

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nuda Gerede Bayramören Arasında Meydana Gelen Krip  
Hareketinin Yersel LİDAR ile İzlenmesi

Sevgi Altınok Erayık

**DOKTORA TEZİ**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2016

Monitoring Creep Movement Between Gerede and Bayramören at the North Anatolian  
Fault Zone with Terrestrial LIDAR

Sevgi Altınok Erayık

**DOCTORAL DISSERTATION**

Department of Geological Engineering

June 2016

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nuda Gerede Bayramören Arasında Meydana Gelen Krip  
Hareketinin Yersel LİDAR ile İzlenmesi

Sevgi Altınok Erayık

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Genel Jeoloji Bilim Dalında  
DOKTORA TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Erhan Altunel

Bu tez çalışması 112 Y 134 no'lu TÜBİTAK projesi ve 201415A201 no'lu ESOGÜ  
bilimsel araştırma projesi tarafından desteklenmiştir

Haziran 2016

## ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Sevgi Altınok Erayık'ın DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Kuzey Anadolu Fay Zonu'nuda Gerede Bayramören Arasında Meydana Gelen Krip Hareketinin Yersel LİDAR ile İzlenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Erhan Altunel

**Doktora Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Prof. Dr.Erhan Altunel

**Üye** : Prof. Dr.Ziyadin Çakır

**Üye** : Prof. Dr.Serdar Akyüz

**Üye** : Doç. Dr.Volkan Karabacak

**Üye** : Doç. Dr.Ali Kayabaşı

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr. Hürriyet Erşahan  
Enstitü Müdürü



## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzuna göre, Prof.Dr. Erhan Altunel danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kuzey Anadolu Fay Zonu’nda Gereke Bayramören Arasında Meydana Gelen Krip Hareketinin Yersel LİDAR ile İzlenmesi” başlıklı doktora tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın bütün aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.  
16/06/2016

Sevgi Altınok Erayık

İmza

## ÖZET

Aktif fayların birçoğu kilitlidir ve üzerlerindeki gerilme birikimi büyük depremler ile açığa çıkmaktadır. Ancak bazı fayların üzerinde deprem olmaksızın deformasyon meydana gelmektedir. Asismik yüzey kripti ismi verilen bu tektonik hareketin hızının uzun dönem plaka hızından daha düşük olması durumunda faylar üzerinde deprem olma tehlikesi halen devam etmektedir. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesimi bu tür faylara verilebilecek örneklerden biridir.

Gerede-Bayramören arasında; İsmetpaşa'da var olan krip 1969 yılında fark edilmiş ve izlenmeye başlanmıştır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda farklı krip izleme teknikleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar, İsmetpaşa çevresi ile sınırlı kalmış, modelleme çalışmaları dışında fay boyunca kripe ait yüzey verileri ortaya konmamıştır.

Bu tez çalışması kapsamında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesiminde kripe ait yüzey verisi olup olmadığı, kripin uzun dönem plaka hareketinin ne kadarını karşıladığı ve zaman içindeki davranışı araştırılmıştır. Bu amaçla çalışma alanı boyunca krip izleme istasyonları oluşturularak periyodik ölçümler yapılmıştır. Çalışmada yüksek hassasiyette 3 boyutlu koordinatlı ölçüm alabilme kapasitesine sahip yersel LIDAR kullanılmıştır. Mayıs 2013-Eylül 2015 tarihleri arasında 3'er aylık periyotlar ile yapılan ölçümlerde fay üzerindeki kaymanın sürekli olmadığı, dönem dönem gerçekleştiği görülmektedir. Kripin İsmetpaşa ile sınırlı olmadığı, fay boyunca Gerede ile Bayramören arasında yaklaşık 80 km'lik kısımda etkili olduğu arazi verileri ile ortaya konmuştur. Çalışma alanında tespit edilen krip hızı  $2-6\pm 1$  mm/yıl arasında değişmekte ve en yüksek krip değeri İsmetpaşa civarında görülmektedir. Krip hareketi ile Gerede Bayramören arasında, yıllık kaymanın yaklaşık % 30'u açığa çıkmakta, kayma hızının % 70'lik kısmı ise fay zonu üzerinde birikmeye devam etmektedir. Dolayısıyla fayın Gerede-Bayramören arasında deprem üretme potansiyeli bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında krip hareketi ile jeoloji ve tez çalışmalarının yürütüldüğü zaman diliminde meydana gelen depremler arasındaki ilişki de anlaşılmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Krip, Kuzey Anadolu Fay Zonu , Gerede Bayramören , Yersel LIDAR

## SUMMARY

Most active faults are locked and accumulated strain on them releases with large earthquakes. However, on some fault segments, slip can be realized without an earthquake. This tectonic movement named as aseismic surface creep. If this aseismic creep movement is much lower than the long-term slip rate along a fault, then the fault is still capable of produce earthquakes. The area between Gerede and Bayramören of the North Anatolian Fault Zone is a suitable example of this fault types.

The existence of creep movement at İsmetpaşa between Gerede-Bayramören villages is detected at 1969 and also started to monitore in this year. At previous studies, creep monitored by using different techniques. These studies has been limited around İsmetpaşa and there wasn't produced any field data related to creep movement except some modelling studies.

In frame of this thesis, it is researched that the existence of surface geological creep data, the effect of creep percentage considering to the long term slip rate all along the fault and the creep behavior in time between Gerede and Bayramören at North Anatolian Fault Zone. For this aim, the creep monitoring stations are constructed and monitored periodically. At this study, it is used a terrestrial LIDAR which has a capacity to provide high resolution and accurate 3D data was used. According to 3 month periods measurements realized between 2013 May and 2015 September, the creep on the fault is not constant, it is episodic. Moreover, it is put forth that the creep movement is not limited just around İsmetpaşa, it has some field data all along the 80 km long between Gerede aand Bayramören. The creep rate detected between Gerede and Bayramören is differing from  $2-6\pm 1\text{mm/year}$  and the maximum creep measured at around İsmetpaşa. Creep can compensate approximately 30% of the long term slip rate and at least 70% of the yearly slip still accumulates on the fault. As a result between Gerede and Bayramören villages is still capable of generating earthquakes. At the same time, it is tried to be understood the relationship between creep, geology and earthquakes occurred during the creep monitoring period for this thesis.

**Key words:** Creep, North Anatolian Fault Zone, Gerede-Bayramören, Terrestrial LIDAR

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının başından itibaren her aşamasında bilgisi ve deneyimleri ile beni yönlendirerek sonuçlara ulaşmada yol gösteren danışmanım Prof.Dr. Erhan ALTUNEL (ESOGÜ)'e teşekkürü borç bilirim.

Saha ve büro çalışmalarında her daim yanımda olan can yoldaşım Jeoloji Yüksek Mühendisi Esra TUNÇEL'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmasının başından itibaren yanımda olan, LIDAR teknolojisi ile ilgili bilgilerini bana aktaran, çalışmalarımda beni destekleyen Doç.Dr. Volkan KARABACAK (ESOGÜ)'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmasının başında gözlem noktalarının belirlenmesi aşamasında yapılan GPR çalışmaları ile işin çatısının kurulmasında önemli rolü olan Doç.Dr. Cahit Çağlar Yalçın (ÇOMÜ)'e teşekkür ederim.

Tez çalışması sırasında yapmış oldukları yönlendirici yorum ve önerilerinden dolayı Prof.Dr. Ziyadin ÇAKIR (İTÜ)'a ve Prof.Dr. Semih Ergintav (BOUN)'a çok teşekkür ederim. Savunma sınavımda jüri olan ve yorumları ile tezimin son şeklini almasına katkı koyan Prof.Dr. H.Serdar Akyüz (İTÜ) ve Doç.Dr. Ali Kayabaşı (ESOGÜ)'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmanı arazi işlerini kendi işiymiş gibi önemseyen Jeoloji Mühendisi Kazım Başkaya'ya, arazide Jeofizik çalışmaları yürüten Jeofizik Mühendisleri Yunus Can Kurban ve İkbal Topçu'ya çok teşekkür ederim.

Tüm eğitimim boyunca beni hep destekleyen babam Mehmet ALTINOK, annem Serhat Sumru ALTINOK, ablam Pınar ALTINOK ORMANCI 'ya, tez çalışmam boyunca tüm kalbi ile yanımda olan hayat arkadaşım Celal ERAYIK'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 112 Y 134 no'lu TÜBİTAK projesi ve 201415A201 no'lu ESOĞÜ bilimsel araştırma projesi tarafından desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET .....</b>	<b>vi</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>vii</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>viii</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ.....</b>	<b>xxxiv</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>	<b>xxxv</b>
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Amacı .....	2
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>4</b>
2.1 Fay Zonu Morfolojisi .....	4
2.2 Fay Zonu Jeolojisi .....	4
2.3 GPR Çalışmaları.....	5
2.4 Gözlem İstasyonlarının Kurulması.....	6
2.5. Verilerin Toplanması.....	8
2.6. Verilerin İşlenmesi .....	9
<b>3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>11</b>
3.1 Asismik Krip'in Tanımı .....	11
3.2. Dünya'da Krip Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	16
3.3 Ülkemizde Krip Üzerine Çalışmalar .....	22
<b>4. KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN GENEL ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>35</b>
4.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Evrimi ve Oluşturduğu Ötelenmeler .....	35
4.2 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Depremselliği .....	41
<b>5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİK VE NEOTEKTONİK KONUMU .....</b>	<b>43</b>
5.1 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	43
5.2 Çalışma Alanının Neotektonik Konumu .....	50
5.3 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği .....	52
<b>5.3.1 Tarihsel dönem deprem aktivitesi.....</b>	<b>52</b>

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

5.3.2 Çalışma alanının aletsel dönem deprem aktivitesi .....	56
5.3.3 Paleosismolojik Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular .....	62
5.4 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Gerede-Bayramören Arasında Kalan Kesiminin Morfolojisi ve 1944 Gerede Depremi Yüzey Kırığı .....	65
<b>6. GEREDE BAYRAMÖREN ARASINDA AKTİF FAYIN HARİTALANMASI .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1 Aktif Fayın Haritalanması Amacıyla Yapılan Büro Çalışmaları .....</b>	<b>73</b>
6.2 Aktif Fayın Haritalanması Amacıyla Yapılan Arazi Çalışmaları .....	79
6.2.1. Fayın yüzey izinin haritalanması .....	79
6.2.2 Fay zonu boyunca ayrıntılı jeolojik haritalama .....	96
6.2.2.1 Gerede istasyonu .....	98
6.2.2.2 Afşatarakçı istasyonu.....	99
6.2.2.3 Kapaklı istasyonu .....	100
6.2.2.4 Semerciler istasyonu.....	101
6.2.2.5 İsmetpaşa istasyonu .....	102
6.2.2.6 Hamamlı istasyonu .....	104
6.2.2.7 Ahallar istasyonu .....	106
6.2.2.8 Çaylı istasyonu .....	108
6.2.2.9 Fatih istasyonu.....	109
6.2.3 Fay zonu boyunca GPR çalışmaları.....	110
<b>7. GÖZLEM İSTASYONLARININ KURULUMU VE İSTASYONLARDA YAPILAN ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>118</b>
7.1 Aktif Faylar Üzerinde Krip Gözlem İstasyonları Kurulumu.....	118
7.2 Gözlem İstasyonlarında Yapılan Çalışmalar .....	123
<b>8. ÇALIŞMADA KULLANILAN CİHAZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>125</b>
8.1 LİDAR.....	125
8.2 Total-Station .....	127
<b>9. LİDAR ÖLÇÜMLERİ .....</b>	<b>128</b>
9.1 Mayıs 2013 - Kasım 2013 Karşılaştırma.....	134

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

9.2 Mayıs 2013 - Mart 2014 Karşılaştırma .....	135
9.3 Temmuz 2014- Mayıs 2013 Karşılaştırma .....	136
9.4 Eylül 2014- Mayıs 2013 Karşılaştırma .....	137
9.5 Aralık 2014 – Mayıs 2013 Karşılaştırma .....	138
9.6 Mayıs 2015 - Mayıs 2013 Karşılaştırma .....	139
9.7 Eylül 2015 – Mayıs 2015 Karşılaştırma.....	140
<b>10.TOTAL STATION ÖLÇÜMLERİ .....</b>	<b>141</b>
10.1. Mayıs 2013- Mart 2014 Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	143
<b>11. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>148</b>
11.1 Yüzey Verilerinin Değerlendirilmesi .....	148
<b>11.1.1 Makro gözlemler.....</b>	<b>148</b>
<b>11.1.2 Aletsel veriler .....</b>	<b>151</b>
11.2 Krip Hızının Fay Zonu Üzerindeki Dağılımı .....	154
11.3. Bölgede Meydana Gelen Depremlerin Krip Üzerine Etkileri .....	156
11.4. Jeolojik Yapının Krip Üzerine Etkileri .....	159
<b>12. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>163</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>	<b>166</b>
<b>EK AÇIKLAMALAR .....</b>	<b>189</b>
Ek Açıklama – A: Mayıs 2013- Mart 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	190
Ek Açıklama –B: Temmuz 2014- Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	198
Ek Açıklama –C: Eylül 2014- Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	209
Ek Açıklama –D: Aralık 2014-Eylül 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması...	218
Ek Açıklama –E: Aralık 2014 - Temmuz 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	230
Ek Açıklama-F: Aralık 2014 – Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	238

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
Ek Açıklama –G: Mayıs 2015 - Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	248
Ek Açıklama –H: Mayıs 2015 – Haziran 2007 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	263
Ek Açıklama –I: Eylül 2015 – Mayıs 2015 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	265
Ek Açıklama –İ: Eylül 2015 – Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması.....	267
<b>EKLER .....</b>	<b>276</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>278</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>1.1.</b> Ülkemizde yer alan belli başlı fay zonları (SRTM DEM verileri kullanılmıştır) (Şaroğlu vd.,1992; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2011a ve b; Meghraoui vd. 2012).....	1
<b>1.2.</b> Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda 20. yy'da meydana gelen depremler, büyüklükleri ve yüzey kırıkları (Şaroğlu vd., 1987; 1992; Eyidoğan vd., 1991; Barka, 1996; Barka vd., 2000a; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2011a,b; Meghraoui vd. 2012). .....	2
<b>1.3.</b> KAFZ 1944 Depremi yüzey kırığı haritası (Ambraseys 1970'den alınıp, Google Earth görüntüsü altlık olarak kullanılarak yeniden çizilmiştir). .....	3
<b>2.1.</b> Krip izleme lokasyonlarının şematik gösterimi.Fay zonu uzanımı (kırmızı), faya dik uzanan GPR profili (mor ok) ve ölçüm istasyonu direklerini (Sarı kutular) gösteren temsili şematik çizim. ....	6
<b>2.2.</b> Gözlem istasyonlarının kurulumunda kullanılan düzgün yüzeyli beton direkler.....	7
<b>3.1.</b> Bir deprem döngüsü içerisinde zamana bağlı olarak meydana gelen deformasyon miktarı.....	13
<b>3.2.a.</b> Üzerinde krip gözlenmeyen doğrultu atımlı faya ait blok diyagram. <b>b.</b> Üzerinde krip gözlemlenen doğrultu atımlı faya ait blok diyagram. Krip hareketi ile deformasyon enerjisinin bir kısmı deprem olmaksızın yüzeye yakın kesimlerde açığa çıkmaktadır (USGS, 2014'ten esinlenerek çizilmiştir). .....	14
<b>3.3.</b> Serpantinit ile krip arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (Moore ve Rymer 2007; Becken ve Ritter 2012'den sadeleştirilerek Türkçeleştirilmiştir). .....	15
<b>3.4. a.</b> Doğu Taiwan 'ın basitleştirilmiş jeoloji haritası. <b>b.</b> Ocak 2007 ile Haziran 2010 yılları içinde alınan uydu görüntülerinin PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) tekniği ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen yıllık kayma hızı haritası. <b>c.</b> Şekil 3.4b'de görülen P1, P2 ve P3 profilleri. Yeşil noktalar PS ALOS (Advanced Land Observing Satellite) görüntüleri ile tespit edilen, siyah noktalar GPS ile tespit edilen hareket hızlarını göstermektedir. Kırmızı çizgi bu profillerde LVF'ye karşılık gelen yerdir. P2 ve P3 profilleri krip hareketinin mevcudiyetini, P1 profili ise fayın kilitli olduğu kesimi temsil etmektedir. ....	20

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>3.5.</b> Günümüzde krip sonucu deformasyonun görüldüğü yerler. a) 1960'lı yıllardan bu yana izlenmekte olan krip hareketinin görüldüğü İsmetpaşa'daki karayolları bakım istasyonunun duvarı, b)Hamamlı'daki ahır duvarı. ....	25
<b>3.6a.</b> 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarı (fay uzanımı kırmızı kesikli çizgi ile görülmektedir). b. Duvar üzerinde krip nedeniyle gözlemlenen ötelenmenin yakından görünümü. ....	26
<b>3.7.</b> 1969 ile 1980 yılları arasında yürütülen arazi çalışmaları ile İsmetpaşa'daki Karayolları bakım istasyonu duvarında ölçülen yatay yer değiştirme miktarlarını gösteren grafik (Aytun, 1982'den alınarak yeniden çizilmiştir).....	28
<b>3.8.</b> 1982-1990 yılları arasında İsmetpaşa'daki krip metre yardımıyla ölçülen aylık krip miktarını gösteren grafik ( Altay ve Sav 1991'den değiştirilerek alınmıştır). ....	30
<b>3.9.</b> Fay zonu boyunca farklı interferogramlardan elde edilen verilerin elastik modellenmesi sonucu elde edilen krip oranı, krip derinliği grafiği (Akoğlu, 2008). ....	32
<b>3.10.</b> İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarında gerçekleştirilen krip ölçümlerine ait grafik. ....	34
<b>4.1.</b> USGS'in ürettiği GTOPO 30 verileri ile Anadolu bloğunun sayısal yükseklik modeli. Modelde KAFZ'na ait çizgisellik net olarak görülebilmektedir (Şengör, vd., 2005).....	36
<b>4.2.</b> KAFZ üzerinde meydana gelen ötelenmelerden örnekler. Ötelenmeler ile ilgili veriler a Şengör vd., 2005; Le Pichon vd., 2001; Bergougnan, 1976 ve Seymen, 1975'den alınmıştır. ....	38
<b>4.3.</b> Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun sahip olduğu birikimli atım ve yaşı göz önünde bulundurularak üretilen diyagram. Bu modele göre deformasyon hızı doğrusal değil atım-zaman grafiğinde geniş bir eğri çizecek şekilde evrim geçirmiştir (Şengör vd., 2005'den Türkçeleştirilmiştir). ....	40

