012
004:09/10/2012
005:10/04/2013
COMPANY NAME

EK-3 Orhaneli ve Çumra çalışma sahalarındaki ölçüm kuyularının alt istasyonlarının zamana bağlı deformasyon davranışları ve toplam deformasyon davranışları

OINK-2

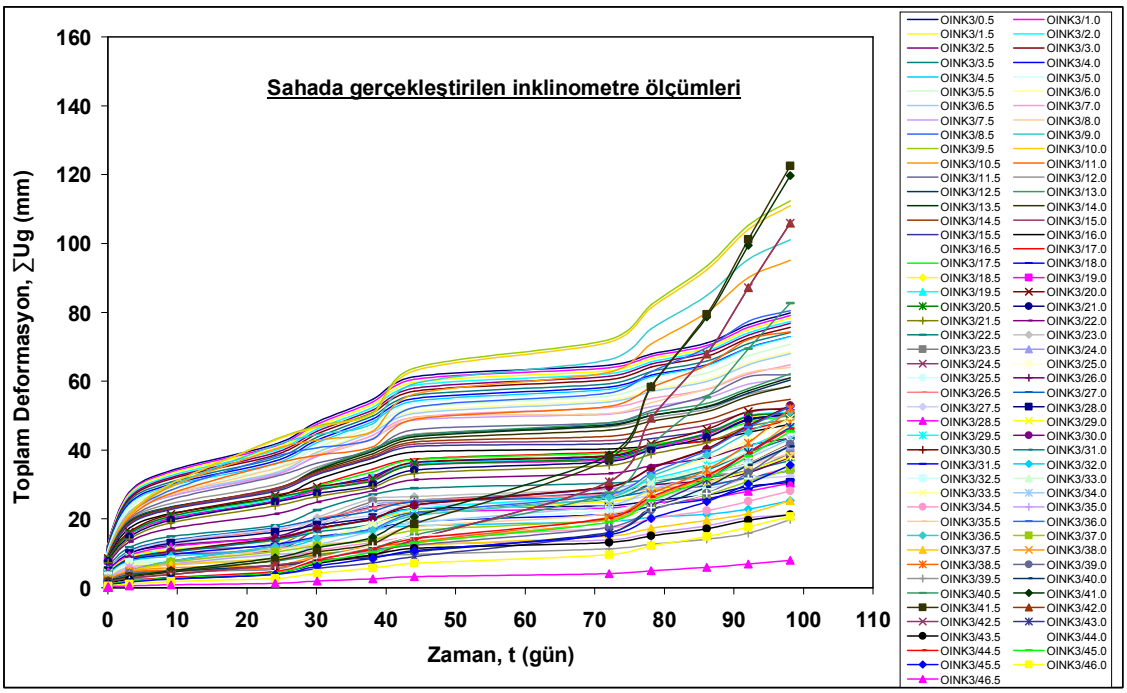


(a)-OINK-2 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

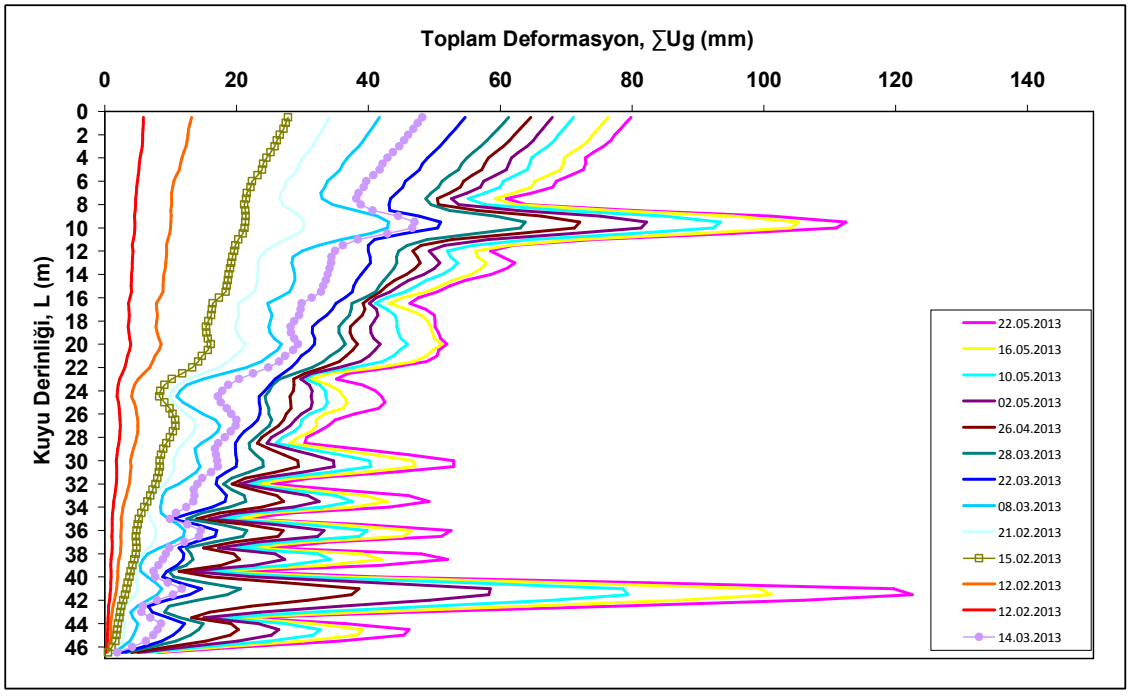


(b)- OINK-2 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-3

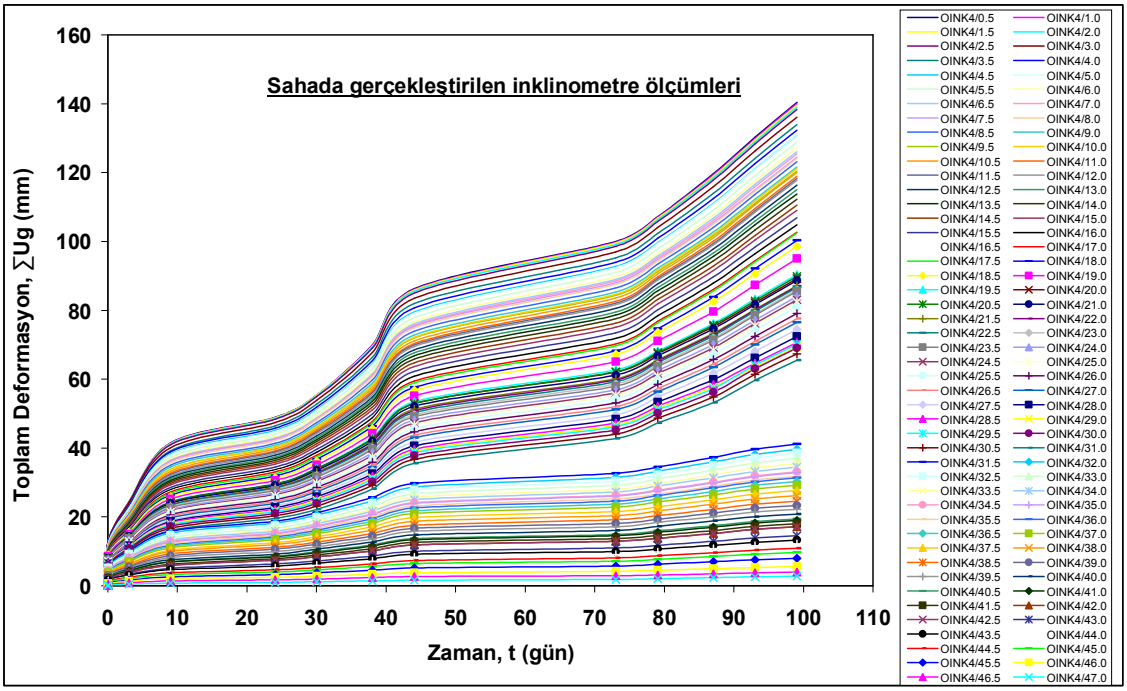


(a)-OINK-3 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

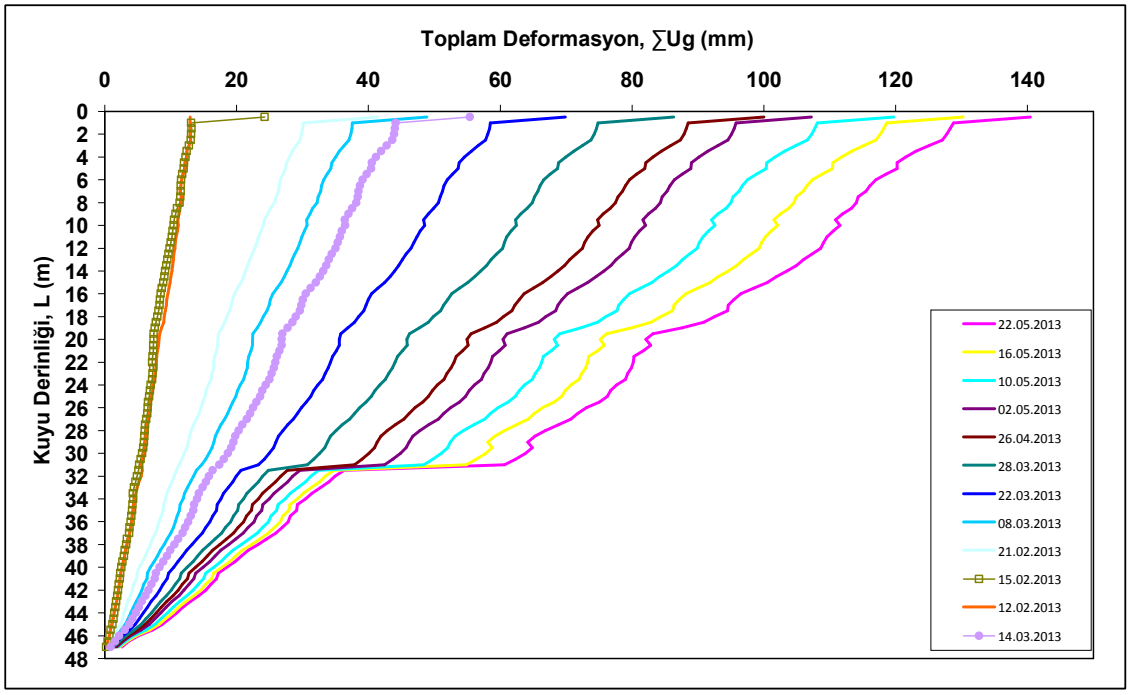


(b)- OINK-3 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-4

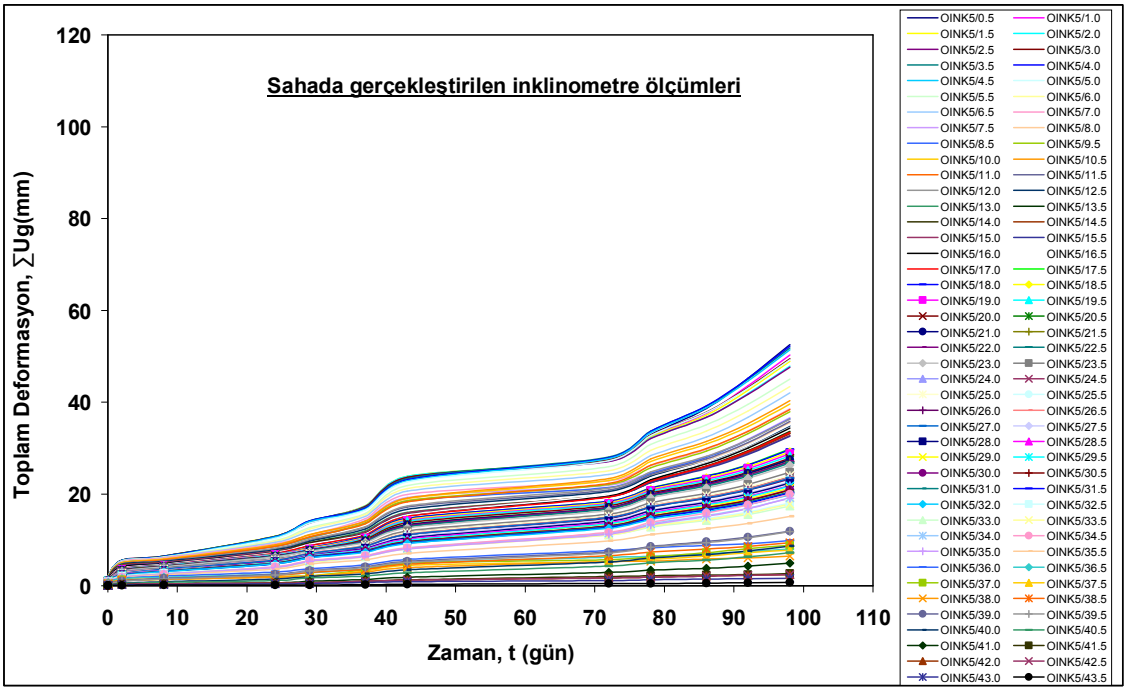


(a)-OINK-4 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

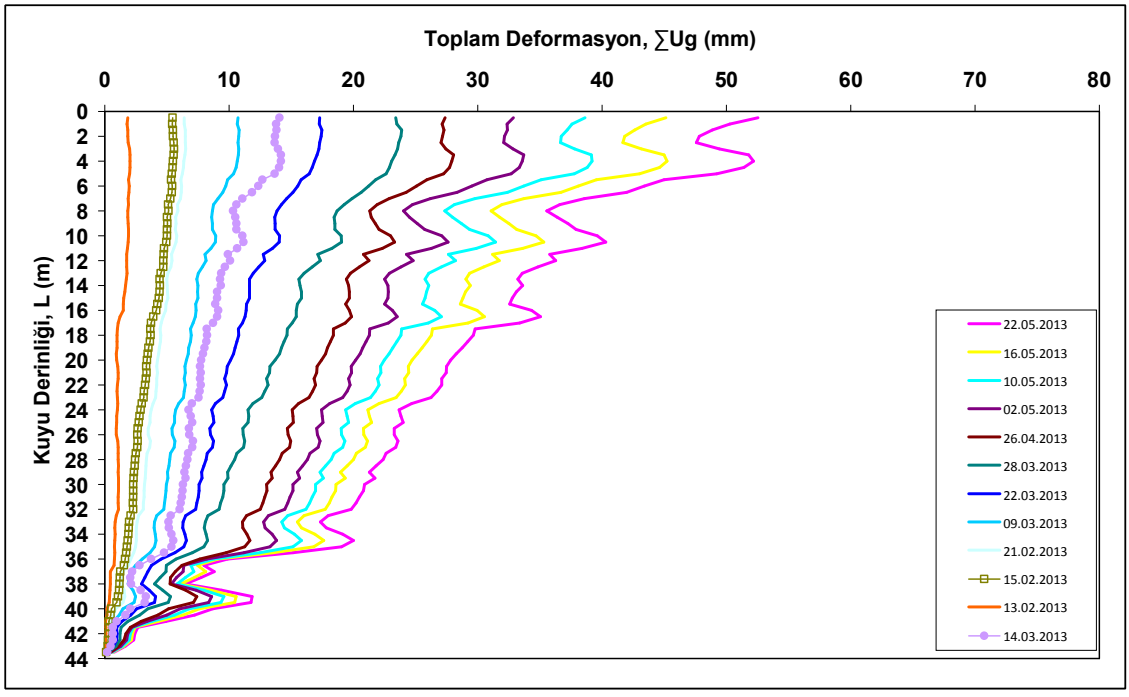


(b)- OINK-4 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-5

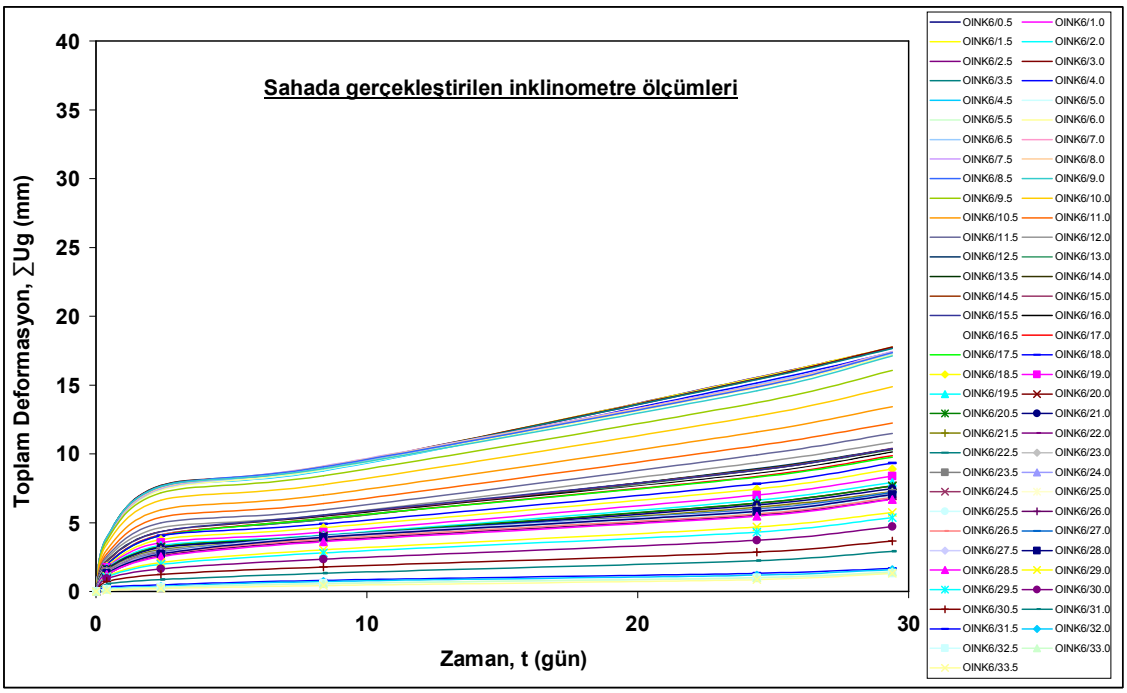


(a)-OINK-5 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

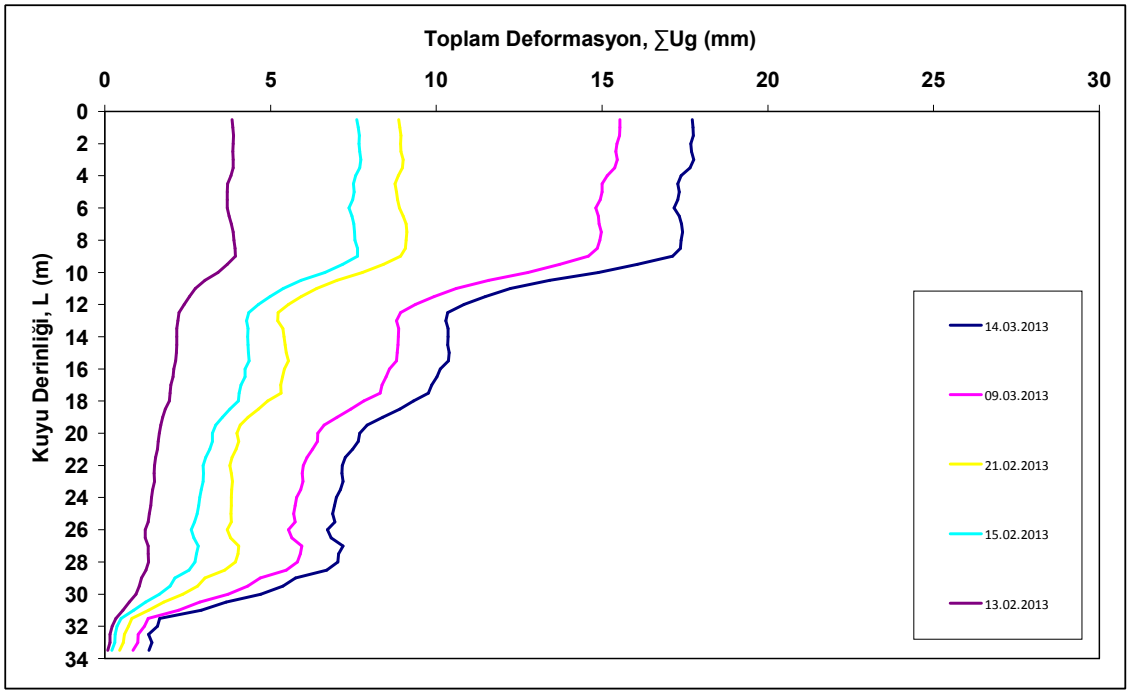


(b)- OINK-5 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-6

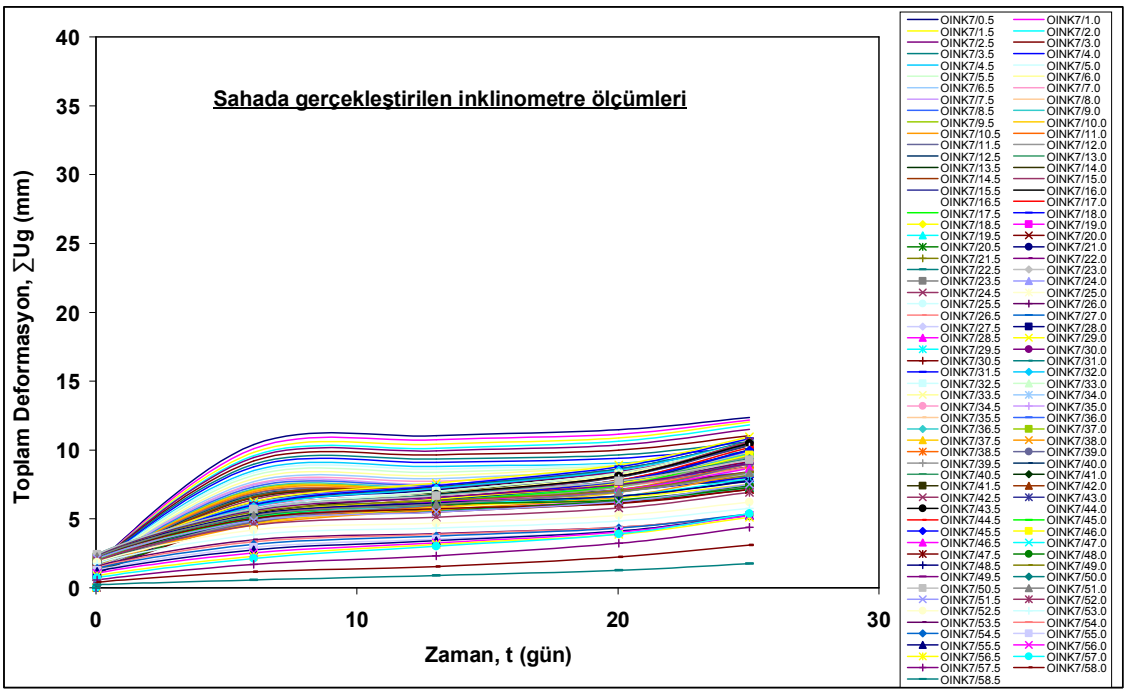


(a)-OINK-6 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

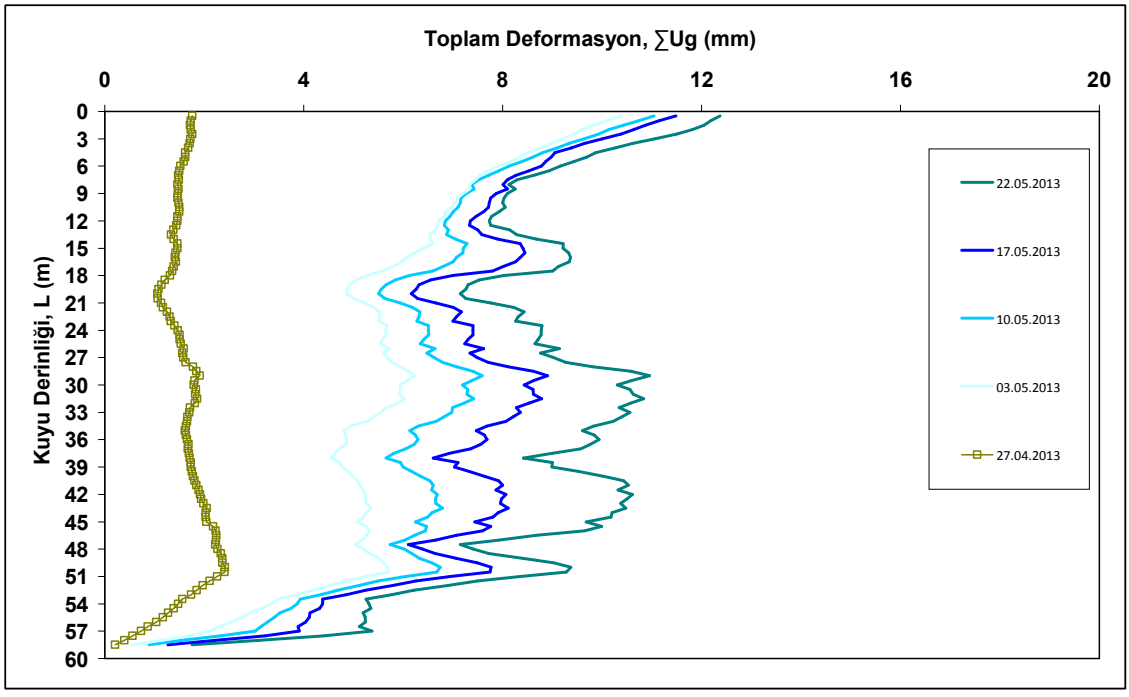