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Sekil

### Sayfa

<b>4.4.</b> KAFZ üzerinde M.Ö. 400 ile 2000 yılları meydana gelen ve büyük hasar oluşturduğu bilinen depremler. Yüzey kırığı oluşturduğu bilinen depremler sürekli siyah çizgiler ile, yüzey kırığı oluşturmuş olduğu düşünülen faylar tirelerden oluşan siyah çizgiler ile, yüzey kırığı oluşturmuş olması şüpheli olan faylar ise noktalardan oluşan siyah çizgiler ile gösterilmiştir. (Ambraseys 1975, Soysal vd., 1981, Ambraseys ve Finkel 1987,1991, Guidoboni vd., 1994, Ambraseys ve White 1997, Ambraseys ve Jackson 1998, U.S. Geological Survey Circular 1193, Kropschot 2000 ve Ambrasyes 2002'den derlenmiştir: Şengör vd., 2005'den).....	42
<b>5.1</b> Anadolu'nun tektonik birlikleri (Ketin, 1966'dan yeniden çizilmiştir). .....	44
<b>5.2.</b> Çalışma alanı jeoloji haritası (Tokay (1973)'dan alınarak yeniden çizilmiştir).....	46
<b>5.3.a ve b.</b> Gerede-Bayramören arasında Tokay (1973) tarafından yapılan jeolojik kesitlere 2 örnek. Kırmızı renk ile gösterilen fay Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun aktif olan kolunu göstermektedir. ....	48
<b>5.4.</b> Hamamlı Mahallesi (Eskipazar) ve civarının jeoloji haritası ve KAFZ'a yaklaşık olarak dik alınan jeolojik kesit (Pınar (1977)'den alınarak yeniden çizilmiştir.).....	49
<b>5.5.</b> İsmetpaşa Havzası ve yakın çevresinin tektonik yapısını gösteren enine jeolojik kesit (Koçyiğit vd., 2005'den değiştirilerek yeniden çizilmiştir).....	50
<b>5.6</b> Afrika / Arabistan levhalarının çarpışması sonucu oluşan faylar kırmızı çizgiler ile ve GPS ölçümlerine göre (Reilinger vd., 2006) blokların Avrasya'ya göre hareket yönleri beyaz renkli oklar ile gösterilmiştir.....	51
<b>5.7.</b> 1944 Gerede ve 1951 Kurşunlu depremi yüzey kırığı ve Çerkeş-Kurşunlu havzasının jeolojisini gösterir harita (Pınar, 1953).....	58
<b>5.8.</b> 01.02.1944 Bolu ve 13.08.1951 Kurşunlu depremleri esnasında meydana gelen yüzey kırıkları, Bayramören-Gerede arasındaki kısım 01.02.1944'te, diğer parçalar 13.08.1951'de oluşmuştur (Ketin, 1969).....	59
<b>5.9.</b> 13 Ağustos 1951 Kurşunlu depremine ait odak mekanizması çözümleri (A-Özmen, 1999; B-Eyidoğan vd., 1991).....	60
<b>5.10.</b> Kuzey Anadolu Fay Zonunda 20. yy'da meydana gelen depremlere ait yüzey kırığı haritası (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988).....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>5.11.</b> Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Hubert Ferrari vd., (2002) tarafından Gerede Segmenti olarak adlandırılan kesimi. Gerede nehri vadisinde meydana gelen 65-95 km'lik sağ yanal yer değiştirme miktarını gösterir harita (Hubert Ferrari vd., 2002).....	67
<b>5.12.</b> Yaklaşık olarak çizilen Mengen ve Eskipazar arasında 1944 depremine ait yüzey kırığı (Ambraseys, 1970).....	68
<b>5.13.</b> 1944 Gerede depremine neden olan segmetleri gösterir harita (Kondo vd., 2005)....	69
<b>5.14.</b> 1944 Gerede depremi yüzey kırığı güzergahını gösterir harita (Ayhan ve Koçyiğit, 2010).....	70
<b>6.1.</b> Çalışma alanının Google Earth görüntüsü kullanılarak hazırlanan yer bulduru haritası. Harita üzerindeki G harfi Gerede'nin, B harfi ise Bayramören'in yerini işaret etmektedir. Mavi çizgi ile gösterilen faylar Emre vd., 2011 a ve b'den alınmıştır. ....	72
<b>6.2.</b> Bing Maps'den alınan Gerede ilçesi çevresinin uydu görüntüsü. Sarı ile çevrili akan uzamış sırtı, mavi işe çevrili alan belverme gölcüğünü, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgisel sarpılığı göstermektedir.....	73
<b>6.3.</b> Bing Maps'den alınan Çayörengüney Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Sarı ile çevrili alan uzamış sırtı kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği işaret etmektedir. ....	74
<b>6.4</b> Bing Maps'den alınan Afşartarakçı Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Mavi kesikli çizgi ile fy tarafından ötelenen dereyi, kırmızı oklar ise fayın oluşturduğu çizgiselliği işaret etmektedir.....	74
<b>6.5.</b> Bing Maps'den alınan Kapaklı Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. sarı çizgi ile çevrili olan alan bir basınç sırtını göstermektedir. Ana sırtın doğu ucunda da fay tarafından ötelenen sırt görülmektedir.....	75
<b>6.6.</b> Bing Maps'den alınan Semerciler Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Mavi çizgi ile gösterilen alan fay tarafından oluşturulan belverme gölcüklerini göstermektedir. ....	75
<b>6.7.</b> Bing Maps'den alınan Dere Soplan Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Kırmızı oklar fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir. ....	76

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>6.8</b> Bing Maps’den alınan Hamamlı Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Beyaz ok Hamamlı Mahallesi içerisinde krip hareketi sebebiyle deforme olan ahır, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir. ....	77
<b>6.9.</b> Bing Maps’den alınan Güvem Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Sarı kesikli çizgi ötelenen tarla sınırını, mavi çizgi ile gösterilen alan bir belverme gölcüğünü, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir. ....	77
<b>6.10.</b> Bing Maps’den alınan Kıran Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. mavi çizgi ile gösterilen alan bir belverme gölcüğünü, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir.....	78
<b>6.11.</b> Gerede’de fay üzerinde bulunan ve hasar gören yapılar. <b>a.</b> Stadyum ile Gerede Lisesi’nin bahçesi arasındaki duvarda görülen kırılma. Kırılmanın olduğu yerde duvar üzerindeki demir parmaklıklarda da yamulma görülmektedir. <b>b.</b> Kırmızı ok Devlet Hatanesi bahçe duvarında görülen deformasyonu işaret etmektedir. ....	80
<b>6.12.</b> Batıda Gerede den doğuya doğru KAFZ' nun aktif ana kolunun uzanımı. ....	81
<b>6.13.</b> Kapaklı ile Hamamlı arasında KAFZ'nun aktif ana kolunun uzanımı. ....	82
<b>6.14.</b> Kapaklı Köyü'nde fay zonu üzerinde bulunan bir evin duvarında gözlenen çatlaklar. ....	83
<b>6.15.</b> Semerciler Köyü güneybatısında bulunan tarlayı sınırlayan tahta çitte görülen sağ yanal yamulma .....	84
<b>6.16.</b> KAFZ üzerinde krip hareketinin ilk gözlendiği lokasyon (İsmetpaşa’daki asfalt istasyonunun duvarı). <b>a.</b> Duvarın genel görünümü, <b>b.</b> Duvarın kırılmış kısmının yakın görünümü.....	85
<b>6.17.a ve b.</b> İsmetpaşa’da, fay zonu üzerindeki evlerin temel betonlarında ve duvarında görülen çatlak ve deformasyonlar.....	85
<b>6.18.</b> İsmetpaşa’daki bir tarla sınırında gözlenen sağ yanal yamulma (sarı oklar sınırın aynı kenarını, kesikli kırmızı çizgi fayı göstermektedir).....	86
<b>6.19.a.</b> Hamamlı Köyü'nde fay zonu üzerinde yer alan ahırın duvarı, <b>b.</b> ahırın içinde bulunan hayvanların yemlerini yediği beton yapıda gözlenen sağ yanal yamulma. ....	86

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>6.20.</b> Hamamlı'nın yaklaşık 2 km doğrusunda tarla sınırında (sarı oklar) gözlenen sağ yanal yamulma, kesikli kırmızı çizgi fayı göstermektedir. ....	87
<b>6.21.</b> Hamamlı'nın 5 km doğusu ile Çaylı arasında KAFZ'nun aktif ana kolunun uzanımı. ....	89
<b>6.22.</b> Güvem ile Bayramören arasında KAFZ' nun aktif ana kolunun uzanımı. ....	90
<b>6.23.</b> Ahallar Köyü'nün yaklaşık 3 km kuzeydoğusunda fayın morfolojideki izi kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. ....	91
<b>6.24.a ve b</b> Kuzören Köyü mezarlığında fayın uzanımı <b>c.</b> Mezarlarda görülen rotasyon. Sarı çizgiler yaklaşık D-B yöneliminde olan eski mezarların, kırmızı çizgiler ise daha yeni olan ve K70-85°D arasında değişen mezar yönelimlerini işaret etmektedir. ....	92
<b>6.25.a.</b> Çaylı ile Güvem Köyleri arasında tarla sınırlarında görülen a. belverme gölcüğü b. sağ yanal yamulmalar. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. ....	93
<b>6.26.</b> İncegöz Köyü'nde fay zonu üzerinde bulunan bir bahçe duvarında kırılma.....	94
<b>6.27.</b> Örencik Köyü yakınlarında gözlenen sağ yanal yamulmalar. <b>a.</b> Köyün doğusunda, <b>b.</b> Köyün batısında (Sarı oklar sınırın aynı kenarını, kırmızı kesikli çizgiler fayı temsil etmektedir). ....	94
<b>6.28.</b> Kırın Köyü'nde fay uzanımı üzerindeki bir evin duvarındaki hasar. ....	95
<b>6.29.</b> Fatih - Yeni Mahalle'de fay zonu üzerine yapılmış bir bahçe duvarında gözlenen hasar.....	95
<b>6.30.</b> Gerede Bayramören arasında KAFZ boyunca haritalanan jeolojik birimlerin genel dağılımı ( KAF Atlası MTA, 2003). ....	97
<b>6.31.a.</b> Gerede Stadyumu ile Gerede Anadolu Lisesi arasında devamlı ölçülmekte olan duvar. <b>b.</b> Gerede İstasyonu çevresinde 1km <sup>2</sup> 'lik alana ait ayrıntılı jeoloji haritası.....	98
<b>6.32.</b> Afşartarakçı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. ....	99
<b>6.33.</b> Kapaklı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. ..	100

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.34. Semerciler istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.....	101
6.35. a. İsmetpaşa istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. b. İsmetpaşa'daki krip hareketine bağlı deformasyona maruz kalan İsmetpaşa Karayolları bakım istasyonu duvarı.....	103
6.36. İsmetpaşa istasyonu yakın güneyinde bulunan ofiyolitik kayalar.....	103
6.37. Hamamlı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.	104
6.38. Hamamlı ölçüm istasyonu en güneydeki direk. Sarı ok ofiyolitik melanj mostrasını göstermektedir.....	105
6.39. Hamamlı ölçüm istasyonu kuzeyinde görülen çakıltaş kumtaşı mostrası.....	105
6.40. Ahallar istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. ...	106
6.41. Ahallar istasyonunda fay uzanımının kuzey kesiminde yer alan direklerin bulunuşu andezitik - bazaltik kayalar.....	107
6.42. Çaylı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. ....	108
6.43. Fatih istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.....	109
6.44. Afşartarakçı Köyü'nün kuzeydoğusunda fayın uzanımı. Sarı oklar sağ yanal ötelenmiş dereyi ve ağaç sırasını, kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir. ....	111
6.45. Şekil 5.44'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili a. Ham veri, b. İşlenmiş veri. ....	111
6.46. Kapaklı Köyü'nün batısında fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgiler GPR profilinin yerini göstermektedir. ....	112
6.47. Şekil 5.46'da mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri. ....	112

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>6.48.</b> Semerciler Köyü'nün batısında fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.....	113
<b>6.49.</b> Şekil 5.48'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Tüm profilin ham verisi, b. Profilde fayın görüldüğü kısmın ham verisi, c. İşlenmiş veri.....	113
<b>6.50.</b> İsmetpaşa'nın batısında fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.....	114
<b>6.51.</b> Şekil 5.50'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri. ....	114
<b>6.52.</b> Hamamlı doğusunda fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.....	115
<b>6.53.</b> Şekil 5.52'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri. ....	115
<b>6.54.</b> Ahallar doğusunda fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir. ....	116
<b>6.55.</b> Şekil 5.54'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri. ....	116
<b>6.56.</b> Fatih Mahallesi'nin doğusunda fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.....	117
<b>6.57.</b> Şekil 5.58'de mavi oklar ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri b. İşlenmiş veri. ....	117
<b>7.1.</b> Krip takibi amacıyla fay zonu üzerine yerleştirilen direklerin kurulum aşamaları. ...	119
<b>7.2.</b> KAFZ'nun Gerede - Bayramören arasında kalan kesiminin genel uzanımı ve ölçüm lokasyonları .....	120
<b>7.3.</b> Ölçüm istasyonlarının genel görünümleri. Kırmızı oklar fayın uzanımını, sarı oklar direkleri gösterilmektedir. <b>a.</b> Afşartarakçı istasyonu, <b>b.</b> Kapaklı istasyonu, <b>c.</b> Semrciler istasyonu, <b>d.</b> İsmetpaşa istasyonu, <b>e.</b> Hamamlı istasyonu, <b>f.</b> Ahallar istasyonu, <b>g.</b> Çaylı istasyonu, <b>h.</b> Fatih istasyonu.....	122



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>8.1.</b> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi bünyesinde bulunan Optech Marka ILRIS HD+ER model yersel LİDAR cihazı.....	126
<b>8.2</b> Topcon Marka GPT 8005a model Total Station .....	127
<b>9.1. a.</b> Kapaklı istasyonundan alınan Mayıs 2013 ölçüm dönemine ait nokta bulutu görüntüsü, b. Aynı istasyonundan alınan Mart 2014 ölçüm dönemine ait nokta bulutu görüntüsü. ....	128
<b>9.2.</b> PolyWorks 12 programı ile yapılan karşılaştırma işleminin mantığı (kuş bakışı görüntüde). Yersel LIDAR ile alınan iki farklı ölçümün karşılaştırılma işleminde deformasyon olması halinde fay zonunun bir tarafında kalan yüzeylerin program yardımı ile çakıştırılmasından sonra yer değiştirme olması halinde diğer taraftaki direklerde bu hareket görülmektedir. Yer değiştirme kuşbakışında g rülen sarı ve yeşil renkli direkler arasında kalan mesafenin ölçülmesi ile elde edilir. ....	129
<b>9.3.</b> Bir istasyonda yersel LİDAR gerçekleştirilen, Mart 2014 (mavi) ve Eylül 2013 (kırmızı) ölçümlerinin kuş bakışı görüntüsü. ....	130
<b>9.4. a.</b> Eylül 2013- Mart 2014 ölçümlerinin Polyworks 12 yazılımı ile oluşturulan deformasyon haritasına göre, Şekil 7.3’ deki 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>b.</b> Şekil 7.3’ deki 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	131
<b>9.5. a.</b> Devamlı krip ölçümü yapılan bir duvardan alınan Mayıs 2013 ölçüm dönemine ait nokta bulutu plan görüntüsü. <b>b.</b> Aynı yapıya ait Mart 2014 ölçüm dönemine ait nokta bulutu plan görüntüsü. ....	132
<b>9.6.</b> Hata payı hesabı için aynı direktten art arda alınan 4 ölçümün üst üste giydirilmesi ile oluşan görüntü.....	133
<b>9.7.</b> İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Kasım 2013 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik. ....	134
<b>9.8.</b> İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Mart 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik.....	135
<b>9.9.</b> İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik. ....	136