(b)- OINK-6 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-7

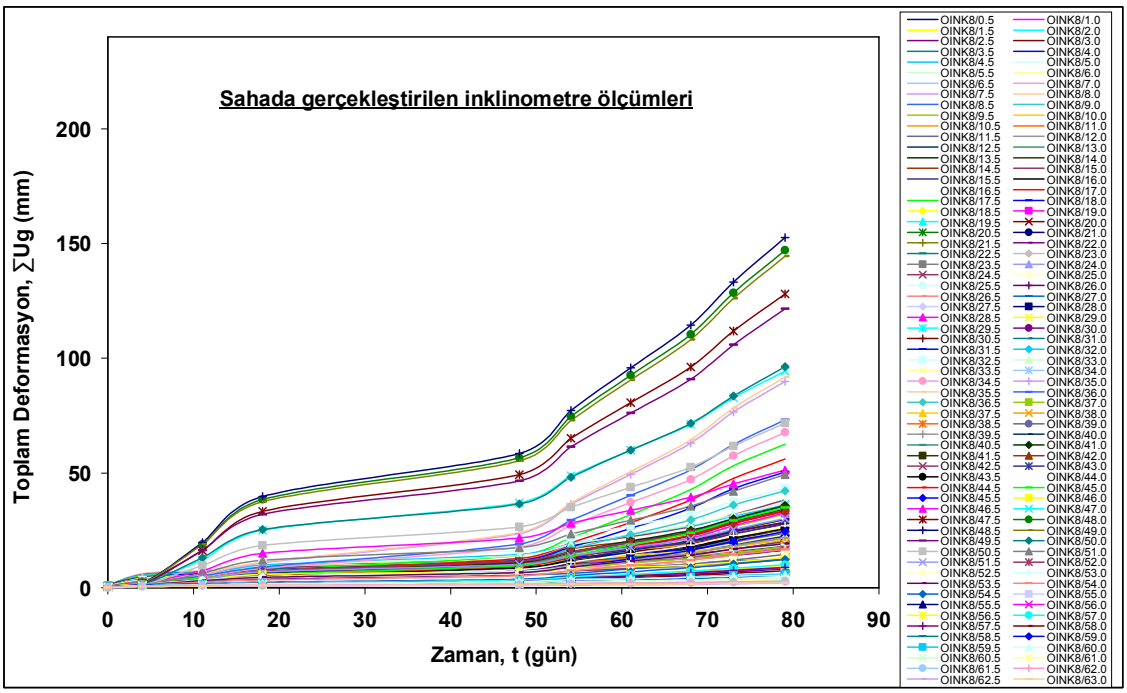


(a)-OINK-7 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

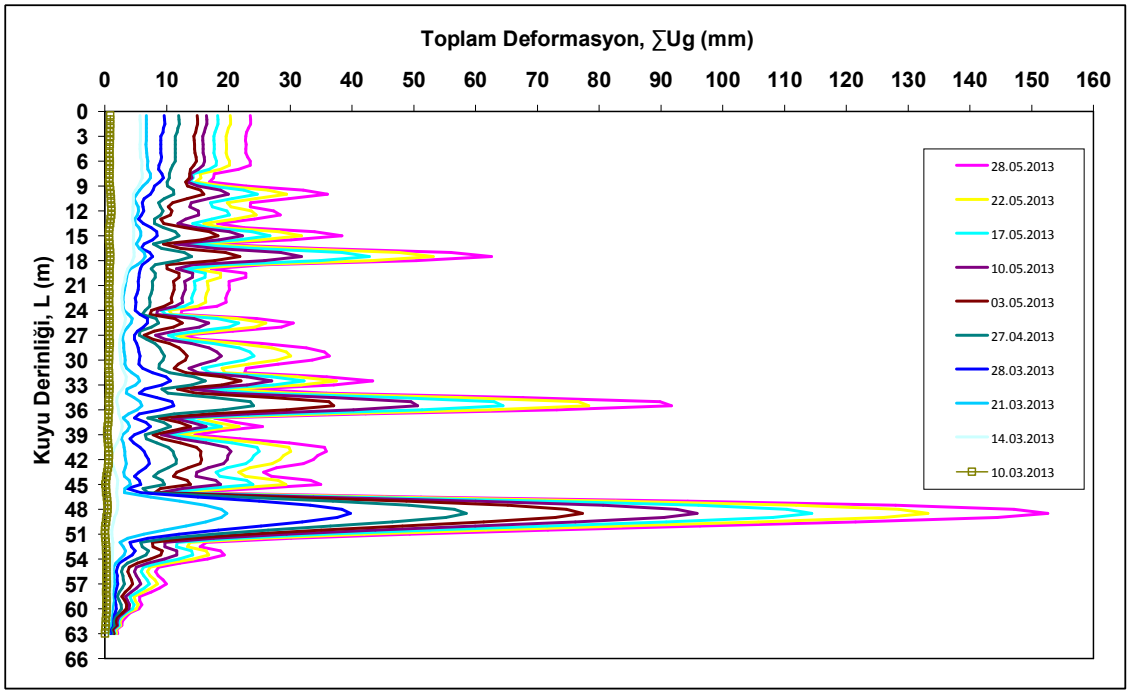


(b)- OINK-7 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-8

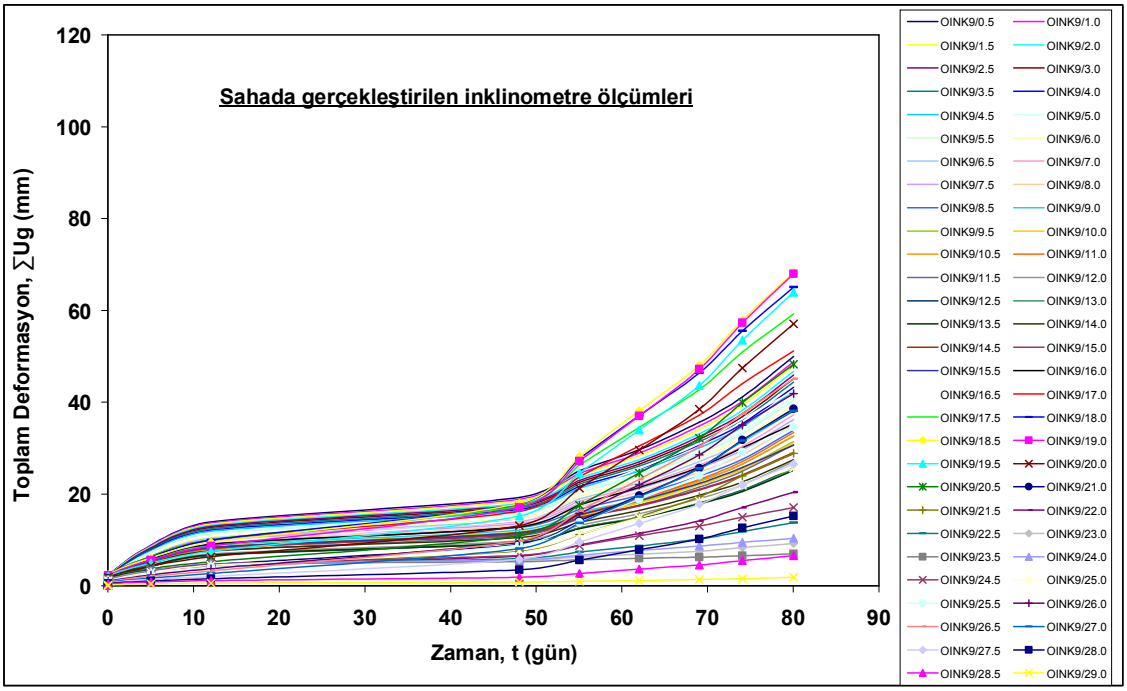


(a)-OINK-8 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

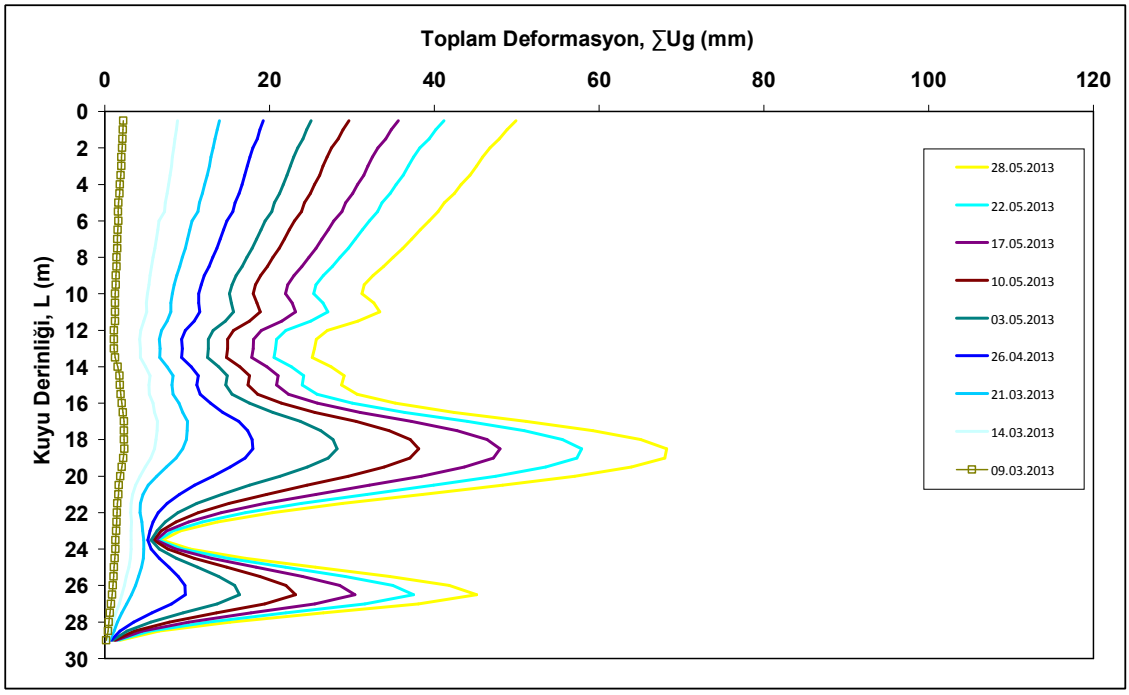


(b)- OINK-8 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

OINK-9

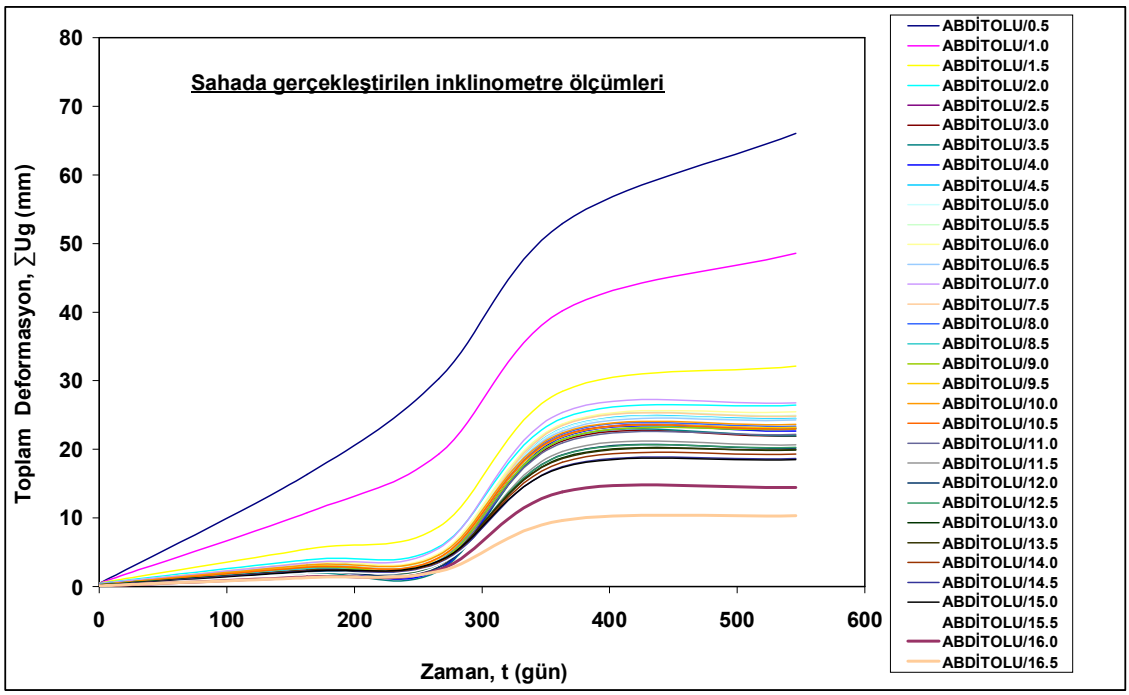


(a)-OINK-9 kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

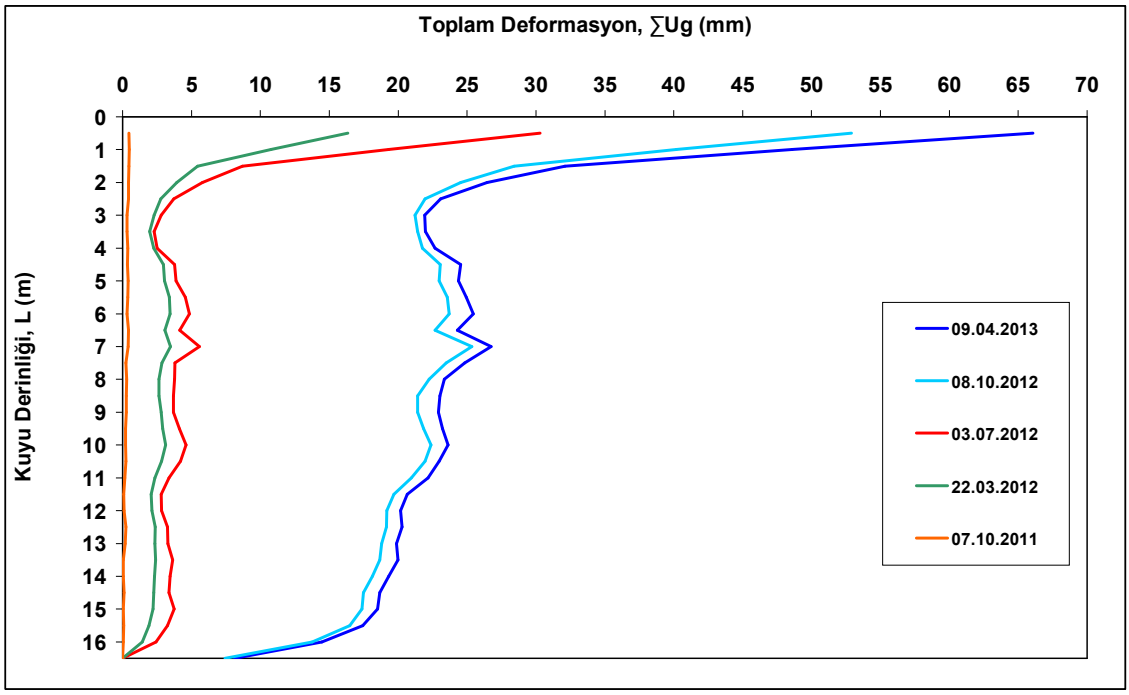


(b)- OINK-9 kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ABDİTOLU

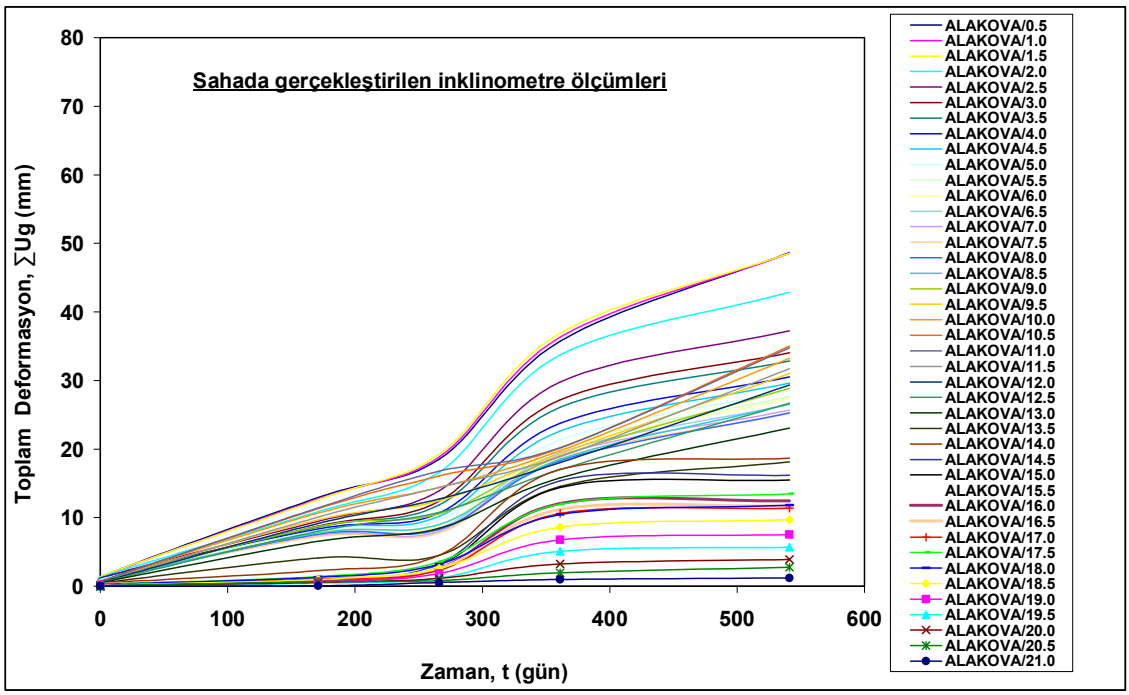


(a)-Abditolu kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

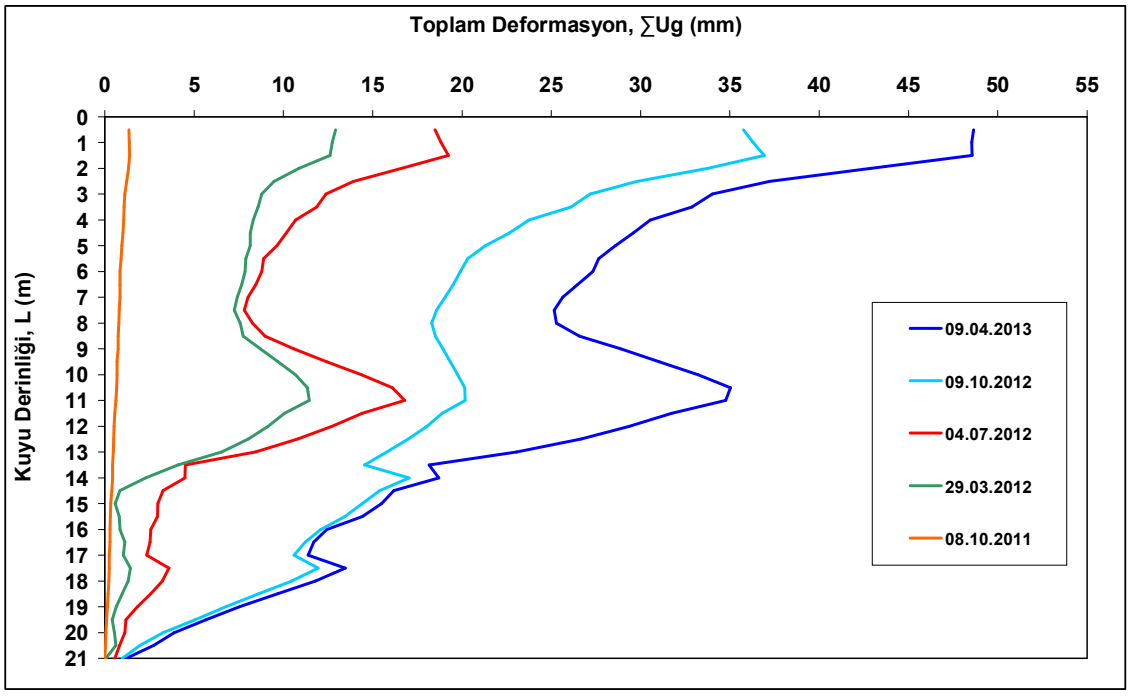


(b)- Abditolu kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ALAKOVA

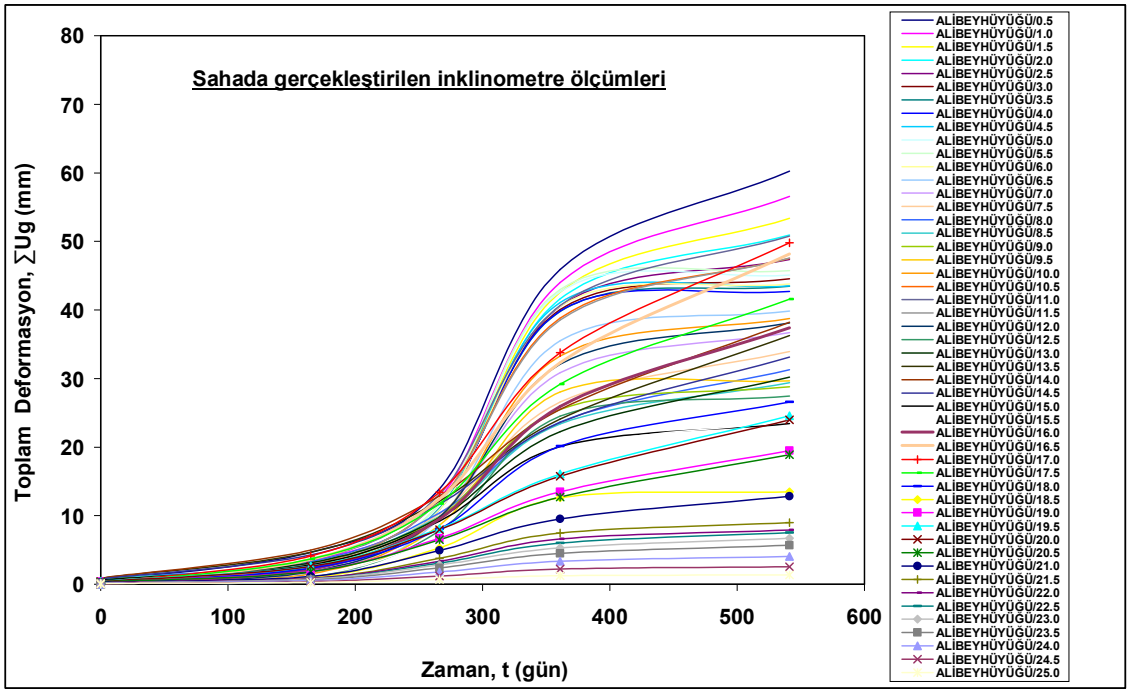


(a)-Alakova kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

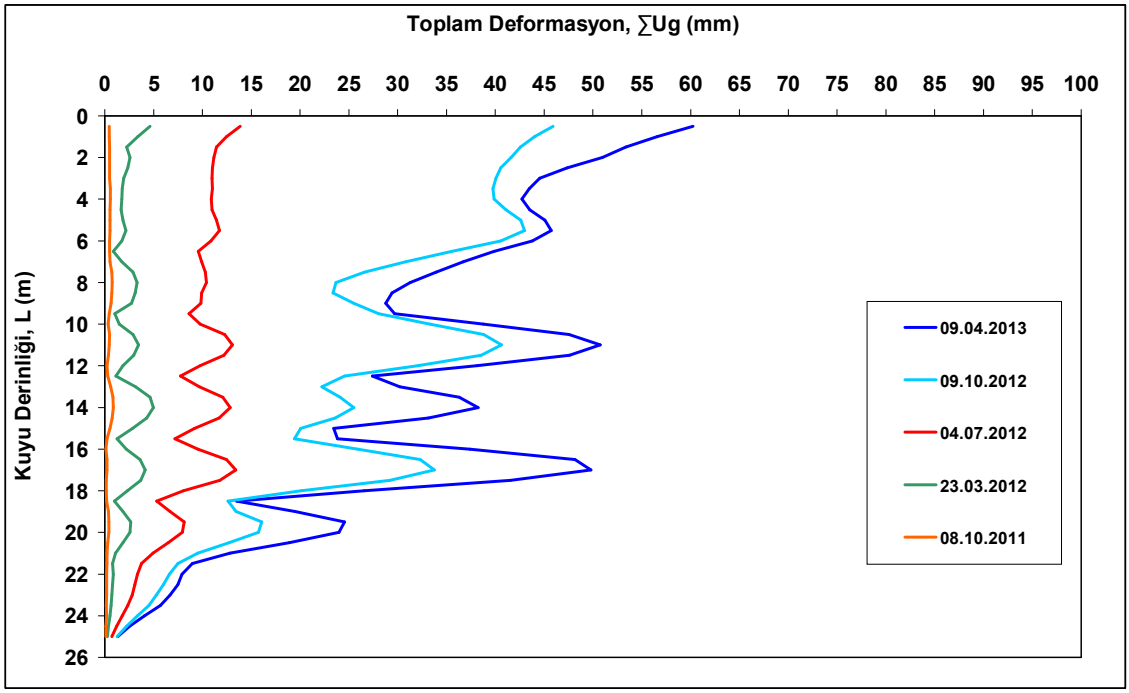


(b)- Alakova kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ALİBEYHÜYÜĞÜ

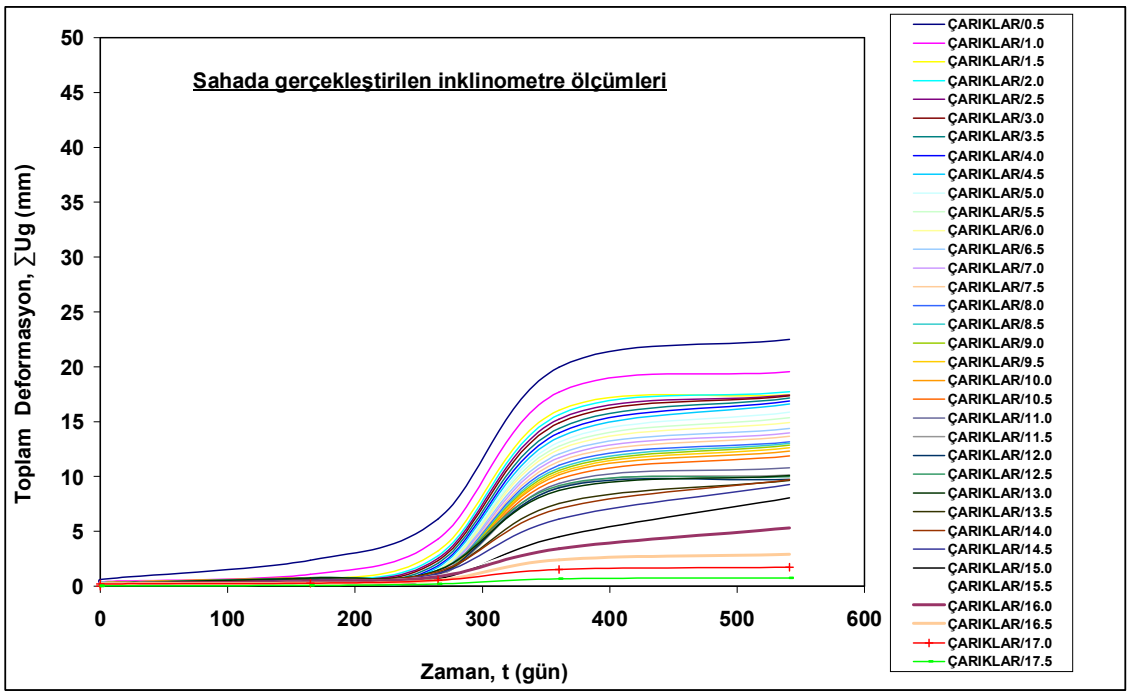


(a)-Alibeyhüyüğü kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