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.10. İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Eylül 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik. ....	137
9.11. İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Aralık 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik. ....	138
9.12. İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Mayıs 2015 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik. ....	139
9.13. İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Eylül 2015 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik. ....	140
10.1.a. Bir istasyondan Total-Station ölçümü. Sarı oklar beton direkleri göstermektedir. b. beton direklerin Total Station ile alınmış koordinatları (P1 noktası Total Station'ın kurulduğu yeri, P2,P3,P4 ve P5 noktaları beton direkleri göstermektedir). ....	142
10.2. Bir istasyonda iki farklı dönemde alınan ölçümlerin Golden Software Surferr programında karşılaştırılması. Şekilde iki farklı dönemde alınan P2 ve P3 noktalarının üst üste çakıştığı, P4 ve P5 noktalarında ölçülen yer değiştirme görülmektedir. Tüm ölçümlerde yer değiştirme miktarı faya yaklaşık olarak paralel uzanan, şekilde sarı renk ile gösterilen doğrunun ölçülmesi ile elde edilmiştir. ....	144
11.1. Gerede – Bayramören arasında bulunan istasyonlarda elde edilen yerdeğiştirme miktarlarının zamana göre değişimi. Grafiklerde boş görülen zaman aralıklarında Çizelge 9.1 'de verilen koşullar sebebiyle ölçüm alınamamıştır. ....	153
11.2. Gerede-Bayramören arasında istasyonlarda elde edilen LIDAR ölçüm sonuçlarına ait grafik. ....	155
11.3. Gözlem istasyonlarının ve 2 Mayıs 2015 depremlerinin merkez üssü konumlarını gösteren harita ve krip hızı değişimlerine ait grafikler. Deprem merkez üssüne yakın olan gözlem istasyonlarına ait grafiklere deprem oluş tarihi kırmızı oklar ile işaretlenmiştir. ....	157
11.4. İsmetpaşa Duvar istasyonunda günümüze kadar yapılan çalışmalar ile elde edilen krip hareketi miktarları. ....	159

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>11.5.</b> Çalışma alanında meydana gelen depremler, krip hızındaki değişim ve bölge jeolojisinin karşılaştırılması.....	162
<b>A.1.</b> Mart 2014’de Gerede stadyum duvarının görünümü. ....	190
<b>A.2.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Elde edilen yer değiştirme miktarı yeşil oklar ile gösterilen kısımdan elde edilmiştir <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> ii- 1 numaralı direğin yakından görünümü. ....	191
.....	191
<b>A.3. a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü. ....	192
<b>A.4.a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü. ....	193
<b>A.5.a.</b> İsmetpaşa istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Yer değiştirme miktarı yeşil oklar ile gösterilen kısımdan elde edilmiştir. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü.....	194
<b>A.6.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2013- Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>a.</b> Duvarın kuş bakışı görünümü <b>b.</b> Duvarın yandan görünümü. ....	195
<b>A.7.a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Yer değiştirme miktarı yeşil oklar ile gösterilen kısımdan elde edilmiştir. <b>b.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü.....	196
<b>A.8.</b> Hamamlı' daki ahır duvarında yapılan Mayıs 2013- Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	197
<b>B.1.a.</b> Gerede Stadyum duvarı <b>b.</b> Mayıs 2013ile Temmuz 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, <b>b ve c.</b> Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin	

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Sekil

### Sayfa

üstten ve yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.....	199
<b>B.2. a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	199
<b>B.3. a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	200
<b>B.4. a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	201
<b>B.5. a.</b> İsmetpaşa istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması <b>b.1</b> numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	202
<b>B.6 a.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, <b>b.</b> bu duvarda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Pembe ok duvarda meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	203
<b>B.7 a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	204
<b>B.8 a.</b> Hamamlı Köyü içerisinde ölçüm yapılan duvar. <b>b.</b> Ölçülen duvarın Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 tarihindeki ölçümlerinin üst üste giydirilmesi ile elde edilen görüntü. <b>c.</b> Duvarın yakından görünümü. Pembe ok duvarda görülen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	205
<b>B.9.a.</b> Ahallar istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin	

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	206
<b>B.10.a.</b> Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	207
<b>B.11.</b> Temmuz 2014’de ekinler ile örtülmüş olan Fatih ölçüm istasyonu.....	208
<b>C.1 a.</b> Gerede Stadyum duvarı genel görünümü, <b>b.</b> Mayıs 2013 ve Eylül 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, <b>c.</b> Duvarda görülen yer değiştirme miktarının yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.....	209
<b>C.2.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	210
<b>C.3.a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	211
<b>C.4.a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü .....	212
<b>C.5. a.</b> İsmetpaşa istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması <b>b.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	213
<b>C.6 a.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, bu duvarda yapılan Mayıs 2013- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması, <b>b.</b> duvarın tamamı, <b>c.</b> duvarda kırığın olduğu bölgenin yakından görünümü. Kırmızı çizgi fayı, pembe ok ise duvar üzerinde görülen yer değiştirme miktarını işaret etmektedir.....	214

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Sekil

### Sayfa

<b>C.7.a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3s numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	215
<b>C.8. a.</b> Ahallar istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	216
<b>C.9 a.</b> Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	217
<b>C.10. a.</b> Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	218
<b>D.1.a.</b> Gerede Stadyum duvarı genel görünümü, <b>b.</b> Aralık 2014- Eylül 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, <b>c.</b> Duvarın yakından görünümü. ....	219
<b>D.2.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. ....	220
<b>D.3. a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	221
<b>D.4. a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	222
<b>D.5.</b> İsmetpaşa istasyonunda Aralık 2014 (Yeşil renk ile gösterilen ölçüm) ve Eylül 2014 (mavi renk ile gösterilen ölçüm) de yapılan ölçümlerin üst üste giydirilmiş şeklinde hasar gören direk kırmızı kare içerisinde görülmektedir. ....	223

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>D.6. a.</b> İsmetpaşa istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	224
<b>D.7. a.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, bu duvarda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması, <b>b.</b> duvarın genel uzanımını, <b>c.</b> duvarda kırığın olduğu bölgenin yakından görünümü. Kırmızı çizgi fayı işaret etmektedir. ....	225
<b>D.8. a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	226
<b>D.9. a.</b> Ahallar istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	227
<b>D.10. a.</b> Çaylı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	228
<b>D.11. a.</b> Fatih istasyonunda yapılan Eylül 2014 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	229
<b>E.1. a.</b> Gerede Stadyum duvarı <b>b.</b> Aralık 2014 ve Temmuz 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten görünümü <b>c.</b> Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin yandan görünümü. ....	230
<b>E.2. a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	231
<b>E.3.a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Aralık 2014-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	232

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Sekil

### Sayfa

<b>E.4.a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. ....	233
<b>E.5.a.</b> İsmetpaşa istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> Duvarın yandan örünümü, <b>c.</b> Duvarın üstten görünümü. ....	234
<b>E.6. a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin Temmuz 2014'deki ölçümü sonucunda elde edilen görüntüsü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin Temmuz 2014'deki ölçümü sonucunda elde edilen görüntüsü. ....	235
<b>E.7.a..</b> Ahallar istasyonunda yapılan Temmuz 2014 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.1</b> numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	236
<b>E.8.a.</b> Temmuz 2014'de alınan ölçümlerde 2 numaralı direğin yakından görünümü <b>b.</b> Temmuz 2014'de alınan ölçümlerde 1numaralı direğin yakından görünümü. ....	237
<b>F.1 a.</b> Gerede Stadyum duvarı <b>b.</b> Aralık 2014 ile Mayıs 2013 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, <b>c.</b> Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten ve yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	238
<b>F.2.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	239
<b>F.3.a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	240



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Sekil

### Sayfa

- F.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 241
- F.5.a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması **b.** Tüm direklerin Mayıs 2013 ile Aralık 2014 tarihli ölçümlerin üst üste giydirilmiş hali, **c.** Hasara maruz kalmış olan 1 ve 2 numaralı direklerin yakından görünümü. .... 242
- F.6. a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, **b.** bu duvarda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. Pembe ok duvarda meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 243
- F.7.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 244
- F.8.a.** Ahallar istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.1** numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 245
- F.9.a.** Çaylı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. .... 246
- F.10. a.** Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 –Aralık 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 247
- G.1. a.** Gerede Stadyum duvarı **b.** Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **c.** Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten ve

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	248
<b>G.2.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	249
<b>G.3.a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	250
<b>G.4.a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	251
<b>G.5.</b> Mayıs 2015’de İsmetpaşa istasyonunda ölçüm direklerinin bulunduğu alan. Sarı ok ağustıs 2014’de tamir edilen direği,kırmızı ok ise yıkılan ikinci direği göstermektedir. ....	252
<b>G.6.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	253
<b>G.7.a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	254
<b>G.8.a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	255

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>G.9.</b> Mayıs 2015’de İsmetpaşa istasyonunda ölçüm direklerinin bulunduğu alan. Sarı ok ağustıs 2014’de tamir edilen direği,kırmızı ok ise yıkılan ikinci direği göstermektedir. ....	256
<b>G.10. a.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, <b>b.</b> bu duvarda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. Duvarın üstten görünüşü. <b>c.</b> Duvarın yandan görünüşü. Pembe ok duvarda meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	257
<b>G.11.a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 – Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	258
<b>G.12.</b> Hamamlı’da periyodik ölçüm yapılan ahır duvarı ve ölçümü engelleyen saman balyaları fotoğrafta görölmektedir. ....	259
<b>G.13.a.</b> Ahallar istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	260
<b>G.14.a.</b> Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. ....	261
<b>G.15. a.</b> Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Aralık 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	262
<b>H.1. a.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, <b>b.</b> bu duvarda yapılan Mayıs 2015 ile Haziran 2007 ölçümlerinin karşılaştırılması. ....	264
<b>I.1.a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 1 numaralı direğin	

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Sekil

### Sayfa

yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	265
<b>İ.2. a.</b> Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü. ....	266
<b>İ.1.a.</b> Gerede Stadyum duvarı genel görünümü, <b>b.</b> Mayıs 2013 ve Eylül 2015 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, <b>c.</b> Duvarda görülen yer değiştirme miktarının yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.....	267
<b>İ.2.a.</b> Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	268
<b>İ.3. a.</b> Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 3 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	269
<b>İ.4.a.</b> Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü. ....	270
<b>İ.5. a.</b> İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı,bu duvarda yapılan Mayıs 2013- Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması, <b>b.</b> duvarın tamamının yandan görünümü, <b>c.</b> duvarda kırığın olduğu bölgenin yakından görünümü. Kırmızı çizgi fayı, işaret etmektedir. ....	271
<b>İ.6.a.</b> Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. <b>b.</b> 4 numaralı direğin yakından görünümü, <b>c.</b> 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. ....	272

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)****Sekil****Sayfa**

- İ.7. a.** Ahallar istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 273
- İ.8.a.** Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 3 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü. .... 274
- İ.9. a.** Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir. .... 275

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Cizelge

### Sayfa

<b>5.1.</b> Tarihsel Deprem Kataloglarından elde edilen veriler ile KAFZ boyunca Gerede Bayramören arası ve yakın çevresinde meydana gelen tarihsel depremler .....	53
<b>6.1.</b> Çalışma alanında yapılan GPR ölçüm profillerine ait özellikler.....	110
<b>7.1</b> Tez çalışması kapsamında yapılan LİDAR ve Total Station ölçümleri (Mavi renk ile olan işaretler LİDAR ölçümlerini, turuncu renk ile işaretli olanlar ise Total-Station ölçümlerini göstermektedir). .....	124
<b>10.1</b> Total-Station cihazı ile ölçülen beton direklerin farklı dönemlerdeki metrik koordinatları. ....	146
Bu koordinatlar kullanılarak ve yukarıda anlatıldığı gibi Pisagor teoremi yardımı ile her istasyon için ayrı ayrı yer değiştirme miktarları hesaplanmıştır. Çizelge 8.2 yapılan hesaplar sonucunda meydana gelen yerdeğiştirme ölçülerini içermektedir. ....	146
<b>10.2</b> Yeni kurulan istasyonlarda meydana gelen yerdeğiştirme miktarları. ....	147
<b>11.1.</b> Tez kapsamında her bir istasyonda elde edilen ölçüm sonuçları. Ölçüm sonuçlarının alınmadığı tarihlerde ölçümün alınamayıp sebebi aşağıda verilmektedir.....	152

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

DAFZ

EDM

ERS1-2

ESA

GPR

GPS

InSAR

KAFZ

LIDAR

M

MTA

ÖDFZ

PSI InSAR

SAFZ

SRTM DEM

USGS

### Açıklama

Doğu Anadolu Fay Zonu

Electroptical Distance Meter, Elektroptikal mesafe ölçer

European Remote-Sensing Satellite 1-2,  
Avrupa Uzaktan Algılama Uydusu 1-2  
European Space Agency, Avrupa Uzay  
Ajansı

Ground Penetrating Radar

Global Positioning System, Global  
konumlandırma sistemiSynthetic Aperture Radar Interferometry,  
Yapay (Sentetik) Açıklık Radar  
Interferometrisi)

Kuzey Anadolü Fay Zonu

Light Detection and Ranging

Magnitude, Büyüklük

Maden Tetkik Arama Kurumu

Ölü Deniz Fay Zonu

Persistent Scatterer Synthetic Aperture  
Radar Interferometry

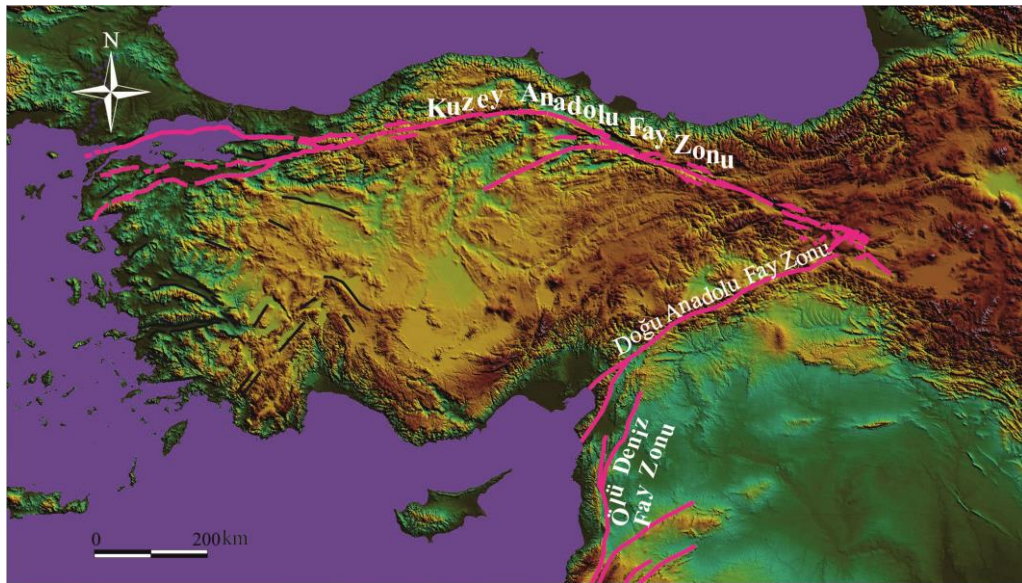
San Andreas Fay Zonu

Shuttle Radar Topography Mission Digital  
Elevation Model

U.S. Geological Survey

## 1.GİRİŞ

İnsanoğlu, yaşadığı çevrede değişik boyutlarda doğal olaylarla karşı karşıya bulunmaktadır. Kökeni yerin içine ( rneğin deprem, volkanik patlama) ve dışına ( rneğin sel, çığ, fırtına) bağlı olan doğal olayların vereceği zararlara karşı önem alabilmek için olayların boyutlarının ve tekrarlanma aralıklarının bilinmesi önem kazanmaktadır. Ülkemizin içinde bulunduğu bölgedeki doğal tehlikelerin başında depremler gelmektedir. Bölgede meydana gelen büyük depremlerin kaynakları Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ),  l  Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ve Ege Bölgesi'ndeki önemli fay zonlarıdır (Şekil 1.1). Bir bölgedeki deprem tehlikesini sağlıklı bir Şekilde ortaya koyabilmek için deprem(ler)e kaynaklık eden aktif fay(lar)ın özelliklerinin ve mümkün olan en uzun süre içindeki davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu tür araştırmalar yapılırken klasik jeolojik çalışmaların yanında (arazide gözlem, harita yapılması, rölatif yaş tayini vb.) teknolojinin ilerlemesine paralel olarak teknolojik gelişmelerden de (GPS, yaşlandırma, InSAR vb) yararlanılmaktadır. Böylece farklı kaynaklardan elde edilen veri ve sonuçlar doğal olayları ve sonuçlarını daha iyi anlamaya olanak sağlamaktadır.

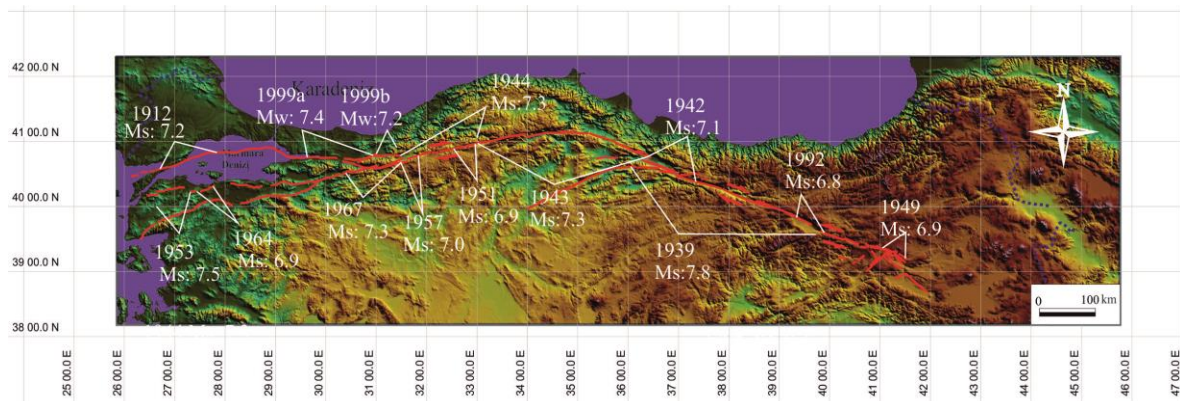


**Şekil 1.1.**  lkemizde yer alan belli başlı fay zonları (SRTM DEM verileri kullanılmıştır) (Şaroğlu vd.,1992; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2011a ve b; Meghraoui vd. 2012).