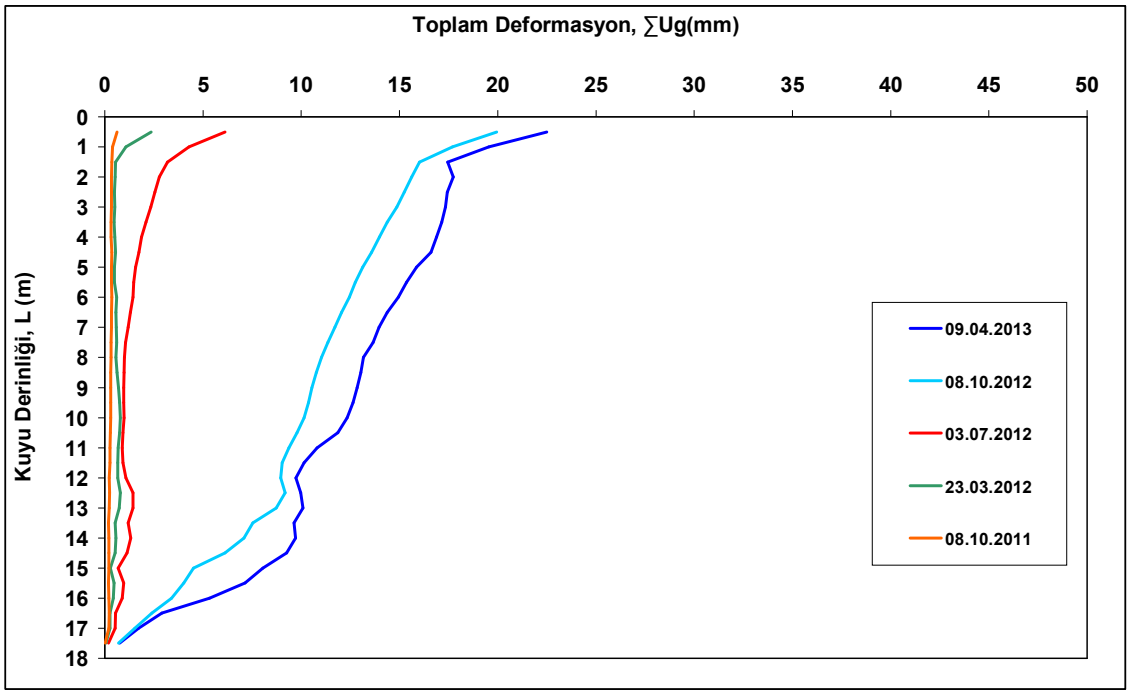


(b)- Alibeyhüyüğü kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ÇARIKLAR

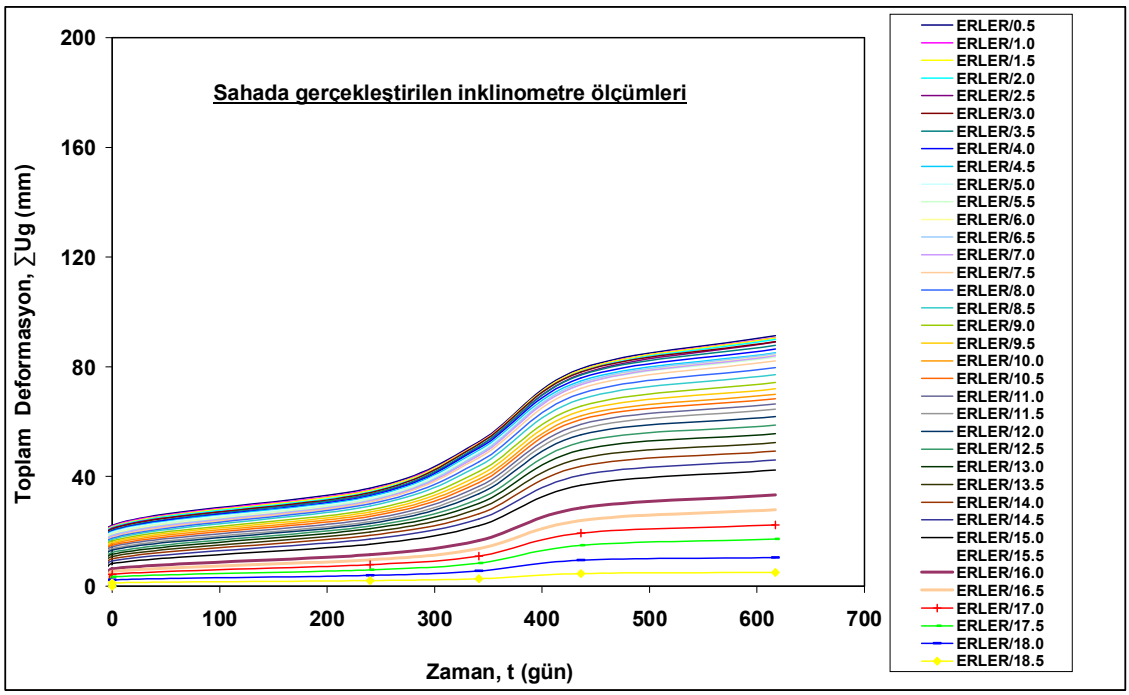


(a)-Çarıklar kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

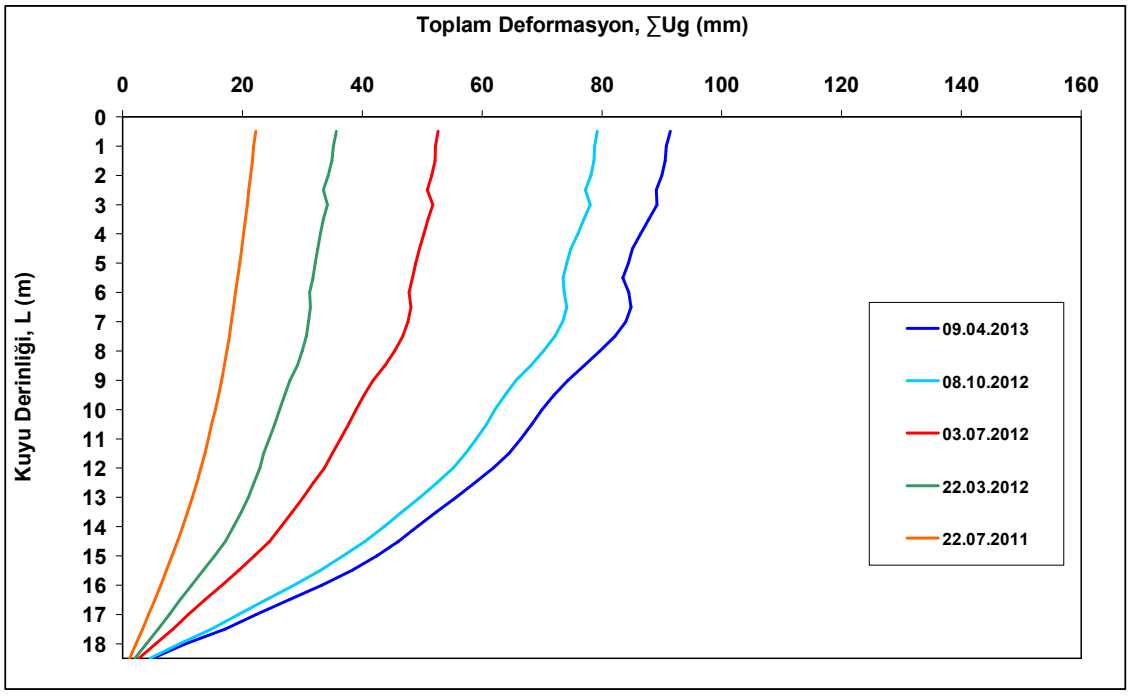


(b)- Çarıklar kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

ERLER KÖYÜ

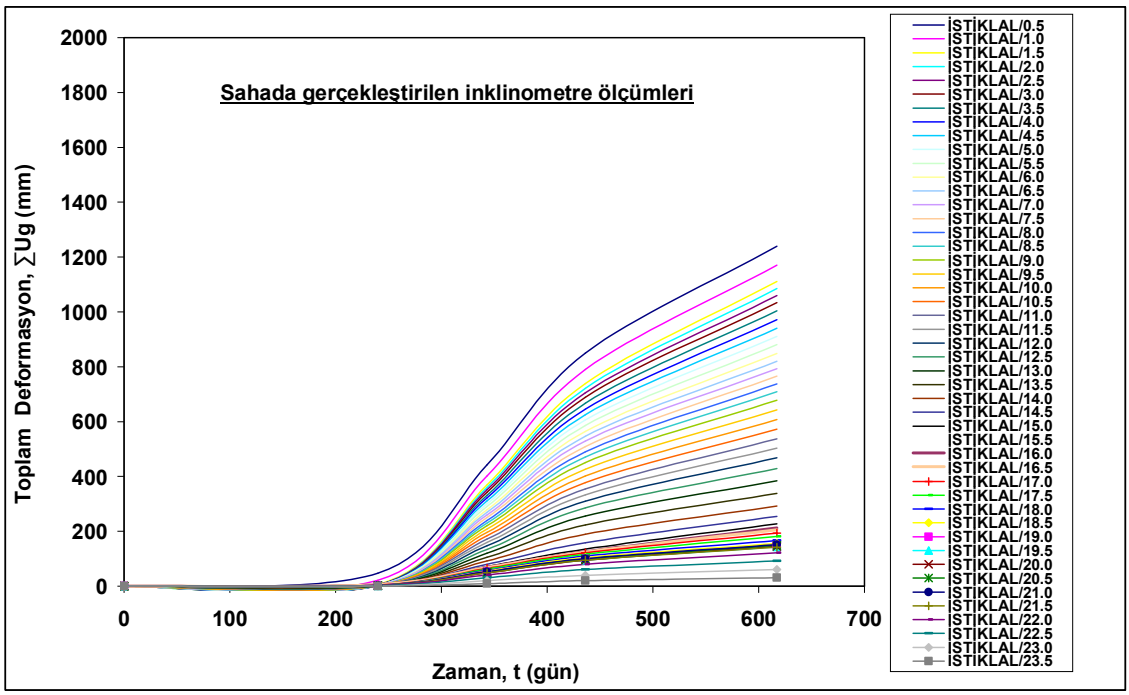


(a)-Erler köyü kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

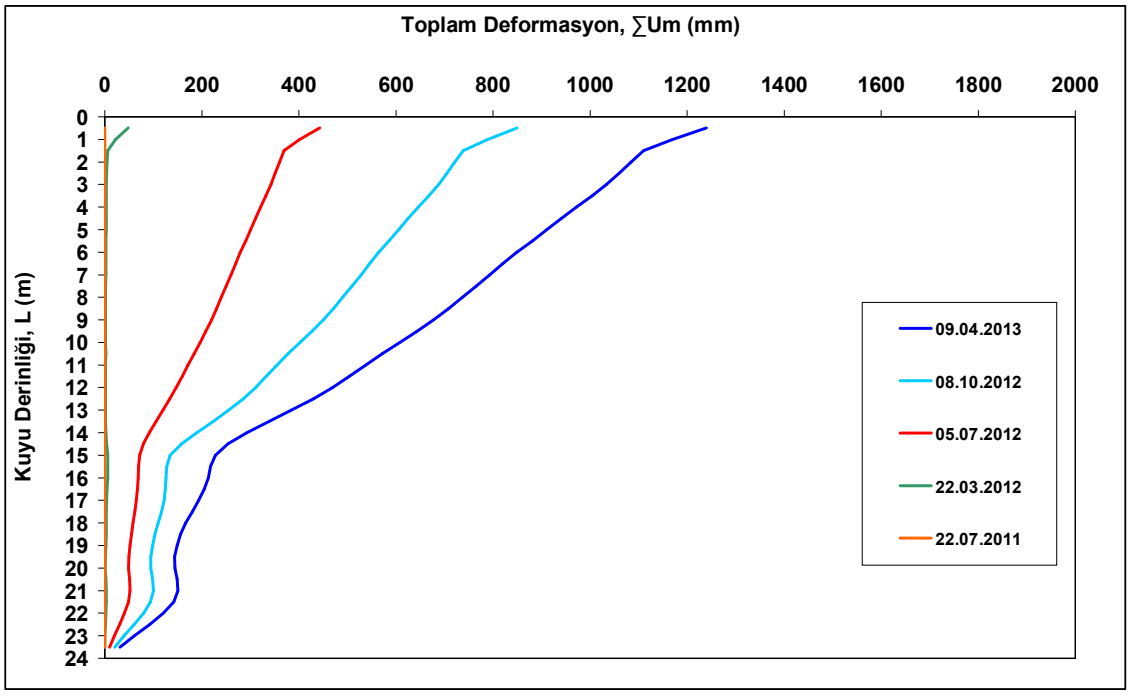


(b)- Erler köyü kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

İSTİKLAL (BAHRİDAĞDAŞ)

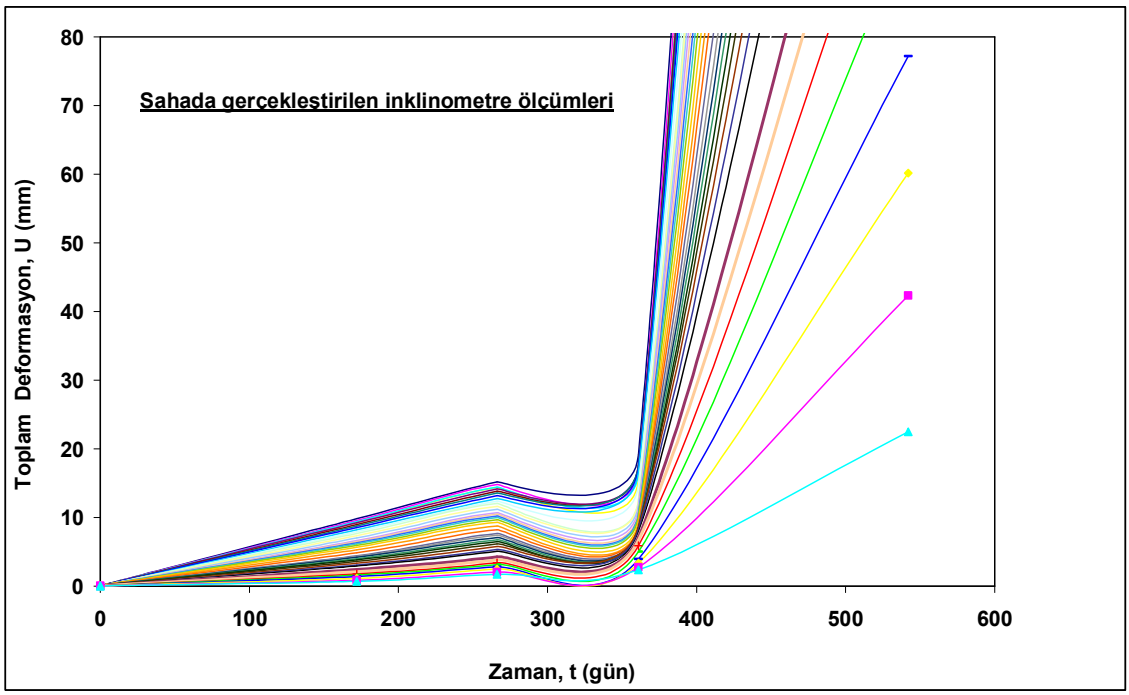


(a)-İstiklal kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

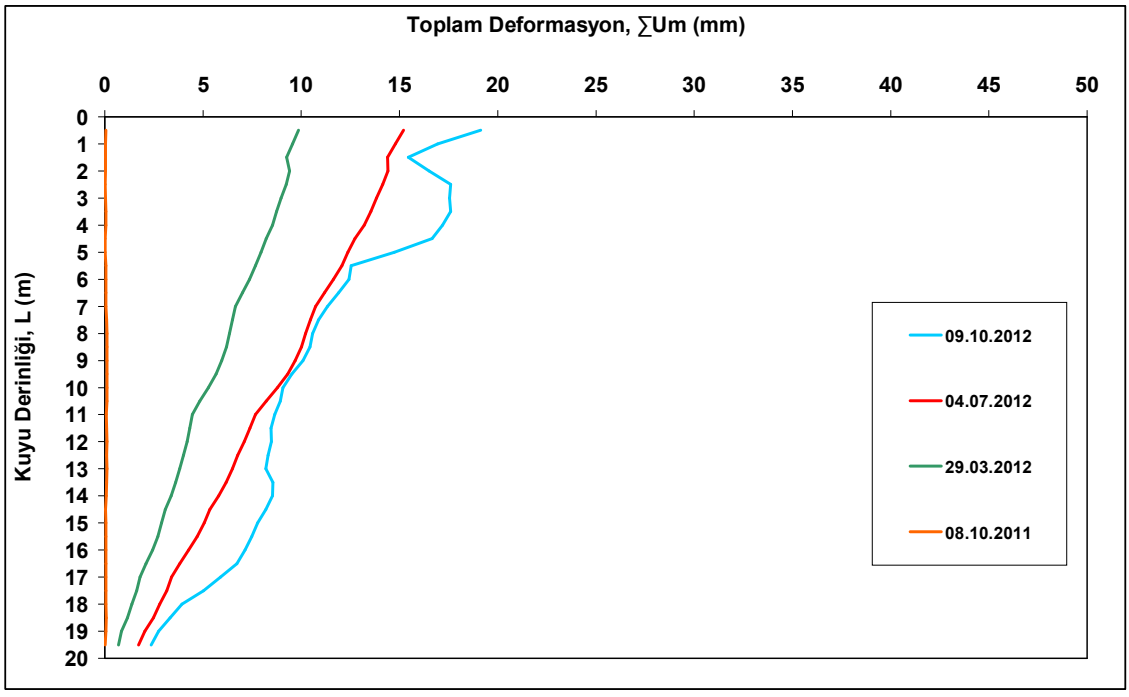


(b)- İstiklal kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

KÜÇÜKKÖY

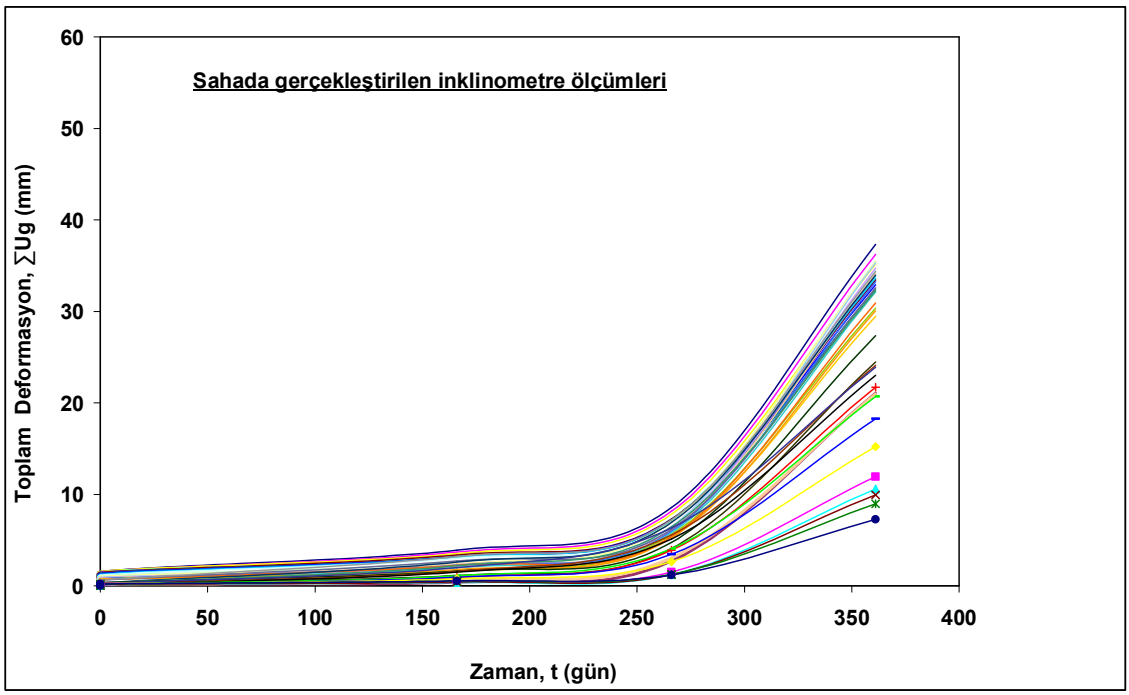


(a)-Küçükköy kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

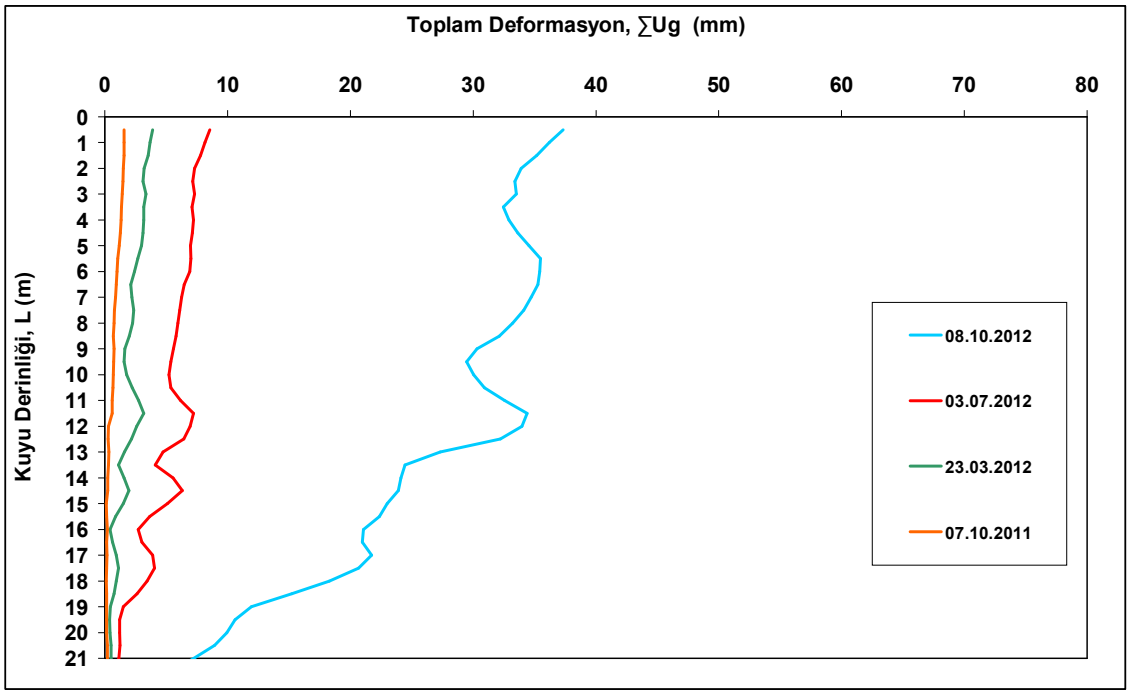


(b)- Küçükköy kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

MUGUR



(a)-Mugur kuyusu alt istasyonlarına ait zaman-toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı



(b)- Mugur kuyusuna ait toplam deformasyon ($\sum U_g$) davranışı

EK -4 Orhaneli sahasında bulunan kuyular için hazırlanan modele ait istatistiksel katsayılar

OINK-2

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	3.79	15.13	82.13	0.94	0.98
1.00	2.31	15.38	112.40	0.93	0.98
1.50	1.92	16.10	109.78	0.91	0.98
2.00	1.69	15.46	108.19	0.89	0.98
2.50	1.91	14.81	114.57	0.86	0.98
3.00	2.31	14.92	115.94	0.84	0.98
3.50	2.84	14.71	129.06	0.83	0.98
4.00	3.59	14.81	98.29	0.85	0.98
4.50	3.21	15.10	92.20	0.87	0.98
5.00	1.72	15.48	130.81	0.89	0.98
5.50	2.31	16.40	81.11	0.91	0.98
6.00	1.27	17.25	123.37	0.91	0.98
6.50	2.11	15.11	111.86	0.79	0.98
7.00	2.78	15.39	70.65	0.80	0.98
7.50	1.47	15.66	115.24	0.83	0.98
8.00	1.66	16.91	89.50	0.90	0.98
8.50	6.71	138700.00	15080.00	0.31	0.98
9.00	5.44	160400.00	16670.00	0.33	0.98
9.50	1.17	15.85	91.28	0.89	0.98
10.00	1.54	16.60	90.33	0.92	0.98
10.50	1.64	15.14	122.31	0.86	0.98
11.00	2.77	14.65	93.29	0.84	0.98
11.50	3.14	14.64	93.34	0.83	0.98
12.00	2.73	14.54	101.66	0.83	0.98
12.50	2.22	14.80	89.17	0.85	0.98
13.00	2.44	15.34	72.78	0.87	0.98
13.50	1.87	15.10	83.74	0.87	0.98
14.00	2.00	15.23	69.53	0.88	0.98
14.50	1.75	14.88	64.44	0.88	0.98
15.00	1.22	14.11	69.15	0.87	0.98
15.50	69.04	212.30	2.51	7.79	0.99
16.00	23.98	111.62	2.39	7.07	0.99
16.50	12.73	94.57	2.45	7.08	0.99
17.00	9.62	118.67	3.74	10.28	0.99
17.50	1.64	242550.70	14705.45	0.27	0.98

OINK-3

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	0.287	0.133	326.052	0.41	0.989
1.00	0.29	0.132	319.138	0.412	0.989
1.50	0.296	0.132	309.98	0.415	0.989
2.00	0.294	0.13	309.378	0.419	0.989
2.50	0.297	0.128	303.838	0.423	0.989
3.00	0.297	0.128	299.055	0.424	0.989
3.50	0.287	0.128	304.495	0.426	0.989
4.00	0.269	0.128	319.478	0.428	0.989
4.50	0.295	0.127	291.651	0.439	0.989
5.00	0.307	0.127	279.334	0.442	0.989
5.50	0.227	0.129	301.541	0.44	0.989
6.00	0.245	0.13	330.352	0.44	0.988
6.50	0.244	0.13	329.263	0.441	0.988
7.00	0.207	0.133	369.376	0.426	0.988
7.50	0.185	0.138	388.312	0.396	0.987
8.00	0.209	0.136	360.943	0.416	0.986
8.50	10.067	0.14	9.07	0.678	0.983
9.00	15.733	0.154	7.799	0.912	0.981
9.50	15.989	0.157	8.826	0.955	0.98
10.00	16.004	0.157	8.682	0.953	0.98
10.50	16.278	0.156	6.959	0.915	0.98
11.00	9.208	0.14	9.081	0.652	0.983
11.50	0.28	0.134	263.249	0.441	0.987
12.00	0.199	0.131	344.986	0.42	0.987
12.50	0.215	0.125	329.844	0.447	0.986
13.00	0.251	0.123	292.137	0.467	0.986
13.50	0.235	0.124	304.963	0.459	0.987
14.00	0.213	0.129	323.011	0.441	0.987
14.50	0.18	0.136	355.49	0.407	0.986
15.00	0.16	0.138	383.33	0.391	0.985
15.50	0.138	0.14	426.126	0.373	0.983
16.00	0.131	0.143	421.129	0.364	0.98
16.50	0.121	0.142	444.113	0.378	0.981
17.00	0.137	0.133	414.955	0.41	0.985
17.50	0.175	0.126	334.834	0.431	0.987
18.00	0.233	0.121	253.661	0.451	0.986
18.50	0.353	0.119	167.923	0.465	0.984
19.00	0.552	0.116	107.772	0.47	0.983
19.50	0.398	0.114	150.319	0.459	0.983
20.00	1.743	0.114	34.377	0.477	0.984
20.50	0.801	0.114	73.946	0.464	0.985
21.00	3.487	0.12	16.376	0.539	0.984
21.50	1.578	0.119	35.776	0.504	0.985
22.00	0.162	0.122	314.09	0.448	0.986
22.50	0.083	0.134	519.069	0.416	0.978
23.00	0.063	0.134	666.207	0.457	0.971
23.50	0.078	0.115	610.977	0.579	0.972
24.00	0.07	0.104	739.038	0.647	0.972
24.50	0.204	0.098	259.44	0.69	0.972
25.00	2.221	0.103	23.347	0.742	0.973

25.50	2.306	0.109	21.241	0.678	0.976
26.00	0.172	0.119	258.745	0.521	0.981
26.50	0.117	0.136	347.267	0.446	0.986
27.00	0.127	0.137	311.038	0.432	0.988
27.50	0.136	0.133	279.568	0.43	0.987
28.00	0.123	0.133	290.419	0.42	0.986
28.50	0.126	0.127	278.249	0.443	0.985
29.00	5.978	0.131	7.388	0.885	0.98
29.50	8.965	0.161	7.192	1.365	0.977
30.00	10.16	0.187	8.644	1.69	0.977
30.50	10.309	0.184	8.56	1.698	0.978
31.00	8.738	0.165	7.041	1.381	0.979
31.50	3.944	0.127	9.031	0.739	0.982
32.00	0.075	0.123	393.11	0.461	0.981
32.50	4.019	0.116	10.928	0.94	0.976
33.00	5.88	0.135	11.989	1.383	0.975
33.50	5.879	0.147	13.922	1.504	0.978
34.00	5.951	0.157	11.989	1.537	0.978
34.50	4.585	0.144	7.995	1.124	0.98
35.00	4.817	0.158	5.162	1.021	0.978
35.50	14.434	12.435	10.455	3.75	0.989
36.00	21.265	22.941	12.932	4.425	0.992
36.50	20.252	21.747	13.207	4.429	0.993
37.00	13.872	12.191	9.002	3.753	0.988
37.50	5.435	0.163	6.156	1.352	0.977
38.00	794151.8	2064745	62.618	77.697	0.912
38.50	367759.1	902112.9	70.027	87.641	0.903
39.00	420704.9	1258901	54.866	59.626	0.918
39.50	4.022	0.149	6.108	1.307	0.956
40.00	217023.5	647917.2	55.233	76.892	0.903
40.50	527786.7	844596.5	118.353	184.445	0.857
41.00	2751262	3098036	175.277	272.115	0.845
41.50	624373.3	699507.6	178.846	297.082	0.828
42.00	1459972	1921726	153.371	273.351	0.812
42.50	500999.4	903728	111.434	204.95	0.807
43.00	434371.7	1221831	68.444	99.27	0.863
43.50	21.648	72.175	15.223	7.94	0.984
44.00	65.751	203.111	15.281	7.295	0.992
44.50	748343.7	1964181	70.704	56.187	0.934
45.00	544700.5	1480012	68.896	63.19	0.923
45.50	18.506	111.855	13.788	5.188	0.992
46.00	18.503	109.809	13.869	5.683	0.994
46.50	7.059	87.866	13.32	6.17	0.993

OINK-4

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	4.556	0.557	39.586	0.721	0.983
1.00	4.651	0.556	38.73	0.72	0.984
1.50	4.707	0.554	38.105	0.719	0.984
2.00	4.818	0.555	37.069	0.721	0.984
2.50	4.994	0.551	35.562	0.722	0.984
3.00	5.05	0.548	34.638	0.726	0.984
3.50	4.725	0.547	36.497	0.728	0.984
4.00	5.795	0.547	29.326	0.742	0.984
4.50	6.102	0.548	27.548	0.75	0.984
5.00	6.254	0.551	26.879	0.755	0.984
5.50	6.239	0.559	26.57	0.759	0.984
6.00	6.281	0.562	26.061	0.763	0.984
6.50	6.496	0.566	24.993	0.767	0.984
7.00	6.609	0.57	24.416	0.768	0.984
7.50	6.253	0.548	25.564	0.759	0.984
8.00	6.305	0.544	25.305	0.763	0.984
8.50	6.187	0.54	25.708	0.772	0.984
9.00	6.33	0.539	24.836	0.777	0.984
9.50	6.348	0.535	24.571	0.783	0.984
10.00	6.324	0.531	24.855	0.786	0.984
10.50	6.598	0.531	23.619	0.795	0.984
11.00	6.38	0.532	24.229	0.796	0.984
11.50	6.379	0.53	24.14	0.8	0.984
12.00	6.27	0.523	24.526	0.804	0.984
12.50	6.404	0.524	23.746	0.81	0.984
13.00	6.272	0.517	23.973	0.81	0.984
13.50	6.285	0.517	23.695	0.813	0.984
14.00	6.227	0.515	23.591	0.814	0.984
14.50	6.115	0.516	23.645	0.813	0.984
15.00	6.698	0.518	21.306	0.828	0.984
15.50	6.835	0.518	20.489	0.836	0.984
16.00	6.894	0.517	19.913	0.842	0.984
16.50	6.821	0.519	19.911	0.844	0.984
17.00	6.886	0.52	19.536	0.846	0.984
17.50	7.111	0.524	18.939	0.86	0.984
18.00	7.023	0.524	18.77	0.861	0.984
18.50	6.568	0.513	19.733	0.853	0.984
19.00	5.811	0.515	21.441	0.834	0.984
19.50	4.173	0.497	28.296	0.788	0.984
20.00	3.819	0.503	30.472	0.778	0.984
20.50	4.209	0.508	27.929	0.793	0.984
21.00	4.554	0.52	25.412	0.8	0.984
21.50	4.431	0.519	25.644	0.798	0.984
22.00	4.882	0.525	23.243	0.813	0.984
22.50	5.943	0.552	18.981	0.838	0.984
23.00	6.259	0.556	17.907	0.851	0.984
23.50	6.632	0.566	16.849	0.868	0.983
24.00	6.633	0.566	16.586	0.876	0.983
24.50	6.805	0.571	16.024	0.891	0.983
25.00	7.08	0.581	15.327	0.907	0.983