## 1.1 Çalışmanın Amacı

Ülkemizin en önemli aktif tektonik yapılarından biri olan KAFZ, doğuda Karlıova ile batıda Saroz Körfezi arasında Karadeniz kıyısına az çok paralel olarak uzanmaktadır (Şekil 1.1). KAFZ üzerinde 20.yy da meydana gelen büyük depremler sırasında fay zonunun büyük bir kısmı kırılmıştır (Şekil 1.2). KAFZ üzerinde yüzey kırığı oluşturan son büyük depremler 1999 İzmit (M=7.4) ve Düzce (M=7.2) depremleridir. Depremlerde meydana gelen maksimum yer değiştirme miktarları (co-seismic slip) 5 m yi bulmaktadır. GPS çalışmaları (örneğin Ergintav vd. 2006), kırılan faylar üzerinde deformasyonun (post-seismic slip) depremlerden sonra da azalarak devam ettiğini ve yaklaşık 10 yıl sonra deformasyonun tamamen sona erdiğini ve fayların kilitletiğini göstermektedir.



**Şekil 1.2.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda 20. yy'da meydana gelen depremler, büyüklükleri ve yüzey kırıkları (Şaroğlu vd., 1987; 1992; Eyidoğan vd., 1991; Barka, 1996; Barka vd., 2000a; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2011a,b; Meghraoui vd. 2012).

KAFZ üzerinde 1944 yılında meydana gelen Gerede depreminde (M= 7. 4), fayın batıda Bolu Havzası ile doğuda Bayramören arasındaki kısmı kırılmıştır (Şekil 1.3). 1944 depremi sırasında fay zonu üzerinde maksimum 6.8 m yer değiştirme meydana gelmiştir (Koçyiğit vd., 2005). 1944 depreminin yüzey kırığı üzerinde yer alan İsmetpaşa'da 1957 yılında fay üzerinde inşa edilen bir duvarın kırıldığı dikkat çekmiştir (Ambraseys 1970). Duvarda fark edilen bu kırık Ambraseys (1970) tarafından asismik kripi olarak yorumlanmış ve o tarihten itibaren yakından izlenmeye başlanmıştır. Başlangıçta metre ile ölçüm yapılarak takibe başlanan duvardaki kırılma, teknolojik aletlerin gelişmesine paralel olarak değişik yöntemlerle (kripi metre, triangulasyon, trilaterasyon, GPS, InSAR) izlenmeye başlanmış ve kırılmanın sürekli olduğu ileri sürülmüştür. Bugüne kadar kripi

takip etmeye yönelik yapılan çalışmalarda ya noktasal ölçümler yapılmış (metre, kripmetre) ya da alansal ölçümler (GPS, triangulasyon, trilaterasyon, InSAR) yapılmıştır. Noktasal ölçümler kripin fay boyunca devam edip etmediğini ortaya koymak için yeterli değildir. Alansal çalışmaların modellenmesi, kripin derinlerde fay zonu boyunca devam ettiğini ortaya koymaktadır ancak yüzeyde kripin varlığına ait somut veri sunmamaktadır. Ayrıca, mevcut veriler kripin davranışını (hareket zaman içinde sürekli mi yoksa belirli aralıklarla mı gerçekleşiyor) ortaya koymakta yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, son zamanlarda aktif tektonik çalışmalarda kullanılmaya başlanan LİDAR teknolojisini kullanarak 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde İsmetpaşa'da gerçekleşen ve krip olarak yorumlanan deformasyonun İsmetpaşa dışında fay zonu boyunca başka yerlerde de gerçekleşip gerçekleşmediğini ortaya koymaktır. Ayrıca, deformasyonun zaman içindeki davranışının ortaya konması hedeflenmektedir, yani deformasyon zaman içinde sürekli mi olmakta yoksa belirli aralıklarla mı gerçekleşmektedir sorusuna cevap aranması amaçlanmıştır.



**Şekil 1.3.** KAFZ 1944 Depremi yüzey kırığı haritası (Ambraseys 1970'den alınıp, Google Earth görüntüsü altlık olarak kullanılarak yeniden çizilmiştir).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesiminde krip hareketinin ne kadar etkili olduğunun ortaya konulması amacıyla yönelik izlenen yol aşağıda sırasıyla verilmiştir.

-1944 Bolu-Gerede depremi yüzey kırığının oluşturduğu zayıf zon üzerinde jeomorfolojik incelemeler yapılmış, fay zonu haritalanmıştır.

- Çalışma alanını içerisine alan bir kilometrekarelik alanların jeolojik haritaları yapılmıştır.  
- İncelenen zon üzerinde Yeraltı Radarı (GPR; Ground Penetrating Radar) çalışmaları yapılarak fay zonunun en dar olduğu kesimler belirlenmiştir.

-Jeolojik, jeomorfolojik ve jeofizik olarak uygun olduğu tespit edilen lokasyonlara krip gözlem istasyonları kurulmuştur ve istasyonlarda periyodik jeodezik ölçümler alınmıştır.

-Alınan ölçümler sayısal ortamda Polyworks 12 Yazılımı ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Aşama aşama gerçekleştirilen bu çalışmalar aşağıda daha ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

### 2.1 Fay Zonu Morfolojisi

Tez çalışması kapsamında yapılan jeomorfolojik gözlemler 2 farklı bakış açısı ile yapılmıştır. Bir yandan fay zonu tarafından oluşturulan morfoloji adım adım takip edilerek fay zonu haritalanmış, diğer yandan fay zonu üzerinde kurulmuş olan yerleşim yerlerindeki yapılar incelenerek fay tarafından yapılmış olabileceği düşünülen hasarlar tespit edilmiştir. Fay Zonu üzerinde kurulmuş olan İsmetpaşa ve Hamamlı yerleşim yerlerinde bulunan ve bölgedeki krip hareketi ile deforme olmakta olan duvarların yanısıra fay uzanımının tam üzerinde olan başka duvarlar ve fay zonunun oluşturduğu diğer morfolojik belirteçler tez çalışma süreci içerisinde devamlı izlenmiştir.

### 2.2 Fay Zonu Jeolojisi

Yeni krip gözlem istasyonlarının, gevşek alüvyal zeminlerin krip hareketini muhtemel sönmüleyici ya da güçlendirici etkilerinden kaçınmak amacıyla olabildiğince

gevşek zeminlerden uzak olacak şekilde kurulması planlanmıştır. Bu amaçla Herece ve Akay tarafından (2003) yapılan Kuzey Anadolu Fayı Atlası'ndan yararlanılarak fay zonu boyunca jeoloji haritası ayrıntılandırılmış ve güncellenmiştir. Ayrıca periyodik olarak ölçülmesi kararlaştırılan 3 adet duvarın (Okul bahçe duvarı, Karayolları bakım istasyonu duvarı ve bir ahır duvarı) bulunduğu bölgelerde de hangi jeolojik birimlerin olduğu tespit edilmiştir.

### **2.3 GPR Çalışmaları**

Geçmişte yapılan çalışmalarda izlenen Hamamlı ve İsmetpaşa'da bulunan duvarlar bu tez çalışması kapsamında da izlenmeye devam edilmiştir. Gevşek zemin üzerinde konumlanmış olan duvarların bulunduğu Hamamlı ve İsmetpaşa lokasyonlarında fay zonu genişliğinin duvarların kırılan kısmının dışında da devam edip etmediğinin anlaşılması amacıyla Yeraltı Radarı (GPR) ile profiller alınmıştır. Böylece deformasyon zonunun genişliği ve gevşek zeminin kalınlığı belirlenmiştir.

KAFZ üzerinde, krip hareketi sebebiyle hasar gören mevcut duvarların bulunduğu lokasyonlar dışında kurulması planlanan istasyonların bulunduğu lokasyonlarda deformasyon zonunun genişliğinin ve gevşek zeminin kalınlığının belirlenmesi amacıyla yeraltı radarı (GPR) ile profiller alınmıştır. Yanal yer değiştirmeyi en doğru şekilde yansıtabilmesi açısından ölçüm noktalarının yerel fay doğrultusuna dik olması gerektiği için fayın tam doğrultusu da GPR çalışmaları ile belirlenmiştir (Şekil 2.1). Böylece jeolojik, jeomorfolojik bakış açısı ile tespit edilen yeni gözlem istasyonlarının yerleri jeofizik çalışmalar ile kesinleştirilmiştir.





**Şekil 2.2.** Gözlem istasyonlarının kurulumunda kullanılan düzgün yüzeyli beton direkler

## 2.5. Verilerin Toplanması

Yukarıda belirtilen jeomorfolojik, jeofizik ve jeolojik çalışmalar tamamlandıktan sonra tez dönemi süresince Gerede, İsmetpaşa ve Hamamlı'da bulunan duvarlardan ve kurulan 8 istasyondan ölçümler yapılmıştır. Başlangıçta 6 aylık bir periyot ile sürdürülmesi planlanan ölçümler, aynı alanda InSAR yöntemi ile krip hareketi üzerine çalışmakta olan araştırmacıların (Doç. Dr. Ziyadin Çakır ile sözlü görüşme) kripin bazı dönemlerde durağanlaştığı, bazı dönemlerde ise arttığı düşüncesi doğrultusunda sıklaştırılarak 3 aylık periyotlara düşürülmüştür. Ölçümler sırasıyla şu dönemlerde gerçekleştirilmiştir; Mayıs 2013, Kasım 2013, Mart 2014, Temmuz 2014, Eylül 2014, Aralık 2014, Mayıs 2015, Eylül 2015.

Krip hareketinin gösterdiği dönemsel değişimleri anlayabilmek için kısaltılan 3 aylık periyotlar ile dönemsel deformasyonları yakalamak mümkün olmayabilir. Dönemsel ölçümler öncekilerle karşılaştırıldığında bir anlam ifade etmeyebilir. Örneğin, başlangıçta yapılan ölçüm ile 2. ölçüm (3 ay sonra gerçekleştirilen ölçüm) arasında bir fark yakalamak mümkün olmayabilir. Ancak, 3. veya daha sonraki ölçümler ile ilk ölçüm karşılaştırıldığında anlamlı bir fark elde etmek mümkün olabilir. Bölgedeki yıllık krip hızını anlamak için ölçümün yılda bir defa (12 ayda bir ölçüm) yapılması bir yıllık toplam farkı verir ancak izleme ve hareketin doğasının anlaşılması için yeterli olmaz. Örneğin, iki ölçüm arasında herhangi bir zamanda (1 – 12 ay arasında) hızda değişikliğe neden olabilecek bir faktör devreye girerse (örneğin krip alanını etkileyecek orta büyüklükte bir depremin meydana gelmesi ya da aşırı yağış gibi) 12 aylık periyotlarla yapılan seyrek ölçümler ile bu faktörlerin krip hareketine etkisinin olup olmadığını anlamak daha zor olacaktır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında yapılan ölçümler 3 aylık periyotlar ile tekrarlanmıştır.

Mayıs 2013 tarihinden sonra direklerin yerleştirilmesi ile düzenli hale gelen bu ölçümlerin yanı sıra 2007 ile 2009 yılları arasında yürütülmüş olan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nin finanse ettiği "200615036" no'lu BAP (Bilimsel Araştırma Projesi) projesi ile İsmetpaşa ve Hamamlı'da bulunan duvarlar LIDAR sistemi ile ölçülmüştür. Verilerin değerlendirilmesi kısmında sözü geçen proje kapsamında alınan ölçümler de bu tez kapsamında alınan ölçümler ile karşılaştırılmıştır.

## 2.6. Verilerin İşlenmesi

Aktif bir uzaktan algılama sistemi olan yersel LİDAR, geleneksel ölçme tekniklerine alternatif bir yöntemdir ve sensör teknolojisindeki hızlı gelişme ile günümüzde santimetrenin de altında çözünürlükte dijital modelleme yapılmasına olanak sağlamaktadır (Optech, 2006). Bu özelliğiyle mühendislik çalışmaları, tarihi ve kent alanlarının 3B modellenmesi ve madencilik çalışmaları gibi pek çok alanda, geometrik verilerin elde edilmesinde yersel LİDAR sistemi önemli bir yöntem haline gelmiştir (Ekercin ve Üstün 2004). Özellikle deformasyon analizindeki hassas veri sağlama özelliği yüzey topoğrafyasının çok detaylı ölçümünün yapılması gereken durumlarda yer bilimleri disiplinlerinde giderek daha yaygın şekilde kullanılmasının önünü açmıştır (Bawden vd. 2004, Bellian vd. 2005, Janson vd. 2007, Bonnaffe vd. 2007, Altunel vd. 2009). Fizyografik özelliklerin daha yüksek hassasiyette ve istenilen yoğunlukta belirlenmesi amacıyla LİDAR sistemi son zamanlarda aktif tektonik çalışmalarda da kullanılmış ve çok iyi sonuçlar alınmıştır (Ekercin ve Üstün 2004, Kayen 2004, Niemi vd. 2004, Nagihara 2006, Karabacak vd. 2008). Son zamanlardaki çalışmalarda sistemin kolay kurulum, sürdürülebilir ölçüm ve kısa zamanda ürettiği milimetre hassasiyetindeki veriler ile krip hareketinin izlenmesinde de etkin olarak kullanılabilirliği, sağladığı tutarlı sonuçlarla ortaya konulmuştur (Karabacak vd. 2011).

LİDAR cihazı lazer tarama yaptığı için hata payı sıfır denecek kadar azdır. Bununla birlikte ölçümlerdeki hata oranı taranan yüzeyin pürüzlülüğüne ve tarama çözünürlüğüne göre değişir. Örneğin, pürüzsüz bir yüzeyde 3 cm çözünürlükle tarama yapıldığında hata payı sıfıra yakın iken pürüzlü yüzeyde 3 cm çözünürlükle tarama yapılırsa hata payı birkaç mm olmaktadır. Bu çalışmada taranan yüzeyler pürüzsüz bir yüzey elde etmek amacıyla özel bir boya ile boyanmıştır ve tarama çözünürlüğü de 5 mm olarak seçilmiştir. Mayıs 2013 sonrasında alınan bütün ölçümlerde aynı çözünürlükle taramalar yapılmıştır. Tez dönemi içerisinde alınan ölçümlerde kullanılan hata payı miktarı devamlı ölçüm yapılan direklerden birinin aynı gün içerisinde farklı açılar ile 4 defa taranması ve verilerin üst üste giydirilmesi sonucunda elde edilmiştir. LİDAR sistemi lazer ışınlarını kullanan bir sistem olmasından dolayı, çevre ışık miktarı (gün ve gece gibi) ve basit atmosferik şartlar (sis gibi) ölçüm kalitesine etki etmemektedir.



Yapılan ölçümler ile elde edilen koordinatlı nokta bulutu verileri, ilk dönem ölçümleri ve 2007-2009 yılları arasında alınan ölçümlerle karşılaştırılarak tüm ölçüm alanlarında dönemsel ve yıllık deformasyonlar ortaya konulmuştur. Ölçümler, KAFZ üzerinde gözlenen krip hareketinin fayın ne kadarlık kısmında etkili olduğunu ve karakterini hassas şekilde ortaya koymuştur. Sonuçlar fay zonunun deprenselliğinin değerlendirilmesi aşamasında önemli katkılar sağlamıştır.

LIDAR verilerinin deneştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen Total-Station ölçümlerinden ise istenen hassasiyette veri elde edilememiştir. Cihazdan elde edilen veriler ancak cm mertebesinde hassasiyete sahiptir.

### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kayaçların yenilme süreçleri ve tektonik hareketler karşısındaki davranışlarının irdelenmesi açısından krip hareketi önem taşıyan konulardan biridir.

Krip; mühendislik jeolojisi açısından bakıldığında akma hareketi olarak nitelendirilen bir tür serbest yüzeyli kütle hareketidir (Canik, 1997). Bir başka deyiş ile yeryüzündeki bir yamacın/şevin yüzeysel kısmının yerçekiminin etkisi ile yavaş fakat sürekli olarak yer değiştirmesi sürecinde meydana gelen harekettir. Krip yeraltı suyunun varlığı, mevsimsel yağış değişimleri, sismisite, yamaç eğimi, malzeme tipi, malzemenin ayrışma derecesi gibi etmenlerden etkilenir. Krip hareketine mühendislik jeolojisi açısından bakıldığında akan malzemenin cinsine göre toprak, moloz ve kaya tipi krip hareketlerinden söz edilir (Canik, 1997; Carpenter vd., 2011).

Krip hareketi yapısal jeoloji açısından incelendiğinde ise fay zonları üzerinde meydana gelen asismik bir harekettir (Steinbrugge, 1957; Ambraseys,1970). Bu tez kapsamında KAFZ Gerede-Bayramören arasında görülen tektonik kökenli krip hareketi incelenmiştir. Tez çalışma alanındaki hareketin mühendislik jeolojisi bakış açısıyla değerlendirilebilecek olan kütle yenilme süreçleri ile ilişkisi bulunmamaktadır.

#### 3.1 Asismik Krip'in Tanımı

Aktif fay zonlarını oluşturan fay parçaları belirli bir derinlikte kilitli olduğu zaman, üzerlerinde biriken enerji depremlerle açığa çıkmaktadır. Bazen fay parçaları üzerinde deprem olmaksızın “asismik yüzey kripti” olarak adlandırılan kayma hareketi gerçekleşmektedir (Steinbrugge, 1957). Bu durumda fay zonlarının krip görülen kesimlerinde enerji serbest bir şekilde yani deprem dalgaları üretmeksizin açığa çıkmaktadır (Ambraseys 1970). Krip hareketinin oluş nedeninin plaka hareketleri olduğu bilinmektedir bunun yanısıra ortamın litolojisinin de krip üzerine olan etkileri hakkında farklı görüşler mevcuttur (Carpenter vd. 2011). Tektonik kökenli bu hareket çeşitli hız ve derinlik ölçülerinde meydana gelmektedir. Krip hızının uzun dönem plaka hızına eşit olması durumunda fayın üzerinde deprem oluşturacak enerji birikmemektedir (Burtford ve

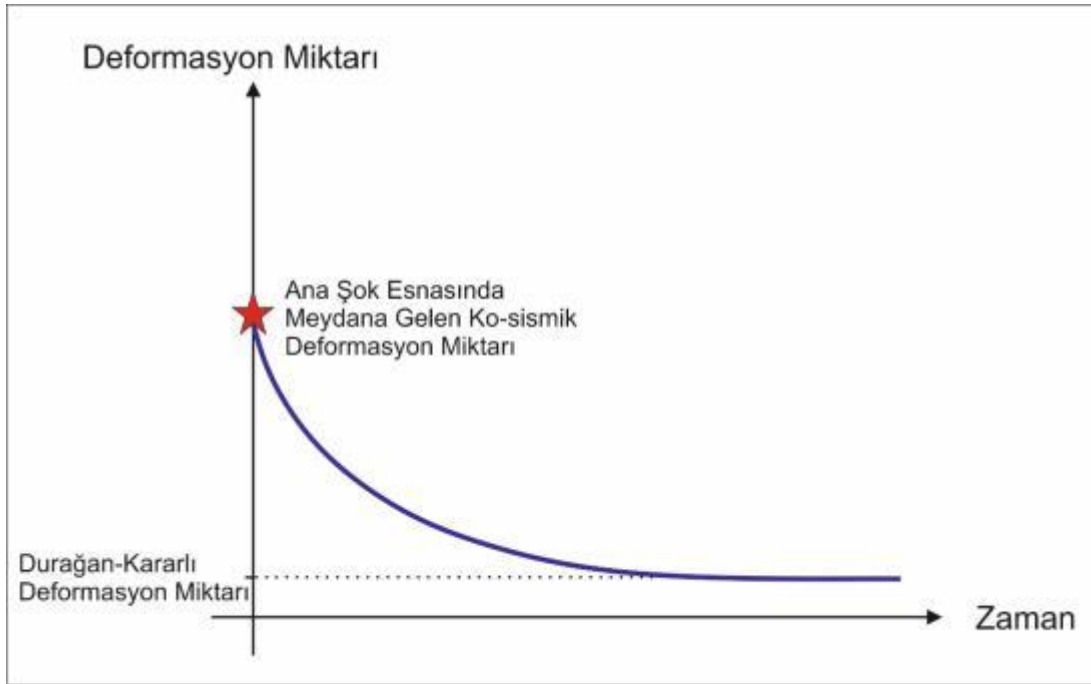
Harsh, 1980, Thatcher, 1979). Bu durumda yeryüzünde sürekli olarak meydana gelen krip (kayma-akma) hareketinin oluşturacağı deformasyonlar gözlenir. Ülkemizde krip hareketinin bu denli hızlı olduğu bir fay mevcut bilgiler dahilinde bulunmamakla birlikte San Andreas Fay Zonu'nun (SAFZ) orta kesimi bu duruma verilecek en güzel örneği teşkil etmektedir.

Bazı durumlarda ise yüzeyde görülen krip, sığ derinliklerde sonlanmakta veya fayın her iki tarafındaki jeolojik kayma hızından daha düşük olmaktadır. Bu durumda faylar üzerinde deprem olma tehlikesi halen devam etmektedir (Lienkaemper ve Williams, 1999, Schimdt vd., 2005). Oluşacak olan depremin büyüklüğü ve tekrarlanma aralığı fay üzerinde biriken enerjinin ne kadarının krip ile açığa çıktığına bağlı olarak değişmektedir. Krip hareketi ile enerjisinin bir kısmını boşaltan faylar üzerinde meydana gelen depremler, üzerinde krip olmayan faylarda meydana gelen depremlere oranla daha küçük veya daha uzun tekrarlanma aralığına sahip olabilmektedir. Üzerinde hem krip hareketinin hem de depremlerin meydana geldiği faylara KAFZ'nun İsmetpaşa yerleşim yeri ve yakın çevresi , (Ambraseys, 1970, Aytun 1982, Eren 1984, Deniz vd., 1993, Çakırvd., 2005, Kutoğlu ve Akçin 2006, Kutoğlu vd., 2008, Kutoğlu vd, 2010, Karabacak vd.,2011, Özener vd., 2012, Kaneko vd., 2013) San Francisco yakınlarında bulunan Hayward Fayı, (Savage ve Lisowski, 1993, Schmidt vd.,2005) Taiwan'daki Chihsang Fayı (Thomas vd., 2014) ve Longitudinal Valley Fayı (Champenois vd., 2012, Thomas vd., 2014) örnek gösterilebilir.

Kilitli faylar üzerinde devam eden enerji birikimi yeryüzünde herhangi bir deformasyona neden olmamakta yani krip hareketi gözlenmemektedir (Barka, 1996). GPS verileri, üzerinde krip hareketinin bulunmadığı kilitli fayların olduğu kesimlerde gözlenen plaka hareketlerinin faylara yaklaşıldıkça azaldığını ve kilitli olan fayların üzerinde herhangi bir hareketin gözlenmediğini ortaya koymaktadır (Cavalié vd., 2008; Mc Clusky vd., 2000). Bu tür faylarda zaman içerisinde biriken enerji büyük bir deprem ile açığa çıkar ve yeryüzünde büyük deformasyonlar gözlenir.

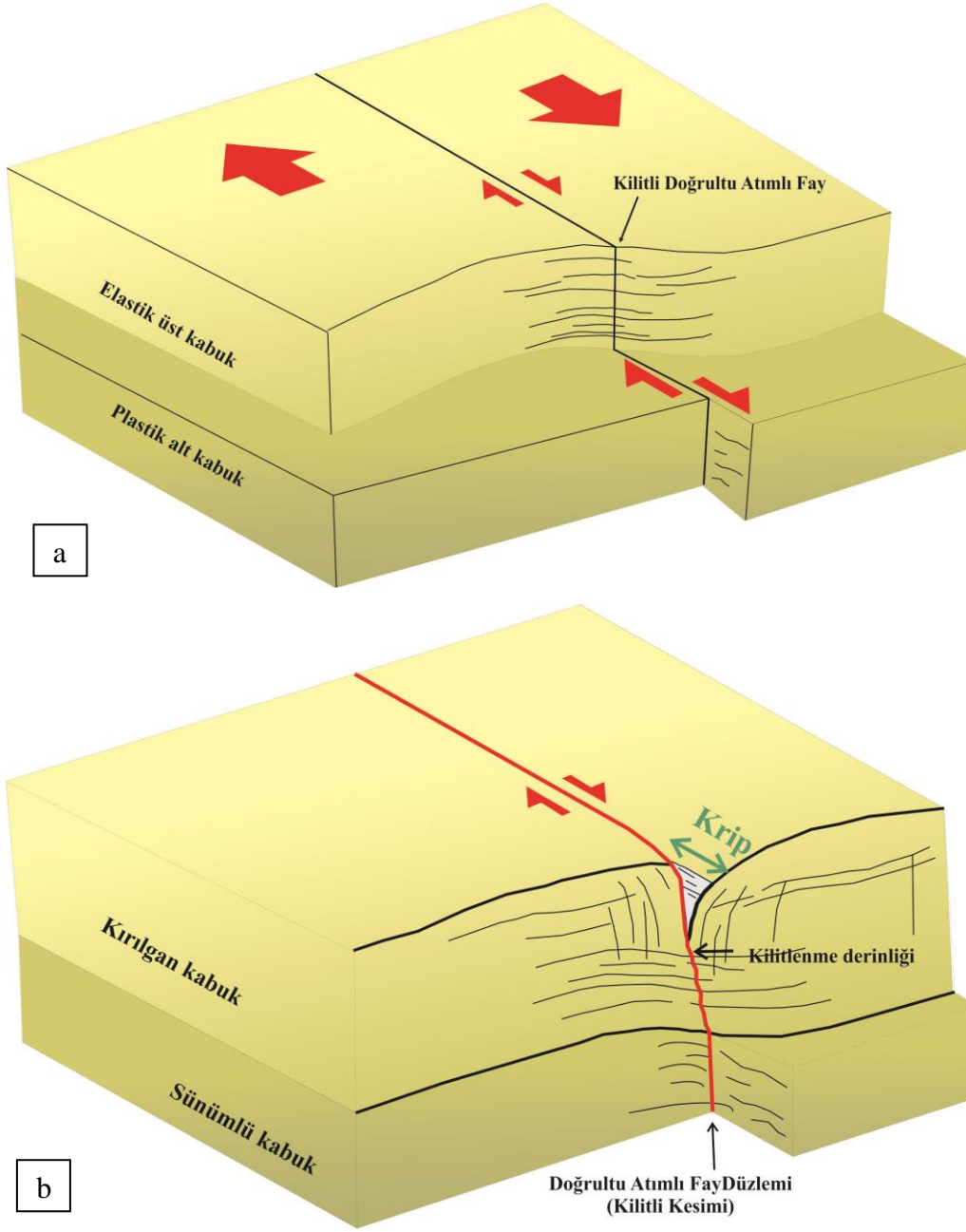
Plakaları veya blokları sınırlayan kilitli faylar üzerinde biriken enerjinin ani kayma hareketleri sonucunda oluşturduğu büyük depremler bir deformasyon döngüsünün başlangıcı kabul edilir. Enerjinin aniden açığa çıktığı bu büyük depremler esnasında meydana gelen deformasyon miktarı (kosmik deformasyon) bir deprem deformasyon

döngüsü içerisinde o fay üzerinde meydana gelebilecek maksimum yerdeğiştirme değeridir. Bu büyük depremi takiben meydana gelen artçı depremler deformasyon miktarının yeniden düzenlenmesinde önemli rol oynarlar (Şekil 3.1). Bu deprem ile meydana gelen deformasyon döngüsü zaman içerisinde azalarak durağan-kararlı bir hale gelir (Hearn vd., 2009 ; Wang vd., 2009) (Şekil 3.1). Asismik krip'in gözlenmediği lokasyonlarda litosferin yeryüzünden 10-15 km'lik bir derinlikteki kesimi kilitlidir, daha derinlerde ise fay hareketinin mekaniği belirsizdir (Thatcher, 1990) (Şekil 3.2a).



**Şekil 3.1.** Bir deprem döngüsü içerisinde zamana bağlı olarak meydana gelen deformasyon miktarı

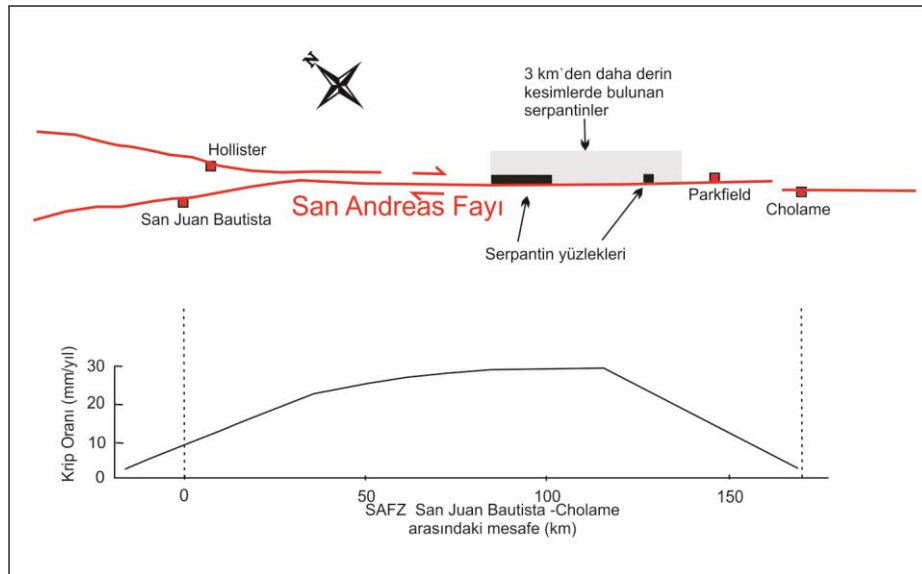
Faylar üzerinde biriken enerjinin asismik krip hareketi ile serbest hale geldiği durumlarda deprem deformasyon döngüsünün intersismik fazı boyunca fayın yüzeyden 0-3 km kadar derinlerde serbestçe kaydığı, yüzeyden 3-10 km'lik sismojenik derinliklerde kilitli olduğu ve daha derinlerde de bu derinliklerdeki plastik kayaçların sünümlü davranışı sebebiyle yine kaymanın gerçekleşebildiği bilinmektedir (Şekil 2.2b).



**Şekil 3.2.a.** Üzerinde krip gözlenmeyen doğrultu atımlı faya ait blok diyagram. **b.** Üzerinde krip gözlemlenen doğrultu atımlı faya ait blok diyagram. Krip hareketi ile deformasyon enerjisinin bir kısmı deprem olmaksızın yüzeye yakın kesimlerde açığa çıkmaktadır (USGS, 2014'ten esinlenerek çizilmiştir).

Aktif fay zonları üzerinde krip'in gerçekleştiği kesimin depremselliğini anlayabilmek için fay boyunca krip'in etkin olduğu uzunluğu ve derinliği ortaya koymak önem taşımaktadır (Bürgmann vd., 2000, Malservisi vd., 2003, Bilham vd., 2004, Gratier vd., 2011). Bu konuda Dünya'da ve ülkemizde yapılmış olan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Krip olarak adlandırılan hareketin nedeni tam olarak anlaşılamamış olmasına rağmen, temel neden olarak ortamın litolojisi üzerinde durulmaktadır (Carpenter vd., 2011). Bazı tür kayalar sismik kırılmalara daha yatkın iken bazıları asismik deformasyon gösterme eğilimindedir. Eğer fay zonu kayaçları çevredeki kayaçlara oranla daha zayıfsa bu tür kayaçlar stabil sürtünmeli kayma davranışı (stabil sliding friction behavior) gösterirler (Carpenter vd., 2011). Dolayısıyla üzerlerinde devamlı krip hareketi rahatlıkla gözlenebilir. Zayıf kayaçların varlığı ya da fay kilinin kalınlığı yüzey kripinin dağılımını kontrol eden etmenlerdir. Serpantinler (Allen 1968) ve kilce zengin olan litolojik birimler, (Warr ve Cox 2001) fay zonlarının zayıflıklarında (mika, talk, kil mineralleri, serpantin simektit, jipsit, kaolinit, muscovit, talk vb.) foliasyonlaşma gösteren fillosilikatlar krip hareketinin rahatlıkla görülebildiği jeolojik birimlerin başında gelir (Collettini vd., 2009). Benzer olarak fillosilikatları içeren kalkerli kayaçlar da üst kabuktaki basınçlar sayesinde krip için uygun kayaçlar haline gelmektedir (Gratier vd., 2013; Çetin vd., 2014). Örneğin San Andreas Fay Zonu üzerinde serpantin ya da talk gibi serpantinden türeyen kayaçların bulunduğu ve yüksek basınçlı akışkanların olduğu bölgelerde fayın diğer kesimlerine göre krip oranının ne denli yüksek olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Moore ve Rymer, 2007; Becken ve Ritter, 2012) (Şekil 3.3). Benzer olarak Yeni Zelanda'da bulunan Alpin Fayı'nda gözlenen kripin de zayıf üst kabukta meteorik akışkanların olduğu kesimlerde tetiklenerek arttığı bilinmektedir (Allis ve Shi, 1995).



**Şekil 3.3.** Serpantin ile krip arasındaki ilişkiyi gösteren grafik (Moore ve Rymer 2007; Becken ve Ritter 2012'den sadeleştirilerek Türkçeleştirilmiştir).

Fay zonları üzerinde meydana gelen krip hareketine etki eden bir diğer etmen ise; sığ, kabuk içerisinde bulunan akışkanların fayda meydana gelen deformasyonu dolayısıyla krip hareketini pozitif yönde etkilediği düşünülmektedir (Becken ve Ritter 2012, Türkoğlu vd. 2008, Unsworth 2010, Ogawa and Honkura 2004, Rice 1992, Kennedy vd. 1997). Ancak Jiracek vd. (2007) sismojenik zonun altında, kırılğan-sünümlü kayaçlar arasındaki geçiş zonundaki akışkanların faylanma sürecinde önemli rol oynadığını, bu kırılğan-sünümlü davranış gösteren kayaçlar arasındaki geçiş zonunun akışkanların yüzeye çıkmasına engel oluşturduğunu ve üst kabuğa çıkan akışkanlar söz konusu olduğunda ise yüksek akışkan basıncı sebebiyle krip hareketinin değil depremlerin meydana geldiğini ileri sürer.

### 3.2. Dünya’da Krip Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kabukta deprem olmaksızın elastik enerjinin yavaş yavaş kayma hareketiyle açığa çıkma ihtimali Louderback, (1942) ’in çalışmalarında tahmin edilse de krip hareketinin varlığı ilk kez 1956 yılında Amerika’da SAFZ’da tespit edilmiştir (Steinbrugge, 1957). SAFZ üzerinde krip ile ilgili yapılan çalışmaların ilklerinden olan Tocher (1958) yapmış olduğu çalışmada SAFZ üzerinde meydana gelen yerdeğiştirme miktarlarının yalnızca depremler sonucu oluşmadığını aynı zamanda mevcut krip hareketi sebebiyle de bu yer değiştirme miktarlarının arttığından bahsetmektedir. Krip, fay zonu üzerine inşa edilmiş bir binada gerçekleştirilen yapı denetimi sırasında beton döşemelerde yer değiştirme, beton duvarlarda ise çatlamlar ile gözlemlenmiştir (Steinbrugge, 1957). 1948 yılında yapılmış olan bu binalar kullanılarak 1956-1960 yılları arasında krip ölçümleri yapılmış 1948 yılından beri yıllık 12 mm’lik bir hızın varlığı ortaya konmuştur (Steinbrugge ve Zacher, 1960). İlk kripmetreler ise bina çevresine 1957 yılında yerleştirilmiştir (Tocher, 1960). Daha sonra SAFZ boyunca başka alanlarda da genellikle mühendislik yapılarındaki ötelenmelerin fark edilmesi ile bu fay zonu üzerinde kripin varlığı kesinleştirilmiştir (Brown and Wallace, 1968).

Krip hareketinin ölçülmesi ise ilk olarak şerit metre ve kripmetre ile daha sonrasında ise teodolit, GPS, InSAR ve LIDAR yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Burford ve Harsh, 1980; Lisowski ve Prescott, 1981; Schulz, 1989, Kutoğlu vd., 2010; Çakır vd., 2005; Karabacak vd., 2011; Özener vd.2013).

Kuzey Amerika'nin güneybatısında Kalifornia Eyaleti sınırlarında bulunan SAFZ olarak adlandırılan fay zone, kendi içerisinde birbirine az çok paralel birçok faydan oluşmaktadır ve bu fay zonunu oluşturan kolların birkaçında krip hareketi gözlenmektedir. SAFZ krip hareketi bakımından dünyada en çok çalışılmış olan fay zonedur. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır; Steinbrugge, 1957; Steinbrugge ve Zacher, 1960; Tocher, 1958; Tocher, 1960; Radburch vd., 1966; Brune ve Allen, 1967b; Brown vd. 1968; Allen, 1968; Brown ve Wallace, 1968; Cluff ve Steinbrugge, 1966; Rogers ve Nason, 1971; Burke ve Helley, 1973; Burtford ve Harsh, 1980, Harsh vd, 1978; Lisowski ve Prescott, 1981; Louie vd., 1985; Wesson, 1988; Schulz, 1989; Bilham ve Whitehead, 1997; Galhouse ve Lienkaemper, 2003; Mc Farland vd., 2009; Chang vd., 2009; Gratier vd., 2011; Aagard vd., 2012; Becken ve Ritter, 2012.

SAFZ'nun genel doğrultusu ile aynı doğrultuda uzanan ve krip hareketinin en yoğun gözlemlendiği kollar olan Hayward ve Calaveras Fayları üzerinde de birçok çalışma yapılmıştır (Steinbrugge,1957; Radburch vd., 1966; Allen, 1968; Rogers ve Nason 1971; Bilham ve Whitehead, 1997; Galehouse ve Lienkaemper, 2003., Mc Farland vd., 2009; Aagard vd., 2012). Malservisi vd. (2003) SAFZ içerisinde yer alan Hayward Fayı'nda krip ile ilgili gözlemlerine ait ilk çalışmasında, fayın uzunluğu, çevredeki kayaçların lütolojisi gibi etmenlerin krip hızını etkilediğinden bahsetmektedir. Malservisi vd. (2005) sonraki yayınında ise; mikrosismisite ile krip arasındaki ilişkiyi tartışarak Hayward Fayı'nı modellemeye çalışmıştır. Çalışmacıya göre doğrultu atımlı faylarda mikrosismisite arttıkça krip hızı da artmaktadır.

Krip hareketinin en uzun süre ile takip edildiği fay, SAFZ'nun San Juan Batista Segmenti'dir. Bu süre yarım asırdan fazladır. 1949 yılında San Juan Batista Segmenti üzerinde tek bir lokasyonda başlayan krip gözlemlerine, 1970 yılından sonra birçok lokasyonda yapılmaya devam edilmiştir (Bokelman ve Kovach 2003). Bokelman ve Kovach (2003)'in periyodik gözlemlerine göre San Juan Batista segmenti üzerindeki krip hareketinin hızı 10'ar yıllık periyotlar ile değişmektedir. Çalışmacılar krip oranındaki değişimleri SAFZ'ndaki direnç kuvvetleri değişimlerine ve plaka tektoniği itici güçlerinde meydana gelen değişimlere bağlamaktadır. San Juan Batista segmenti yakın çevresinde sırasıyla 1961 (M: 5,6), 1979 ( M: 5.6), 1984 (M: 6.2), 1986 (M: 5.7) ve 1989 (M: 7.0) olmak üzere 5 adet orta ve büyük deprem meydana gelmiştir. Bölgede gözlenen krip ile



meydana gelen depremlerin ilişkilerini araştıran Bokelman ve Kovach (2003) yalnızca 7 büyüklüğünde olan depremde, deprem merkez üssüne yakın olan istasyonlardaki krip oranında bir artış görürken, merkez üssüne 82 km mesafede olan istasyonda herhangi bir krip hızı değişimi meydana gelmemiştir. Orta büyüklükteki diğer depremlerde ise o depremlerin merkezüslerine yakın olan krip gözlem istasyonlarında dahi herhangi bir değişim söz konusu değildir. Bu gözlemlere dayanarak Bokelman ve Kovach (2003) krip hızındaki değişimin o fay üzerinde meydana gelen depremler ile birebir ilişkili olmadığını söylemekte ve krip hızındaki artışın büyük depremlerden önce meydana geldiğini ileri sürmektedir.

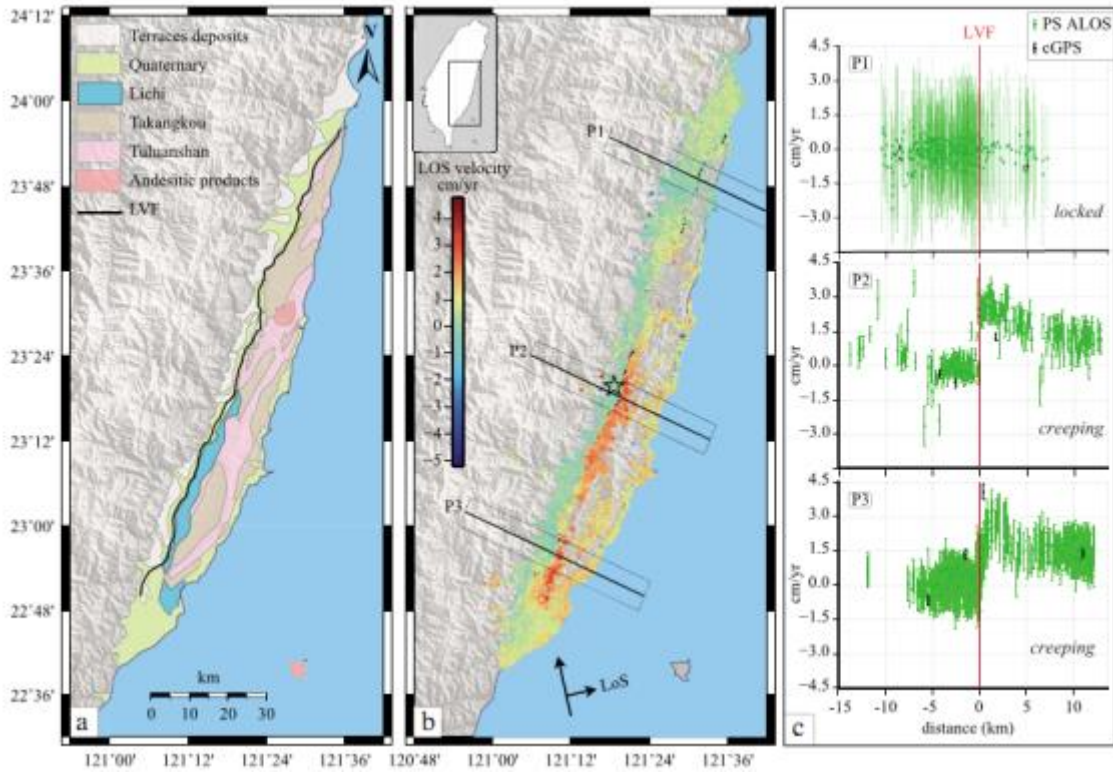
SAFZ, Imperial Valley Fayı üzerinde de krip ile ilgili yapılan çalışmalara; Brune ve Allen (1967b) yayınından, San Francisco Körfezi olarak adlandırılan alan ve civarında bulunan fayların uzun dönem kayma hızları, kilitli oluşları veya üzerlerinde krip hareketinin varlığı, kripin meydana geldiği derinlik gibi bilgilere ise; Cluff ve Steinbrugge, (1966); Sharp, (1973); Louie vd.,(1985); Murray ve Seagall, (2001); Prescott vd., (2001); Parsons, (2002); Manaker vd., (2003); Pollitz ve Nyst, (2004); d'Alessio vd., (2005); Johanson ve Bürgmann, (2005); Schmidt vd., (2005); Bürgmann vd., (2006); Johanson vd., (2006); Johnson, (2006); Funning vd.,(2007); Ryder ve Bürgmann, (2008); Jolivet vd., (2009) çalışmalarından ulaşılabilmektedir. Ayrıca aynı bölgede bulunan Concord Fayı üzerinde Sharp (1973), Green Valley Fayı'nda Frizzel ve Brown (1976), Maacama Fayı'nda ise Harsh vd. (1978) tarafından birçok farklı çalışma yürütülmüştür.

Amerika'da yapılan gözlemlerden sonra Çin'de Xianshuihe Fayı (Allen vd., 1991), Taiwan'da Longitudinal Valley Fayı (Lee vd., 2001), Filipinler'de Filipin Fayı (Duquesnoy vd., 1994), Venezuela'da El Pilar Fayı (Jouanne vd., 2011) ve İtalya'da Pernicana Fayı (Azzaro vd., 2001) üzerlerinde krip tespitinin ve ölçümlerinin gerçekleştirildiği belli başlı faylardır.

Taiwan'ın doğu kıyısına paralel uzanan, Güney Çin kıtasal sınırı ile Filipin Denizi plakası üzerindeki Luzon Yayı arasındaki suture zonunu oluşturan Longitudinal Valley Fayı (LVF) (Şekil 2.4) hem sismik hem de asismik kayma hareketine maruz kalan bir faydır (Hsu vd., 2009a; Thomas vd., 2014). LVF'nda mevcut olan krip hareketi ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları; Angelier vd., (1997); Lee vd., (1998; 2001; 2005); Chang vd.,(2009); Champenois vd., (2012) ve Murase vd., (2013)'dür. Özellikle 1951 ve 2003

yıllarında bu fay üzerinde  $M_w > 6.8$  olan depremler ve ardından gözlenen asismik kaymalar fayın bu özelliğini ortaya koymuştur. Hsu vd., (2009a) önceden yapılmış olan arazi çalışmalarından elde edilen veriler sayesinde bölgede görülen krip hareketinin Lichi Melanjı ile ilişkisini incelendiğinde, melanjın krip hareketini artırma yönünde bir etkisinin olduğunu ileri sürmektedir. Çarpışma melanjı olarak adlandırılan Lichi melanjı, kaotik kumtaşları içerisinde ofiyolit, andezit içeren kilce zengin bir formasyondur ve LVF boyunca kuzeye doğru devam etmemektedir ( Şekil 3.4a). Bu birim yerine yay önü havza birimleri (Fanshuliao ve Paliwar formasyonları) ve volkanik yayların ürettiği Tuluanshan formasyonu LVF fayı kuzeye uzanımı boyunca yer almaktadır (Thomas vd.2014).

Thomas vd. (2014) LVF üzerinde yaptığı çalışmalarda; bir dizi jeodetik ve sismolojik verilerden yararlanmıştır. GPS kampanyaları, devamlı GPS istasyonları, 1992-2010 yılları arasında elde edilen InSAR verileri ve 2003 Chengkung depremine ( $M_w:6.8$ ) ait kayıtlar yararlanan diğer verilerden birkaçıdır. Thomas vd. (2014), Hsu vd. (2009a)'nin verilerini doğrulayarak, bu fay üzerinde meydana gelen krip hareketini kontrol eden sıcaklık, litoloji, akışkanlar gibi etmenlerden bahsetmektedir. LVF'nin güney kesiminde yüzeyden derine doğru yaklaşık 0-26 km'ler arasındaki sismojenik zondaki hareketin %80-90'lık bir kısmı asismiktir, bölgede var olan kilce zengin Lichi Melanjı'nın asismik hareketi tetikleyici bir faktör olduğu düşünülmektedir (Thomas vd., 2014) (Şekil 3.4). Lichi Melanjı gibi hız arttırıcı ortamların boyutu ve sürtünme özelliklerine bağlı olarak, sismik olaylar gelişebilir veya durabilir (Thomas vd.2014). LVF'nin üzerinde görülen asismik krip'in dağılımı hem derinlik hem de uzanım açısından oldukça heterojendir. LVF'nin güney kesiminde Coastal Range'in Central Range ile olan ilişkisinden doğan blok hareket hızının tamamını karşılamayan bir krip hareketi söz konusudur. Kuzey kesiminde ise güneydekinin aksine yüzey krip hareketi gözlenmemiştir ve fayın bu kesiminde stress birikimi çok daha yüksektir (Thomas vd.2014).



**Şekil 3.4.** a. Doğu Taiwan 'ın basitleştirilmiş jeoloji haritası (Thomas vd. 2014). b. Ocak 2007 ile Haziran 2010 yılları içinde alınan uydu görüntülerinin PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) tekniği ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen yıllık kayma hızı haritası. c. Şekil 3.4b'de görülen P1, P2 ve P3 profilleri. Yeşil noktalar PS ALOS (Advanced Land Observing Satellite) görüntüleri ile tespit edilen, siyah noktalar GPS ile tespit edilen hareket hızlarını göstermektedir. Kırmızı çizgi bu profillerde LVF'ye karşılık gelen yerdir. P2 ve P3 profilleri kripi hareketinin mevcudiyetini, P1 profili ise fayın kilitli olduğu kesimi temsil etmektedir.

Thomas vd. (2014), 1997 ve 2010 yılları arasında yaptıkları gözlemler sonucu fay üzerinde 14 yılda 1 metre'den 1.5 metreye kadar değişen miktarlarda kaymalar ölçmüştür. LVF için 9 mm/yıl olarak tespit edilen kayma hızı Lichi Melanjı'nın bulunduğu kesimde 2010-2012 yılları arasında 30 mm/yıl olarak ölçülmüştür (Thomas vd., 2014). Murase vd. (2013) bir bindirme fayı olan LVF'da meydana gelen kripi hareketinin devamlı değil dönemsel olduğunu tespit etmişlerdir.

Fayın güney kesiminde mevcut olan Lichi Melanjının kripi hareketi üzerindeki rolü sebebiyle kuzey kesimindekilere oranla daha küçük depremler meydana gelmiştir. 2003 Chengkung depreminde oluşan kırık yerin 10-20 km derinliklerinde oluşmuş ancak yüzeye ulaşamamıştır (Thomas vd.2014). Thomas vd., (2014)'nin intersismik modeline göre; LVF'nin 2003 depreminin meydana geldiği kesimi kilitlidir. Ancak bu zonun çevresi tamamen kripi hareketine maruz kalan bir zon ile çevrilidir. Fay üzerindeki kripi hareketi

hızını Lichi Melanjı'nın varlığı oldukça önemli derecede etkilemektedir. Ancak bölgedeki krip hareketinin bu denli dar alanda bu denli değişken oluşunda, baskın minerallerin ve ilişkili hidrolojik özelliklerin etkin olduğu düşünülmektedir (Thomas vd.2014). Amiguët vd., (2012), foliasyonlu serpantinitleşmenin ya da klorit yataklarının olduğu kayaçlarda, dalma batma yüzeylerinde ve hidrotermal olarak altere olmuş fay zonları boyunca krip hareketinin çevre kayaçlara göre daha kolay meydana geldiğini belirtmiştir.

LVF'daki 1951 sismik aktivitesi ( $M_w > 6.8$  olan 4 deprem) fayın kuzey kesiminde yüzey kırıkları oluşturmuştur. Aynı zamanda LVF'nin güney kesimi üzerinde de 2003'deki Chengkung ( $M_w: 6.8$ ) depremi kadar büyük depremler meydana gelmiştir. Ancak bu depremlerde yüzey kırığı oluşmamıştır. Thomas vd., (2014) ve Kaneko vd., (2010)'ne göre asismik hareketler sismik yırtılmaları yani yüzey kırıklarının durdurucu yönde önemli rol oynarlar, fay üzerinde stres birikimini önlerler çünkü hız artırıcı reoloji sismik kırık boyunca biriken enerjiyi absorbe eder (Kaneko vd., 2010). Bu durum aynı zamanda fayın sürtünme özelliklerine ya da farklı fay geometriğine ve 2003 Chengkung ile 1951'de Chihsang segmentinde daha önceden meydana gelen depremlerin dinamiklerinin farklılığından kaynaklı olabilir (Thomas vd.2014).

Aynı fay zonu üzerinde yanal olarak ilerlenildiğinde, fayın kimi kesiminin asismik kimi kesiminin sismik deformasyona mağruz kaldığı görülebilir. Sismik deformasyonun asismik deformasyona doğru geçişinin söz konusu olduğu yerlerde bu geçişi kontrol eden etmenin jeoloji olup olmadığının tespiti önemlidir. Gratier vd. (2013) Fransa Alpleri'nde aktif faylar tarafından kesilen kireçtaşları ile marnlar arasındaki krip ilişkisini ele almıştır. Güçlü sert, tekmineralli (monomineralik) ve bozunmamış kayaçların olduğu bölgelerde, aktif fayların bulunduğu, dolayısı ile sismik hareketlerin meydana geldiği, marn, şeyl türü çokmineralli (Polimineralik), bozunmuş, kırılanmış kayaçların olduğu bölgelerde ise, sismik hareketlerden asismik hareketlere geçişin söz konusu olduğu görülmektedir. Yani fay üzerinde asismik-sismik deformasyonun geçişi jeoloji kontrollüdür. Gratier vd. (2013) aynı zamanda basınç koşulları altında meydana gelen, krip hareketinin gözlenildiği alanın kimi durumlarda yüzey kırığını durdurucu bir etkisinin olduğunu da öne sürmektedir.

Krip hareketinin modellenmesi, krip eden kesimin derinliğinin belirlenebilmesi için zamana bağlı stres değişimlerinin ölçülmesi gerekir. Örneğin elastik dalga hızı ölçümleri ile krip'in derinliği, bölgedeki akışkanların varlığı ve görece yumuşak materyalin varlığı (örneğin, fillosilikat mineralleri, Kuvars, Feldispat, Kalsit ve Serpantinit) tespit edilebilir (Gratier vd., 2013). Cavalié vd. (2008) Gansu-Çin'de bulunan Haiyuan Fayı üzerinde InSAR ile çalışmalar yaparak fay zonu üzerinde meydana gelen krip miktarı ile krip'in meydana geldiği derinlik (kilitlenme derinliği) arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

İtalya, Mt. Etna bölgesinde bulunan sol yanal doğrultu atımlı bir fay olan Pernicana Fayı'nın doğu kesiminde elektropatik mesafe ölçerler (EDM; Electropatical distance meter) ve GPS sistemleri kullanılarak Pernicana Fayı'nın ana kolu üzerinde 1.1 cm/yıl, doğuda fayın dallara ayrıldığı daha sık kesiminde ise 2.8 cm/yıllık hız tespit edilmiştir (Azzaro vd., 2001). Tespit edilen bu durum sol yanal doğrultu atımlı Pernicana Fayı'nın batı kesimine göre doğu kesiminin enerjisini yüzeye yakın ve dallara ayrılmış olan faylara daha fazla aktarıldığı şeklinde yorumlanmıştır (Borgia vd., 1992; LoGuidance ve Rasa, 1992; Rust ve Neri, 1996; Azzaro vd., 1998; Gropelli ve Tibaldi, 1999; Azzaro vd., 2001).

### 3.3 Ülkemizde Krip Üzerine Çalışmalar

Ülkemizde bugüne kadar krip hareketi varlığının tespit edildiği faylar oldukça az olmasına karşın yeni teknolojilerin yoğun olarak kullanıldığı çalışmalar ile krip hareketinin tespit edildiği fayların sayısı gittikçe artmaktadır. Bu faylar; Batı Anadolu'da bulunan Alaşehir Fayı (Eyidoğan ve Jackson, 1985), DAFZ'nun Palu- Hazar Gölü arasında kalan kesimi (Cavalié ve Jonsson, 2014; Şentürk vd., 2015; Ergintav vd. 2014,) ve KAFZ'nun 1943 (Barka, 1996; Altunel vd., 2009, Karabacak vd.,2011), 1944 (Ambraseys, 1970) ve 1999 İzmit (Çakır vd., 2005; 2012) yüzey kırıklarının meydana geldiği kesimleridir.

Batı Anadolu Bölgesi'nde normal fay karakterinde olan Alaşehir Fayı üzerinde krip hareketine ilişkin gözlemler vardır (E. Altunel, 2014, sözlü görüşme). Alaşehir Fayı üzerinde krip olduğunu destekleyen tarihsel veriler de bulunmaktadır. Örneğin, MÖ 64 - MS 24 yılları arasında yaşayan Strabon; Philadelphia (bugünkü Alaşehir) antik kentinde "Evlerin duvarları devamlı olarak çatlar ve kentin çeşitli yerleri çeşitli zamanlarda bu

şekilde etkilenir. Bu nedenle kentte az insan yaşar ve çoğu yaşamını, kent dışında çiftçi olarak sürdürür. Sayıları az da olsa evleri bu kadar güvensiz olan bir yere bağlananlara insan şaşabilir; ve bu kenti kuranlara daha da fazla hayret edebilir” sözleri ile gözlemlerini aktarmıştır (Strabon, 2005). Alaşehir Fayı üzerinde 1969 yılında meydana gelen depremden sonra yapılan çalışmalar artmıştır (Poyraz vd., 2015). Anadolu bloğu üzerinde krip gözlenen bir başka alan ise DAFZ’nun Palu ile Hazar Gölü arasında kalan kesimidir. Cavalie ve Jonsson (2014) DAFZ boyunca kilitlenme derinliğini sığ olarak kesitirmiş ve bu fay zonu üzerinde son yüzyılda düşük olan güncel sismik aktivite (Ambraseys, 1989; Ambraseys ve Jackson, 1988, Ambraseys ve Melville, 1995; Burton vd., 1984; Bulut vd., 2012) ve bölgeye ait manyetotellürik çalışmaların sonuçları (Türkoğlu, 2008) ile bulgularını birleştirerek DAFZ boyunca üst kabukta krip davranışının olması gerektiğini öne sürmüşlerdir. DAFZ boyunca halen rapor edilmiş krip sonucu oluşan yüzey değişimlerinin olmamasını da krip davranışının yüzeye kadar gelmediği şeklinde yorumlamışlardır (Cavalie ve Jonsson, 2014). Aletsel dönem deprem aktivitesine bakıldığında yalnızca küçük ve orta büyüklüklerde depremlerin gözlendiği DAFZ üzerinde tarihsel dönemlerde birçok yıkıcı deprem meydana geldiği bilinmektedir (Nalbant vd., 2002). Tarihsel veriler ayrıntılı incelendiğinde Hazar Gölü ile Bingöl arasında kalan alanda bir sismik boşuk tespit edilmiştir. Şentürk vd. (2015) bu sismik boşluk boyunca intersismik hız ile ilgili çalışmalarda bulunmuş, Persistent Scatterer InSAR tekniğini (Hooper, 2008) kullanarak, 2003-2010 yılları arasında bölgeden alınan ENVISAT görüntülerine bakarak intersismik gerilme birikimini haritalamışlardır. Elde ettikleri veriler ile DAFZ’nun Hazar Gölü-Palu arasında kalan kesiminde krip hızının 10 mm/yıl civarlarına ulaştığını tespit etmişlerdir. Krip hareketi’nin gözlendiği bu bölgenin jeolojisi incelendiğinde, baskın olarak krip hareketini tetikleyici niteliği ile bilinen (Amiguet vd., 2012; Hsu vd. 2009a) zayıf fillosilikat mineraller ile karakterize olan, kırılğan ofiyolitik ve volkanik kayalardan oluştuğu tespit edilmiştir (Şentürk vd., 2015). GPS verilerinden DAFZ’nun dönemli hareket hızının ortalama 10 mm/ yıl olarak kestirildiği (Reilinger vd., 2006) düşünüldüğünde, krip hareketinin fayın bazı kesimlerinde biriken intersismik geriliminin tamamının asismik kayma ile açığa çıktığı düşünülmektedir (Şentürk vd., 2015). Dolayısı ile bölgede mevcut olduğu düşünülen sismik boşluk balkide fayın enerjisinin tamamını krip ile atabildiği kesimini temsil etmektedir.

Canitez (1962, 1968) çalışmaları ile KAFZ'nun kuzeye eğimli, sağ yönlü doğrultu atımlı, kuzey blok'u aşağıya atılmış bir fay olduğunu fay düzlemi çözümlemeleri ile göstermiştir. Canitez (1962) aynı zamanda tektonik krip hareketini yer kabuğunun derinliklerinde meydana gelen kayma olaylarının yüzeye intikali olarak yorumlamıştır. Yüzeyde yaptığı gözlemler ile tespit ettiği krip hareketinin sadece o bölgeler ile sınırlı kalmış olamayacağını, başka yerlerde hareketin yüzeye intikal etmediğini ancak varolabileceğini söylemiştir.

Barka (1996) tarafından KAFZ'nun ise; 1943 yüzey kırığı üzerinde krip hareketi varlığına dair gözlemler yapılmıştır. Araştırmacıya göre doğuda kırığın sonu olan Çevresu (Ravak) Köyü'nde, bazı yeni yapılmış evlere ait bahçe duvarlarında gözlemlendiği çatlamların sebebi muhtemel bir krip hareketidir.

Ergintav vd. (2013) KAFZ 1999 İzmit kırığı üzerinde krip olayının görüldüğünü ileri sürmüş ve bu bölgeyi GPS ve LIDAR ile gözlemlemeye başlamışlardır. Marmara Bölgesi'ni etkileyen İzmit ve Düzce Depremleri'nin ( $M= 7.4$  17/08/1999 ve  $M=7.1$ , 12/11/1999) oluşturduğu deformasyon alanı yersel ve uzaysal jeodezik yöntemlerle sürekli olarak izlenerek, bölgedeki aktif fayların zaman içinde üzerlerine aldıkları yüke göre davranışları belirlenmeye, deprem tehlikesi modellenmeye çalışılmıştır (Ergintav vd., 2007; Ergintav vd., 2009; Çakır vd., 2012). 1999 depremi sonrasında civardaki farklı faylar üzerinde 1999 depremi sonrası oluşan gerilme artışlarını belirlemek amacıyla Çakır vd. (2012) Avrupa Uzay Ajansı ESA'ya ait yapay açıklıklı radar (SAR) görüntülerinin Kalıcı Saçıcılar (PSInSAR) analizi (Hooper, 2008), Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ölçümleri ve saha gözlemleri ile 1999 İzmit kırığının İzmit Körfezi ile Akyazı arasında kalan kesiminin (Bouchon ve Karabulut, 2008), depremden bu yana krip ettiğini göstermişlerdir (Çakır vd., 2005). Çakır vd. (2012)'ne göre deprem sonrası artçı kayma (Bürgmann vd., 2002; Hearn vd., 2009) olarak başlayan asismik kayma, krip davranışı göstermeye başlamış ve hızı bazı kesimlerde, güncel olarak fayın GPS ile deprem öncesi belirlenen jeodezik hızına (2.7 cm/yıl) ulaşmıştır. Bu krip hareketi, kırık boyunca gerilme birikimini azaltırken, kırığın uçlarında beklenenden fazla gerilme oluşturmakta ve civardaki fay segmentleri üzerindeki deprem tehlikesini arttırmaktadır.

1999 İzmit kırığı üzerinde krip hareketinin görüldüğünü aynı zamanda Özbakır vd. (2014) belirtmektedir. Özbakır vd. (2014) InSAR ile yapmış olduğu çalışmalarında KAFZ ‘nun bu kesiminde 1999 depremini takiben başlayan ve halen devam etmekte olan krip hareketinin varlığından söz etmektedir.

Mencin vd., (2014) ve Bilham vd., (2014) ise yaptıkları çalışmalarda 1999 İzmit depremi yüzey kırığı üzerinde derinlerde varlığı bilinen krip hareketinin devamlı mı yoksa periyodik mi olduğunun anlaşılabilmesi amacıyla 1 adet kripmetre yerleştirmişlerdir.

Çakır vd. (2015) KAFZ’nun İzmit-Akyazı Segmenti’nin 17 Ağustos 1999’dan bu yana süre gelen 13 yıllık periyotta krip ile akmaya devam ettiğini belirtmiş, InSAR ile yapmakta olduğu çalışmalarında 2013 yılının başı ve sonunda 2 farklı dönemde krip hareketi tespit etmiştir. İzmit ile Sapanca Gölü arasında iki farklı dönemde tespit edilen krip hareketlerinin herbiri yaklaşık 20 mm’lik yerdeğiştirme meydana getirmiştir. İzmit Akyazı Segmenti boyunca InSAR, GPS kampanyaları ve 3 ayrı lokasyonda yapılan LIDAR ölçümleri halen devam etmektedir (Çakır vd. 2015).

Krip hareketinin KAFZ üzerinde bulunan İsmetpaşa yerleşim bölgesindeki mevcudiyeti 1969 yılından bu yana bilinmektedir (Ambraseys 1970). İsmetpaşa’da karayolları bakım istasyonunun duvarında (Şekil 3.5a) ve Hamamlı’daki ahır duvarında krip hareketine bağlı deformasyonlar görülmektedir (Şekil 3.5b).



**Şekil 3.5.** Günümüzde krip sonucu deformasyonun görüldüğü yerler. a) 1960’lı yıllardan bu yana izlenmekte olan krip hareketinin görüldüğü İsmetpaşa’daki karayolları bakım istasyonunun duvarı, b)Hamamlı’daki ahır duvarı.



Türkiye’de krip ilk kez Alkut Aytun tarafından KAFZ, 1944 Bolu-Gerede depremi yüzey kırığı üzerine inşa edilmiş İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarında tespit edilmiştir. Aytun bu tespitini 1969 yılının Mayıs ayında düzenlemiş olduğu arazi gezisi ile çalışma arkadaşları ile paylaşmıştır (H. Özener 2016, sözlü görüşme; S. Ergintav, 2016, sözlü görüşme). Krip hareketini ilk tespit eden Aytun olmasına karşın, bu bulgu ilk kez Ambraseys (1970) tarafından kaleme alınmıştır.

İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarı üzerinde 1957-1969 yılları arasında şerit metre ile gerçekleştirilen ilk krip ölçümünde 20 mm/yıl kayma hızı belirlenmiştir (Ambraseys, 1970) (Şekil 3.6.a,b). Ayrıca Ambraseys (1970) istasyon duvarının güneyinde yer alan tren yoluna ait onarım raporlarına dayanarak 1944 depreminden 1951 depremine kadar bölgede yılda 50 mm’lik krip hareketinin var olduğunu ileri sürmüştür (Ambraseys, 1970). Krip hareketinin gerçekleştiğinin ileri sürülmesiyle bu lokasyon konu ile ilgilenen araştırmacıların ilgisini çekmiş ve zaman içerisinde farklı teknikler kullanılarak krip ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



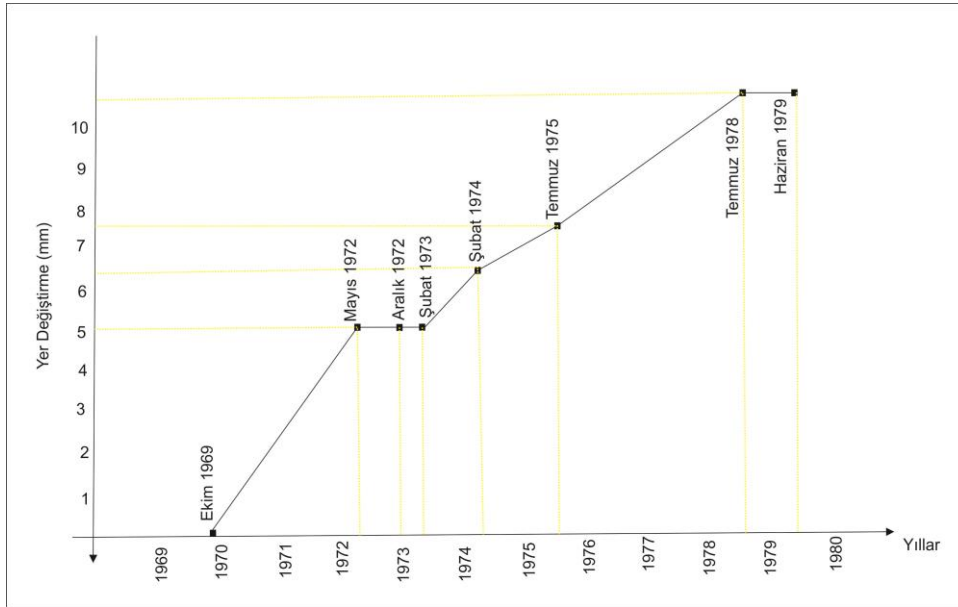
**Şekil 3.6a.** 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarı (fay uzanımı kırmızı kesikli çizgi ile görülmektedir). b. Duvar üzerinde krip nedeniyle gözlemlenen ötelenmenin yakından görünümü.

Krip hareketinin keşfinden sonra ilk jeodezik ölçüm Aytun (1972) tarafından 1972 yılında eğik mesafeler ölçülerek yapılmıştır. Daha sonra eğik mesafeler Gauss projeksiyon düzlemine indirgenmiş ve ağın dengeleme hesabı bu düzlemde gerçekleştirilmiştir. Dengeleme hesabı sırasında Avrasya plakası üzerinde bulunan noktalar referans olarak seçilmiştir. Aytun (1972) yapmış olduğu çalışmasında İsmetpaşa’daki karayolları bakım istasyonunun bulunduğu lokasyonda ayrıntılı inceleme ve ölçümler yapmıştır. Aytun (1972)’a göre karayolları bakım istasyonu duvarının bulunduğu koridor hem 1944

yılındaki hem de 1951 yılındaki depremler tarafından kesilmiştir. 1944 depremi ile demiryolu üzerinde 1.5 metrelik yatay kesme deformasyonlarına rastlanmış, 1951’de ise demiryolu makası yakınındaki rayların “z” şeklini aldığını belirtmektedir (Pınar 1953, Aytun 1972). Ayrıca söz konusu fayın Hamamlı Köyü yönündeki uzantısı üzerinde 200-300 metre uzaklıkta yer alan ve vaktiyle düz olması gereken tarla sınırlarında da deformasyon izleri tespit edilmiştir (Aytun 1972). Aytun (1972) ayrıca fayın krip görülen kesiminde serpantin gibi sabit yük altında dahi deforme olabilecek özellikteki kayaların var olduğu alanlarda gözlendiğini dolayısı ile KAFZ üzerinde krip hareketine maruz birçok bölgelerin bulunabileceği kanısındadır.

İlk sürekli krip ölçümleri ise 1980 yılında MTA ve MIT (Massachusetts Institute of Technology) işbirliği ile yapılmıştır (Altay ve Sav, 1991). Aytun (1972) tarafından yapılan ilk jeodezik ölçümden sonra İsmetpaşa istasyonu civarına 6 noktadan oluşan küçük bir jeodezik ağ kurulmuş ve bu ağ vasıtasıyla ölçümler yapılmıştır (Aytun, 1982; Deniz vd., 1993; Kutoğlu ve Akçin 2006). Aytun (1972) ve MTA ile MIT’ nin kullandıkları jeodezi yöntemleri ile geniş sahalarda yerdeğiştirmeleri ölçmek mümkün olmaktadır ancak kısa zaman içerisinde değişen krip olaylarını izlemek mümkün değildir.

İsmetpaşa’da 1957 yılı ilkbaharından sonra yapımının tamamlandığı bilinen Karayolları bakım istasyonu duvarı üzerinde yapılan gözlem ve ölçümlere göre KAFZ üzerinde 26 Mayıs 1957 Bolu-Abant ve 22 Temmuz 1967 Mudurnu Depremlerinde bu duvarda herhangi bir hasar meydana gelmemiştir. Bu duvar üzerinde ölçülen yatay yer değiştirme 1969-1978 yılları arasında ortalama 1.1 cm/yıl (Şekil 3.7), 1957-1978 yılları arasında ortalama 1.5 cm/yıl olarak ölçülmüştür. Aynı lokasyonda meydana gelen düşey yer değiştirme ise 1969-1972 yıllarında yapılan ölçümlere göre kuzey tarafı aşağı doğru olmak üzere 13mm’lik bir yer değiştirme söz konusudur. Bu da yıllık 5 mm’lik bir kayma oranına karşılık gelir (Aytun 1982). Eren (1984) ise Doopler ve eğik mesafe yöntemleriyle yıllık krip oranını 10 mm/yıl olarak hesaplamıştır.



**Şekil 3.7.** 1969 ile 1980 yılları arasında yürütülen arazi çalışmaları ile İsmetpaşa'daki Karayolları bakım istasyonu duvarında ölçülen yatay yer değiştirme miktarlarını gösteren grafik (Aytun, 1982'den alınarak yeniden çizilmiştir).

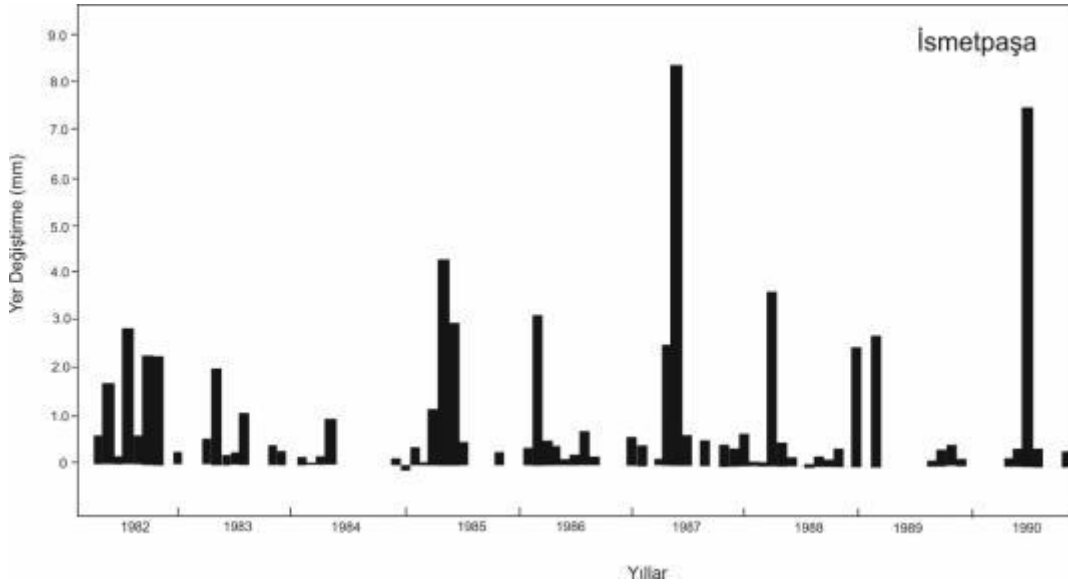
Şaroğlu vd. (1989) İsmetpaşa'da yaptığı çalışmasında yıllık 1 cm krip hızı tespit etmiştir. Altay ve Sav (1991) ise İsmetpaşa yerleşim alanından batıya doğru KAFZ boyunca uzanan 175 km'lik bir koridora İsmetpaşa, Kapaklı, Yenice ve Yongalık'a olmak üzere 4 adet kripmetre yerleştirmiş, bu krip metreleri 8 yıl boyunca izlemişlerdir. İki bu tezin çalışma alanı içerisinde bulunan toplam 4 kripmetrede 1982 ile 1990 yılları arasında yapılan gözlemlere göre; İsmetpaşa'da 8 yılda toplam 6,67 cm yerdeğiştirme saptanmış, buna göre yıllık 7,7 mm'lik kararlı ve periyodik bir krip hareketi tespit edilmiştir (Altay ve Sav 1991). Çalışmacılar bölgede görülen krip hareketinin viskoz yenilme sonucu meydana geldiğini ileri sürmektedirler. Faylar boyunca meydana gelen sürekli kayma hareketinin elastik dalgalar oluşturmayacak kadar düşük ivmeli olması nedeni ile asismik kırılma olarak adlandırılan krip olayı, fayın yüzeye yakın kısımlarında fayı kesen çizgisel yapılarda oluşan kırılma, bükülme, ötelenme gibi belirtilerle kolayca izlenebilir. Altay ve Sav (1991)'a göre krip fayın her kesiminde görülmeyebilir. Özellikle bu hareketler fay zonunun dar olduğu ve özel petrolojik yapıya sahip olduğu kesimlerde görülür. Genelde krip hareketi düşük hızlı sürekli kayma üzerine binen sıçramalar halindedir. Genlikleri milimetrenin kesrinden santimetre mertebesine kadar değişmekte, süreleri dakikadan birkaç saate hatta güne kadar devam etmektedir. Bazı alanlarda gözlenen krip hareketi fay zonu üzerinde meydana gelen lokal, orta büyüklükteki depremler ile de ilişkilidir (Altay ve Sav, 1991). Krip'e ilişkin bir başka özellik ise genlik dağılımlarının çift modlu olmasıdır.

Yani büyük ve küçük 2 ayrı krip olayı söz konusudur. Bu sebeple krip hızının arttığı bir dönem ve onu takip eden suskun bir dönem yaşanmış gibi algılanmaktadır (Toksöz vd., 1979; Altay ve Sav, 1991).

Altay ve Sav (1991) çalışmalarında Invar telli olarak adlandırılan kripmetreyi kullanmıştır. Bu tür kripmetreler sıcaklık değişimlerinden minimum düzeyde etkilenen, USGS (United States Geological Survey) tarafından geliştirilmiş aletlerdir. Kripmetreler yüzeydeki gevşek zondan ayrılmak için 1,5 metre toprağın altına gömülmüştür. Doğada meydana gelen hareket sonucu kripmetre cihazında gerçekleşen mekanik değişiklik dönüştürücüler yardımıyla elektrik akımında değişikliğe sebep olur bu şekilde meydana gelen yerdeğiştirme miktarı ölçülür.

Altay ve Sav (1991)'ın kripmetre ile İsmetpaşa istasyonunda ( $40^{\circ}52'25''K$ ,  $32^{\circ}37'24''D$ ) ölçtüğü yerdeğiştirme miktarları Şekil 3.8'de verilmektedir. Örneğin 1985 yılı Mayıs ayı, 1987 yılı Haziran ayı, 1990 yılı Temmuz ayında ölçülen krip miktarları diğer aylara göre çok daha fazladır. Bunun yanı sıra farklı krip değerleri olduğu gibi hiç kripin olmadığı aylar da vardır.

Bu durum aynı zamanda ay bazında krip hareketinin ne denli değişken olduğunu göstermektedir. Yoğun kriplerin İsmetpaşa'da bol yağışlı geçen İlkbahar aylarına rastlaması da dikkat çekicidir. Bunun yanı sıra 8 yıllık periyotta nadiren de olsa (2 defa) 0.1 ve 0.15 mm'lik sol yönlü hareketler de ölçülmüştür (Altay ve Sav 1991).



**Şekil 3.8.** 1982-1990 yılları arasında İsmetpaşa'daki krip metre yardımıyla ölçülen aylık krip miktarını gösteren grafik (Altay ve Sav 1991'den alınarak yeniden çizilmiştir).

Altay ve Sav (1991) Kapaklı Köyü civarında ( $40^{\circ}50'04''K$ ,  $32^{\circ}24'46''D$ ) kurdukları kripmetre ile 8 yıllık dönem içerisinde herhangi bir hareket görmemiştir. Altay ve Sav (1991) bu sonucu kripmetrenin yanlış yere yerleştirilmiş olabileme ihtimaline bağlamakta, hareketin aletin yerleştirildiği kırık dışında kalan kesiminde gerçekleşmiş olabileceğinden söz etmektedirler. Altay ve Sav (1991)'ın yapmış olduğu çalışma ile yerleştirdikleri kripmetrelerin koordinatlarına bakıldığında, her iki istasyonun da bu tez kapsamında ayrıntılı olarak haritalanan aktif fayın 100-150 metre kadar kuzeyinde kalmış olduğu görülmektedir. Deniz vd. (1993) ise triangulasyon metodu ile yaptığı ölçümlerde İsmetpaşa'da 9.6 mm/yıllık krip hızı ölçmüştür.

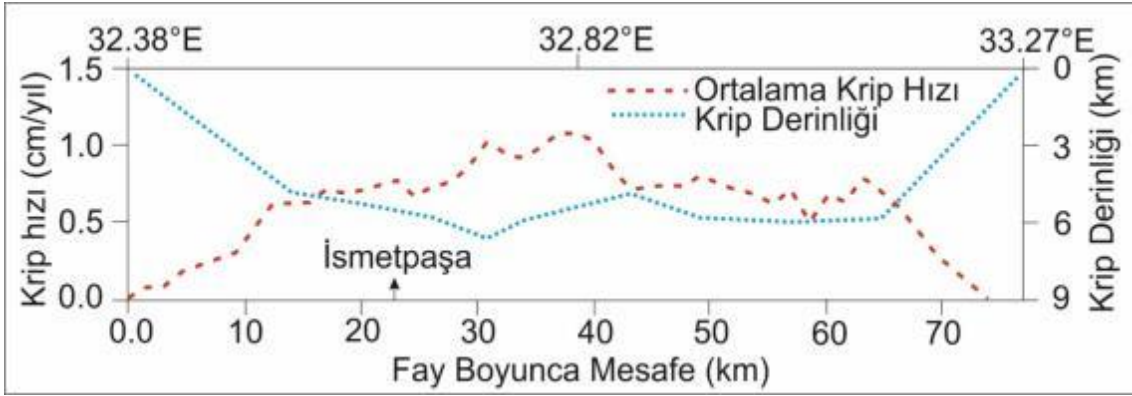
KAFZ üzerinde krip hareket hızının ölçüldüğü en güncel yöntemlerden birisi de InSAR (Synthetic Aperture Radar Interferometry, Türkçesi ile Yapay (Sentetik) Açıklık Radar Interferometrisi) tekniğidir. Radar Interferometrisi uzay bazlı jeodetik bir yöntemdir. Bu teknik şu şekilde özetlenebilir; aktif tektonik için biri deprem öncesinde diğeri depremden hemen sonra alınmış iki radar görüntüsü birbiri ile karşılaştırılarak faz farkları hesaplanır. Bu faz farkı iki görüntü tarihi arasında radar ile yeryüzü arasındaki mesafe değişimini verir (dolayısı ile görüntü tek boyutludur). Faz farklarını içeren nihai görüntüye "interferogram" denir. İnterferogram kabaca 2 görüntünün alındığı tarihler arasında radar platformu ile yeryüzü arasında cereyan etmiş olan mesafe değişimlerini içeren bir kontur

haritasıdır. Bu sistemin 2 dezavantajı vardır. 1) Radar sinyalinde meydana gelen atmosfer kaynaklı (su buharı) faz gecikmeleri nihai görüntülerde bozulmalara yol açabilmektedir. 2) GPS gibi 3 boyutlu jeodetik yöntemlerin aksine tek boyutlu haritalardır. 3 boyutlu bir deformasyon haritası elde edebilmek ve modelleme çalışmaları yapmak için birim vektörlerin kullanılarak bir dizi işlem yapmak gerekmektedir (Akoğlu, 2008).

InSAR tekniği KAFZ üzerinde ilk kez 1992-2001 yılları arasındaki interferogramların karşılaştırılması için kullanılmış ve İsmetpaşa'da yıllık  $8\pm 3$  mm krip hızı belirlemiştir (Çakır vd., 2005). Daha sonraki yıllarda yine GPS ve InSAR teknikleri kullanılarak çeşitli çalışmalar (Kutoğlu ve Akçin, 2006; Kutoğlu vd., 2008; Akoğlu, 2008, Kutoğlu vd., 2010; Deguchi, 2011; Fialko vd., 2011; Özener vd., 2013; Kaneko vd. 2013; Çetin vd., 2014) gerçekleştirilmiştir.

Akoğlu (2008) doktora tez çalışmasında InSAR yöntemini kullanarak ERS1 ve ERS2 uydularının 1992 yılından beri oluşturmakta olduğu arşivinden yararlanarak KAFZ üzerinde İsmetpaşa'da gözlenen intersismik krip hareketini araştırmıştır. Ambraseys (1970) tarafından İsmetpaşa'daki Asfalt istasyonu duvarında ölçülen krip hareketinin alansal olarak kapsamını InSAR ile ilk defa Akoğlu (2008) tanımlamıştır. Krip hareketi gözlenen alanın 1943 depremi kırığının batı sınırından başladığını ve 70 km batısını kapsadığını yani 1944 kırığı doğu ucuna doğru devam ettiğini tespit etmiştir. Bu alandaki kayma hızının en fazla  $11\pm 3$  mm/yıl, İsmetpaşa'da ise  $8\pm 3$  mm/yıl olarak ölçülmüştür. Akoğlu (2008) InSAR verilerinin GPS ile birlikte değerlendirilmesi ve modellenmesi sonucu ise kripin kabuğun üst kısmında (0-7km) gerçekleştiğini, zaman içindeki üstel azalmasına bakılarak asismik hareketin 1944 Bolu-Gerede depremi ile başladığını ileri sürmektedir. Bu değer Mc Clusky vd. (2000)'nin KAFZ için hesapladığı  $22\pm 3$  mm/yıllık tektonik kaçış hızının % 30'luk kısmını karşılar. Akoğlu (2008)'in bu hesapları yalnızca yatay hareket üzerinedir. Düşey yönde hareket olup olmadığı kullanılan ölçüm yöntemi sebebiyle belirlenememiştir. Kutoğlu vd. (2009) ise yanal hareketin yanı sıra kuzey bloğun önemli ölçüde yükseldiğinden söz etmektedir.

Çalışma alanı boyunca görülen krip hareketi üst kabuğun yüzeyden 7 km derinliklerinde görülmektedir. İsmetpaşa yakınlarında bu değer 14 km'ye ulaşmaktadır, kripin görüldüğü en derin yer ise yüzeyden 17 km derindedir (Akoğlu 2008) (Şekil 3.9). İsmetpaşa civarında alınan InSAR ve GPS tabanlı modellerin verilerine bakıldığında kilitleme derinliği 14 km olarak (Özalaybey vd. 2002, Akoğlu 2008'den) belirlenmiştir (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9.** Fay zonu boyunca farklı interferogramlardan elde edilen verilerin elastik modellenmesi sonucu elde edilen krip oranı, krip derinliği grafiği (Akoğlu, 2008).

Doğan vd. (2002), 1999 İzmit depreminden sonra İsmetpaşa ve civarındaki yapılarda 6 cm'ye varan sağ yanal ötelenmeler ölçmüşlerdir ve 1999 İzmit depreminin bölgedeki krip hareketini tetiklediğini belirtmişlerdir. Üzerinde krip hareketi görülen fayların yakın civardaki depremlerden etkilenir olduğu bilgisi Allen vd. (1972)'nin çalışmalarından bu yana bilinmektedir. Bu durum daha sonra yapılan aletsel ölçümler ile kanıtlanmıştır (Lienkaemper vd., 1997; Bokelman ve Kovach, 2003; Bürgmann vd., 2000). Allen vd. (1972), bu olayı aktif faylarda görülen gerilmenin ani boşalmasına, Doğan vd. (2002) ve Bodin vd. (1994) ise bu olayın sebebini yüksek genlikli yüzey dalgalarına bağlamaktadır.

Akoğlu (2008), InSAR teknikleri ile yapmış olduğu çalışmada Doğan vd. (2002)'nin 1999 Düzce ve 2000 Orta depremlerinin İsmetpaşa ve civarındaki kripti tetiklediği yönündeki görüşlerine katılmamaktadır. Bazı lokal noktalarda böyle bir tetiklenmenin olmuş olabileceğini ancak bu depremlerden tüm segmentin üzerinde görülen krip hareketinin tetiklenmiş olmasının mümkün olmadığını öne sürmektedir. Aynı şekilde GPS (Kutoğlu ve Akçın, 2006) ve InSAR (Çakir vd., 2005; Çakir ve Akoğlu, 2008) teknikleri ile yapılan çalışmalarda da 1999 ve 2000 depremlerinin krip hareketini tetikleyip tetiklemediğinden bahsedilmemektedir. Kutoğlu vd., (2008) ve Kutoğlu vd., (2010) 2002-2007 yılları arasında GPS verileri ile  $12.0 \pm 1.1$  mm/yıl ve  $15.1 \pm 0.41$  mm/yıllık krip hareketi tespit etmişlerdir. Bu değerler diğer çalışmacıların elde ettiği değerlere göre daha yüksektir. Bu durumun krip hızının zaman içinde değişiklik göstermesiyle ilişkili