25.50	7.097	0.589	15.087	0.918	0.983
26.00	7.089	0.58	14.689	0.916	0.983
26.50	7.247	0.592	14.101	0.926	0.983
27.00	7.282	0.588	13.892	0.938	0.983
27.50	7.274	0.588	13.56	0.948	0.983
28.00	7.134	0.589	13.394	0.945	0.983
28.50	7.125	0.59	13.098	0.948	0.984
29.00	6.862	0.582	13.375	0.941	0.984
29.50	7.902	0.619	11.826	1.004	0.982
30.00	7.913	0.614	11.689	1.021	0.982
30.50	7.784	0.62	11.634	1.031	0.982
31.00	7.544	0.613	11.748	1.043	0.982
31.50	0.113	0.555	454.149	0.516	0.986
32.00	0.11	0.556	447.212	0.513	0.986
32.50	0.103	0.574	465.033	0.52	0.985
33.00	0.098	0.584	472.816	0.52	0.985
33.50	0.088	0.581	504.936	0.518	0.985
34.00	0.084	0.603	512.453	0.512	0.985
34.50	0.074	0.615	558.071	0.508	0.985
35.00	0.074	0.614	551.545	0.51	0.985
35.50	0.072	0.622	550.09	0.509	0.985
36.00	0.072	0.604	544.819	0.519	0.985
36.50	0.072	0.604	524.631	0.519	0.985
37.00	0.07	0.613	518.81	0.519	0.985
37.50	0.062	0.605	551.906	0.522	0.985
38.00	0.071	0.613	461.224	0.519	0.985
38.50	0.061	0.615	497.576	0.519	0.985
39.00	0.057	0.615	511.815	0.52	0.985
39.50	0.055	0.601	505.728	0.53	0.985
40.00	0.03	0.585	856.791	0.534	0.985
40.50	0.049	0.601	490.009	0.532	0.985
41.00	0.059	0.623	398.195	0.535	0.984
41.50	0.057	0.597	394.905	0.548	0.984
42.00	0.055	0.584	390.776	0.55	0.984
42.50	0.05	0.577	394.723	0.546	0.984
43.00	0.049	0.576	369.933	0.549	0.984
43.50	0.044	0.593	374.58	0.545	0.984
44.00	0.045	0.591	337.471	0.557	0.984
44.50	0.039	0.613	348.981	0.555	0.984
45.00	0.038	0.634	313.01	0.569	0.984
45.50	0.043	0.607	233.45	0.593	0.983
46.00	0.024	0.583	283.686	0.547	0.984
46.50	0.019	0.627	257.912	0.557	0.982
47.00	1.463	16.176	5.836	3.82	0.982

OINK-5

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	34.43	50.26	18.54	6.60	0.99
1.00	35.38	53.45	17.69	6.82	0.99
1.50	37.25	55.45	16.47	6.96	0.99
2.00	3.49	0.10	20.23	1.18	0.98
2.50	3.61	0.10	19.55	1.19	0.98
3.00	36.33	54.03	13.82	6.45	0.99
3.50	36.15	53.88	13.43	6.13	0.99
4.00	35.19	52.56	13.73	6.05	0.99
4.50	35.21	53.29	12.97	5.98	0.99
5.00	36.00	56.19	11.62	5.99	0.99
5.50	4.69	1.00	14.91	1.33	0.98
6.00	4.90	1.00	13.65	1.34	0.98
6.50	5.14	1.08	12.57	1.37	0.97
7.00	3.46	0.09	16.11	1.17	0.97
7.50	3.08	0.08	16.86	1.13	0.97
8.00	3.34	0.09	15.10	1.15	0.97
8.50	3.56	0.09	14.93	1.21	0.97
9.00	3.81	0.09	14.56	1.26	0.98
9.50	3.86	0.09	14.92	1.29	0.98
10.00	4.87	1.09	12.78	1.39	0.98
10.50	4.93	1.15	13.06	1.42	0.98
11.00	4.70	1.13	12.94	1.40	0.98
11.50	4.58	0.99	12.28	1.41	0.98
12.00	3.71	0.09	15.08	1.31	0.98
12.50	3.78	0.09	14.28	1.33	0.98
13.00	3.58	0.08	14.48	1.32	0.98
13.50	4.42	1.03	12.03	1.46	0.98
14.00	4.62	1.12	11.80	1.49	0.98
14.50	3.47	0.09	14.85	1.32	0.98
15.00	3.27	0.10	15.43	1.28	0.98
15.50	3.31	0.10	15.34	1.32	0.98
16.00	23.43	51.70	8.47	5.15	0.99
16.50	25.57	58.94	8.42	5.23	0.99
17.00	27.14	65.81	8.01	5.46	0.99
17.50	2.09	0.12	21.62	1.17	0.99
18.00	2.10	0.12	21.35	1.16	0.99
18.50	2.07	0.12	21.32	1.16	0.99
19.00	1.95	0.12	22.31	1.15	0.99
19.50	1.78	0.12	23.88	1.13	0.99
20.00	1.85	0.12	22.77	1.15	0.99
20.50	2.02	0.11	20.84	1.18	0.99
21.00	2.11	0.10	20.01	1.19	0.99
21.50	2.09	0.10	19.33	1.20	0.99
22.00	1.86	0.11	22.24	1.16	0.99
22.50	1.83	0.11	22.30	1.16	0.99
23.00	2.42	1.01	16.68	1.23	0.99
23.50	1.74	0.09	21.67	1.16	0.99
24.00	1.59	0.09	22.73	1.14	0.99
24.50	1.36	0.09	26.55	1.12	0.99
25.00	1.40	0.09	26.08	1.13	0.99

25.50	1.33	0.09	26.76	1.13	0.99
26.00	1.26	0.09	28.09	1.12	0.99
26.50	1.91	1.09	18.75	1.17	0.99
27.00	1.82	1.04	19.62	1.17	0.99
27.50	13.71	39.59	4.37	3.57	0.99
28.00	12.85	36.78	4.53	3.47	0.99
28.50	10.06	25.99	5.04	3.00	0.99
29.00	8.75	21.33	5.45	2.80	0.99
29.50	10.02	26.32	5.42	3.14	0.99
30.00	8.66	21.74	5.62	2.88	0.99
30.50	8.37	20.75	5.59	2.78	0.99
31.00	7.62	17.77	5.80	2.61	0.99
31.50	7.13	16.23	6.00	2.51	0.99
32.00	5.52	10.15	6.83	2.09	0.99
32.50	1.18	0.07	23.52	1.17	0.99
33.00	1.03	0.07	26.01	1.14	0.99
33.50	8.52	19.82	5.00	3.07	0.99
34.00	10.36	38.17	5.60	3.62	0.99
34.50	11.10	41.11	6.16	3.84	0.99
35.00	10.30	38.68	5.97	3.73	0.99
35.50	0.83	0.06	27.57	1.10	0.99
36.00	0.03	0.05	454.35	0.78	1.00
36.50	0.14	0.05	77.62	0.77	0.99
37.00	0.55	0.08	23.87	1.08	0.97
37.50	0.45	0.07	25.14	1.01	0.98
38.00	0.03	0.06	331.48	0.80	0.99
38.50	0.32	0.07	44.12	1.02	1.00
39.00	0.92	1.45	20.71	1.27	0.99
39.50	13.14	99.07	5.18	5.23	0.99
40.00	101.80	1384.69	6.08	6.72	1.00
40.50	6430.49	108779.10	6.98	7.01	1.00
41.00	19338.46	518729.90	2.44	4.15	0.99
41.50	0.05	0.09	92.63	1.04	0.99
42.00	0.09	0.10	44.15	1.04	0.99
42.50	3.50	118.89	5.67	7.03	0.99
43.00	0.07	0.06	34.18	1.00	0.99
43.50	0.13	0.05	10.95	1.80	0.99

OINK-6

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	5.32	0.05	31.26	1.56	1.00
1.00	5.40	0.05	31.29	1.57	1.00
1.50	5.49	0.05	31.20	1.58	1.00
2.00	5.52	0.05	31.23	1.59	1.00
2.50	5.66	0.05	32.18	1.63	1.00
3.00	5.69	0.05	31.80	1.62	1.00
3.50	5.63	0.05	31.09	1.61	1.00
4.00	5.46	0.05	30.43	1.58	1.00
4.50	5.57	0.05	32.34	1.64	1.00
5.00	5.64	0.05	32.56	1.65	1.00
5.50	5.53	0.05	31.30	1.62	1.00
6.00	5.25	0.05	29.02	1.53	1.00
6.50	5.19	0.05	29.77	1.58	1.00
7.00	5.56	0.05	29.40	1.58	1.00
7.50	5.49	0.05	28.73	1.55	1.00
8.00	5.60	0.05	29.16	1.58	1.00
8.50	5.92	0.05	31.35	1.68	1.00
9.00	6.25	0.05	36.03	1.82	1.00
9.50	5.82	0.05	34.00	1.78	1.00
10.00	5.31	0.05	33.26	1.75	1.00
10.50	4.51	0.05	30.10	1.64	1.00
11.00	3.94	0.05	28.37	1.56	1.00
11.50	3.62	0.05	29.39	1.57	1.00
12.00	3.33	0.05	30.34	1.56	1.00
12.50	3.09	0.05	32.06	1.57	1.00
13.00	3.05	0.05	32.02	1.56	1.00
13.50	2.91	0.05	28.45	1.45	1.00
14.00	2.86	0.05	27.67	1.42	1.00
14.50	0.01	0.00	2854.68	0.92	0.98
15.00	2.95	0.05	27.40	1.44	1.00
15.50	2.86	0.06	25.52	1.37	1.00
16.00	2.79	0.06	25.86	1.38	1.00
16.50	2.92	0.06	26.19	1.44	1.00
17.00	2.54	0.06	24.98	1.31	1.00
17.50	2.14	0.06	24.72	1.17	1.00
18.00	3.29	0.06	34.56	1.77	1.00
18.50	3.06	0.06	36.04	1.77	1.00
19.00	2.92	0.06	38.91	1.83	1.00
19.50	2.71	0.05	37.33	1.79	1.00
20.00	2.62	0.05	36.44	1.77	1.00
20.50	2.52	0.06	30.77	1.64	1.00
21.00	2.43	0.06	29.76	1.61	1.00
21.50	2.23	0.05	28.58	1.54	1.00
22.00	2.22	0.05	30.24	1.58	1.00
22.50	2.26	0.06	29.67	1.59	1.00
23.00	2.16	0.06	27.99	1.51	1.00
23.50	1.99	0.06	26.52	1.42	1.00
24.00	1.89	0.06	24.75	1.35	1.00
24.50	1.72	0.06	24.30	1.27	1.00
25.00	1.57	0.06	24.24	1.20	1.00

25.50	1.07	0.06	30.54	1.05	1.00
26.00	6.19	6.76	45.52	18.54	0.90
26.50	6.27	6.58	46.39	19.39	0.90
27.00	6.60	6.47	47.14	19.14	0.90
27.50	0.06	0.06	440.28	0.78	1.00
28.00	6.47	6.60	46.49	18.88	0.90
28.50	6.18	7.11	49.82	22.62	0.89
29.00	3.90	0.12	40.41	15.64	0.66
29.50	4.99	7.81	45.49	22.81	0.89
30.00	4.40	8.62	44.95	24.69	0.88
30.50	3.47	9.34	36.30	20.00	0.88
31.00	2.88	11.65	24.67	21.28	0.89
31.50	0.76	1.91	299.82	3.32	0.95
32.00	0.71	2.72	1240.92	4.16	0.98
32.50	0.57	2.60	578.69	3.66	0.98
33.00	0.56	2.62	4350.02	4.78	0.98
33.50	0.48	3.44	21630.98	5.65	1.00

OINK-7

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	9.89	0.21	144.55	3.84	1.00
1.00	9.86	0.21	1062.80	5.09	1.00
1.50	9.72	0.21	9426.75	6.39	1.00
2.00	9.47	0.20	12487.51	6.54	1.00
2.50	9.39	0.19	32785.99	7.18	1.00
3.00	9.20	0.19	106078.40	7.96	1.00
3.50	9.00	0.19	331478.60	8.71	1.00
4.00	8.78	0.19	236401.50	8.54	1.00
4.50	8.52	0.19	407477.20	8.91	1.00
5.00	8.24	0.18	17446.40	6.96	1.00
5.50	7.99	0.18	1655.57	5.51	1.00
6.00	7.42	0.18	78.15	3.49	1.00
6.50	7.29	0.18	111.36	3.74	1.00
7.00	7.19	0.18	133.49	3.91	1.00
7.50	7.08	0.17	59.22	3.51	1.00
8.00	6.92	0.17	37.39	3.21	1.00
8.50	6.77	0.17	24.46	2.82	1.00
9.00	6.86	0.17	109.10	3.84	1.00
9.50	6.81	0.17	237.12	4.32	1.00
10.00	6.72	0.16	129.92	3.92	1.00
10.50	6.62	0.16	175.78	4.03	1.00
11.00	6.46	0.16	102.57	3.67	1.00
11.50	6.53	0.16	203.28	4.19	1.00
12.00	6.48	0.16	495.07	4.73	1.00
12.50	6.50	0.16	1261.29	5.29	1.00
13.00	6.41	0.17	1629.50	5.25	1.00
13.50	6.15	0.17	690.95	4.58	1.00
14.00	5.88	0.16	227.52	3.72	1.00
14.50	5.26	0.14	88.16	5.87	1.00
15.00	4.02	0.13	40.03	2.07	1.00
15.50	2.84	0.13	38.64	1.70	1.00
16.00	3.34	0.13	56.03	2.07	1.00
16.50	3.38	0.12	63.53	2.16	1.00
17.00	3.66	0.12	82.98	2.43	1.00
17.50	3.75	0.13	71.08	18.00	1.00
18.00	3.95	0.12	114.23	2.84	1.00
18.50	3.94	0.13	119.36	2.95	1.00
19.00	4.18	0.14	267.77	3.56	1.00
19.50	4.20	0.15	379.93	3.78	1.00
20.00	4.30	0.15	551.48	4.06	1.00
20.50	4.45	0.16	500.83	4.03	1.00
21.00	4.68	0.15	725.68	4.23	1.00
21.50	4.74	0.15	672.19	4.19	1.00
22.00	4.85	0.14	721.09	4.16	1.00
22.50	4.90	0.14	713.47	4.19	1.00
23.00	5.04	0.14	1398.29	4.65	1.00
23.50	5.07	0.13	1255.77	4.50	1.00
24.00	4.99	0.12	938.17	4.30	1.00
24.50	5.03	0.12	1084.71	4.40	1.00
25.00	5.01	0.12	1466.08	4.59	1.00

25.50	5.04	0.12	2049.87	4.81	1.00
26.00	5.09	0.11	1444.37	4.53	1.00
26.50	4.99	0.11	1197.29	4.45	1.00
27.00	5.11	0.12	1646.54	4.64	1.00
27.50	5.05	0.11	973.94	4.27	1.00
28.00	5.06	0.10	832.46	4.10	1.00
28.50	5.06	0.10	943.32	4.09	1.00
29.00	5.15	0.10	1033.19	4.12	1.00
29.50	5.06	0.10	1016.06	4.13	1.00
30.00	4.86	0.10	816.03	3.98	1.00
30.50	4.68	0.10	676.99	3.80	1.00
31.00	4.70	0.10	825.78	3.92	1.00
31.50	4.79	0.10	819.43	3.91	1.00
32.00	4.85	0.10	1176.85	4.17	1.00
32.50	4.69	0.10	1458.22	4.29	1.00
33.00	4.43	0.10	1388.64	4.18	1.00
33.50	4.33	0.10	1509.40	4.22	1.00
34.00	4.19	0.09	1557.99	4.23	1.00
34.50	3.87	0.09	1738.51	4.25	1.00
35.00	3.64	0.08	1310.37	4.05	1.00
35.50	6.58	0.08	1283.74	3.99	1.00
36.00	2.93	0.07	507.06	3.25	1.00
36.50	3.89	0.08	2274.43	4.42	1.00
37.00	3.88	0.08	3248.00	4.65	1.00
37.50	4.01	0.08	4781.49	4.99	1.00
38.00	3.98	0.08	3319.51	4.83	1.00
38.50	3.83	0.08	1600.30	4.28	1.00
39.00	4.07	0.08	2511.99	4.62	1.00
39.50	4.24	0.08	4665.56	4.97	1.00
40.00	4.30	0.08	5649.58	5.05	1.00
40.50	2.13	0.07	248.08	2.54	1.00
41.00	2.02	0.06	232.83	2.45	1.00
41.50	4.54	0.08	6356.68	5.15	1.00
42.00	3.29	0.07	569.77	3.37	1.00
42.50	4.57	0.08	6747.29	5.17	1.00
43.00	4.54	0.08	4817.07	4.07	1.00
43.50	4.49	0.07	3005.89	4.67	1.00
44.00	4.50	0.07	3984.59	4.87	1.00
44.50	4.60	0.07	7434.74	5.27	1.00
45.00	4.57	0.07	9437.25	5.46	1.00
45.50	4.63	0.07	5935.02	5.16	1.00
46.00	4.72	0.07	4810.58	5.10	1.00
46.50	4.72	0.07	2151.93	4.74	1.00
47.00	4.65	0.07	866.58	4.30	1.00
47.50	4.75	0.07	1228.74	4.72	1.00
48.00	4.48	0.06	154.32	3.31	1.00
48.50	4.56	0.06	183.06	3.34	1.00
49.00	5.03	0.07	1495.12	4.66	1.00
49.50	4.96	0.07	1303.75	4.46	1.00
50.00	4.80	0.07	783.10	4.06	1.00
50.50	4.86	0.07	839.00	4.12	1.00
51.00	4.76	0.07	2311.11	4.85	1.00

51.50	4.52	0.07	4130.28	5.28	1.00
52.00	4.31	0.07	3155.41	5.02	1.00
52.50	3.97	0.07	5157.56	5.50	1.00
53.00	3.63	0.06	3918.74	5.32	1.00
53.50	3.30	0.07	6290.49	5.60	1.00
54.00	3.04	0.06	2564.70	4.92	1.00
54.50	2.85	0.06	3608.48	5.03	1.00
55.00	2.60	0.06	4126.95	5.03	1.00
55.50	2.35	0.07	3331.15	4.78	1.00
56.00	0.94	0.06	183.20	2.27	0.99
56.50	0.87	0.07	164.56	2.18	0.99
57.00	0.99	0.09	162.77	2.26	0.97
57.50	0.73	0.09	210.13	2.33	0.97
58.00	0.47	0.05	209.97	2.28	0.96
58.50	0.66	9.51	231.69	2.94	0.97

OINK-8

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	29.26	65.46	46.50	54.91	0.91
1.00	29.31	65.31	46.62	54.96	0.91
1.50	28.88	63.59	46.42	54.47	0.91
2.00	28.20	62.62	45.75	54.39	0.91
2.50	27.27	60.19	44.99	53.78	0.91
3.00	28.92	68.10	45.73	56.89	0.91
3.50	28.89	68.01	45.64	56.40	0.91
4.00	29.69	70.74	46.04	56.81	0.91
4.50	29.14	68.63	45.80	56.47	0.91
5.00	28.25	65.15	45.41	56.26	0.91
5.50	29.30	68.14	46.29	58.15	0.91
6.00	32.48	48.95	48.24	63.17	0.90
6.50	41.95	115.41	50.38	69.48	0.90
7.00	24.44	55.06	42.79	57.50	0.89
7.50	8.40	3.41	8.39	2.72	0.99
8.00	8.58	3.57	8.12	2.73	0.99
8.50	7.97	3.39	8.11	2.66	0.99
9.00	92.82	318.08	51.25	72.25	0.90
9.50	85979.18	252040.50	89.79	135.33	0.92
10.00	305284.00	822559.30	107.83	165.69	0.91
10.50	295941.30	956528.70	87.87	136.64	0.91
11.00	135653.90	532696.30	65.01	102.41	0.90
11.50	230388.20	901012.70	65.81	107.68	0.90
12.00	314925.20	1090784.0	31.91	137.67	0.89
12.50	509655.10	1733977.0	88.39	152.24	0.88
13.00	116130.70	459800.00	73.92	129.74	0.87
13.50	46462.61	220600.60	44.54	67.91	0.89
14.00	34350.72	133890.00	52.99	72.98	0.92
14.50	425212.60	1173232.0	94.83	140.70	0.93
15.00	323344.00	801336.00	112.67	169.28	0.92
15.50	193882.60	592599.60	82.63	119.51	0.93
16.00	27.10	101.84	35.89	52.42	0.88
16.50	777316.80	2246461.0	113.54	200.28	0.86
17.00	1082613.0	1960500.0	195.96	332.82	0.86
17.50	286767.50	466004.50	208.13	316.85	0.86
18.00	488770.90	977338.70	174.90	297.63	0.86
18.50	287199.00	1051844.0	80.14	141.33	0.87
19.00	17179.13	86763.03	40.19	51.73	0.92
19.50	157510.30	635825.30	62.63	83.57	0.94
20.00	223190.40	903545.80	63.00	83.55	0.94
20.50	112935.40	508515.20	52.72	66.64	0.94
21.00	206371.20	924056.60	52.90	65.09	0.95
21.50	102256.60	457360.30	53.41	65.30	0.95
22.00	70283.83	320973.50	52.90	64.66	0.95
22.50	326296.20	1517339.0	53.25	33.00	0.95
23.00	144577.20	666825.00	52.95	65.19	0.95
23.50	73209.78	367529.70	47.52	59.80	0.94
24.00	4.49	4.92	43.50	3.45	0.99
24.50	2.07	4.70	32.63	4.09	0.99
25.00	221464.30	833808.30	70305.00	109.93	0.81

25.50	143876.20	455310.60	95.32	154.10	0.90
26.00	163308.30	56011.80	91.74	152.51	0.88
26.50	86617.93	404250.80	65.00	111.39	0.87
27.00	27576.64	186934.40	31.34	43.78	0.90
27.50	55002.37	311876.00	40.88	52.94	0.94
28.00	535042.60	2048413.0	78.56	117.69	0.91
28.50	270838.40	838036.60	107.44	168.44	0.89
29.00	318190.10	912122.70	119.16	190.28	0.88
29.50	364713.00	1016090.0	120.88	190.40	0.88
30.00	160932.00	478425.60	109.34	168.43	0.90
30.50	286636.30	996080.80	86.29	128.02	0.92
31.00	265604.80	1082021.0	61.68	83.49	0.94
31.50	77690.08	296850.70	52.89	58.17	0.96
32.00	392758.30	973783.10	96.72	116.70	0.96
32.50	171973.40	359805.00	123.32	116.70	0.95
33.00	380412.40	933926.40	103.89	154.65	0.95
33.50	169982.70	678227.60	60.51	130.27	0.95
34.00	265752.80	728604.10	117.27	77.90	0.91
34.50	708840.90	1033709.0	232.47	173.67	0.90
35.00	1605005.0	1760406.0	274.87	338.55	0.90
35.50	3574766.0	3835704.0	278.52	300.82	0.90
36.00	488985.20	658417.20	237.86	307.93	0.90
36.50	426850.70	995208.00	143.53	215.50	0.90
37.00	223139.30	1149541.0	48.11	64.95	0.94
37.50	136514.80	563106.90	51.58	56.37	0.96
38.00	86470.56	301834.90	64.09	78.25	0.96
38.50	97908.77	450884.30	43.56	48.16	0.95
39.00	42873.14	264031.10	34.83	44.91	0.93
39.50	182386.60	810757.60	68.27	102.54	0.91
40.00	367877.90	1211897.0	97.98	146.63	0.91
40.50	152669.70	420574.70	115.77	166.55	0.91
41.00	419831.40	1132258.0	113.58	156.73	0.92
41.50	308621.40	855948.70	106.23	141.32	0.93
42.00	473015.80	1327014.0	100.95	130.11	0.94
42.50	201186.40	585505.50	93.84	118.15	0.95
43.00	169069.00	564992.40	79.69	100.74	0.95
43.50	401207.40	1481509.0	77.24	107.49	0.93
44.00	196438.90	711540.90	86.50	132.59	0.91
44.50	158445.90	468898.10	108.50	170.35	0.90
45.00	575275.50	1628843.0	113.93	180348.0	0.90
45.50	340059.00	1405995.0	82.22	139.25	0.87
46.00	6.98	13.83	72.27	5.81	0.99
46.50	242030.50	413095.10	134.54	147.53	0.97
47.00	2705348.0	2566950.0	261.56	308.68	0.96
47.50	1352133.0	951306.40	317.26	263.41	0.96
48.00	698791.40	427943.60	350.93	255.44	0.96
48.50	1617299.0	955939.60	347.52	210.90	0.96
49.00	911919.40	570144.40	345.46	257.62	0.96
49.50	1201516.0	893219.60	302.44	268.04	0.95
50.00	614473.60	578746.60	256.20	283.52	0.95
50.50	528398.20	676077.00	202.39	261.67	0.94
51.00	278189.10	525029.50	142.97	191.00	0.94

51.50	374016.00	1173978.0	89.05	124.13	0.94
52.00	81854.43	465895.40	47.20	67.00	0.95
52.50	226801.30	1317220.0	41.96	57.49	0.95
53.00	186200.10	897111.30	52.76	72.37	0.95
53.50	141025.80	673886.40	57.32	81.51	0.94
54.00	143201.70	813140.00	51.93	77.21	0.92
54.50	131756.40	1031926.0	38.86	59.58	0.91
55.00	88199.21	954042.80	26.01	38.55	0.92
55.50	37647.48	432365.90	24.94	38.00	0.92
56.00	53003.29	571151.10	25.94	38.55	0.92
56.50	61893.13	615396.90	29.26	43.71	0.92
57.00	12222.80	1155750.0	30.92	46.35	0.92
57.50	44573.15	473264.20	27.68	42.03	0.91
58.00	53066.67	677237.70	22.87	36.11	0.90
58.50	1.44	3.18	67.59	4.12	0.99
59.00	1.52	3.44	36.88	3.42	0.99
59.50	1.64	5.06	30.79	3.19	0.99
60.00	1.70	6.33	21.65	2.94	0.99
60.50	1.52	5.92	13.85	2.75	0.99
61.00	1.17	3.92	32.86	3.74	0.99
61.50	0.99	3.31	24.89	3.39	0.99
62.00	1.01	4.39	15.65	2.85	0.99
62.50	0.65	3.31	28.19	3.48	0.99
63.00	0.96	7.83	15.49	3.37	0.99

OINK-9

Derinlik (m)	A	B	C	D	R^2
0.50	530767.60	996464.20	183.33	202.16	0.91
1.00	216639.80	416175.80	179.09	198.17	0.91
1.50	325233.80	637140.70	175.35	193.70	0.91
2.00	441504.90	888808.90	171.10	190.62	0.91
2.50	287538.40	590367.60	167.95	187.29	0.91
3.00	175806.80	367199.40	165.32	184.79	0.91
3.50	463976.40	985759.60	162.67	181.59	0.91
4.00	462922.20	1007261.00	158.31	176.07	0.91
4.50	164826.40	365866.20	155.38	172.94	0.91
5.00	207041.10	473263.40	151.41	169.14	0.91
5.50	324157.20	753511.90	148.43	165.48	0.91
6.00	156032.90	375153.50	146.75	162.41	0.91
6.50	629346.90	1554324.00	142.85	158.18	0.91
7.00	134127.10	340575.00	139.18	154.27	0.91
7.50	266729.20	697006.00	135.07	149.60	0.91
8.00	161223.90	436321.60	131.25	145.88	0.91
8.50	115241.60	322611.90	126.89	141.11	0.91
9.00	90308.74	263268.00	122.81	137.56	0.91
9.50	423272.60	1276721.00	118.57	132.87	0.91
10.00	132965.40	406068.90	119.09	133.94	0.91
10.50	350595.30	1035164.00	139.03	146.50	0.91
11.00	236520.90	685020.40	132.83	150.88	0.91
11.50	437814.00	1367678.00	120.47	135.13	0.91
12.00	284984.70	1005414.00	103.94	115.88	0.91
12.50	89908.15	333441.50	98.12	109.19	0.91
13.00	140072.00	521422.80	96.23	106.57	0.91
13.50	151722.30	570431.10	94.96	104.91	0.91
14.00	281313.60	958136.20	101.67	110.83	0.91
14.50	166834.80	532843.70	105.80	114.64	0.91
15.00	278260.10	897283.50	105.43	113.60	0.91
15.50	277025.20	839769.10	115.43	124.20	0.91
16.00	132429.10	348409.80	137.44	147.76	0.92
16.50	777493.90	1719024.00	174.89	188.18	0.92
17.00	597285.50	1105605.00	220.14	237.51	0.92
17.50	1012,4,6	672540.50	267.46	292.23	0.91
18.00	623502.70	934335.80	283.74	290.13	0.90
18.50	620316.30	897310.00	292.69	288.20	0.89
19.00	1560371.00	2295928.00	293.97	289.23	0.88
19.50	394998.40	626535.10	286.47	292.96	0.87
20.00	509050.00	915738.80	285.10	330680.00	0.87
20.50	430063.40	922226.30	243.00	285.06	0.86
21.00	496563.10	1329045.00	191.46	224.81	0.86
21.50	307848.60	1081731.00	137.32	160.34	0.87
22.00	3.60	0.08	135.15	3.73	1.00
22.50	3.79	0.09	54.62	3.37	1.00
23.00	3.80	0.09	13.56	2.52	0.99
23.50	3.62	0.09	3.15	1.41	0.98
24.00	3.85	0.10	19.94	2.72	0.99
24.50	9.87	0.30	65.22	67.92	0.44
25.00	239837.30	900923.20	114.82	125.42	0.91

25.50	690464.80	1994378.00	167.59	186.39	0.89
26.00	639819.20	1536730.00	210.96	237.42	0.87
26.50	354960.30	814286.60	233.11	264.64	0.86
27.00	1181754.00	3225088.00	197.78	225.56	0.86
27.50	169882.90	665019.40	137.24	157.14	0.86
28.00	239695.00	1623600.00	77.01	88.29	0.87
28.50	52585.98	793693.60	30.93	35.02	0.89
29.00	0.59	4.19	71.44	3.89	0.99

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet MESUTOĞLU
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya, 02.09.1986
Telefon : 05057435818
Faks :
e-mail : mehmetmesutoglu@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Malatya Lisesi,Merkez,Malatya**	**2004**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	**2010**
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**

UZMANLIK ALANI : Maden işletme

YABANCI DİLLER : İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR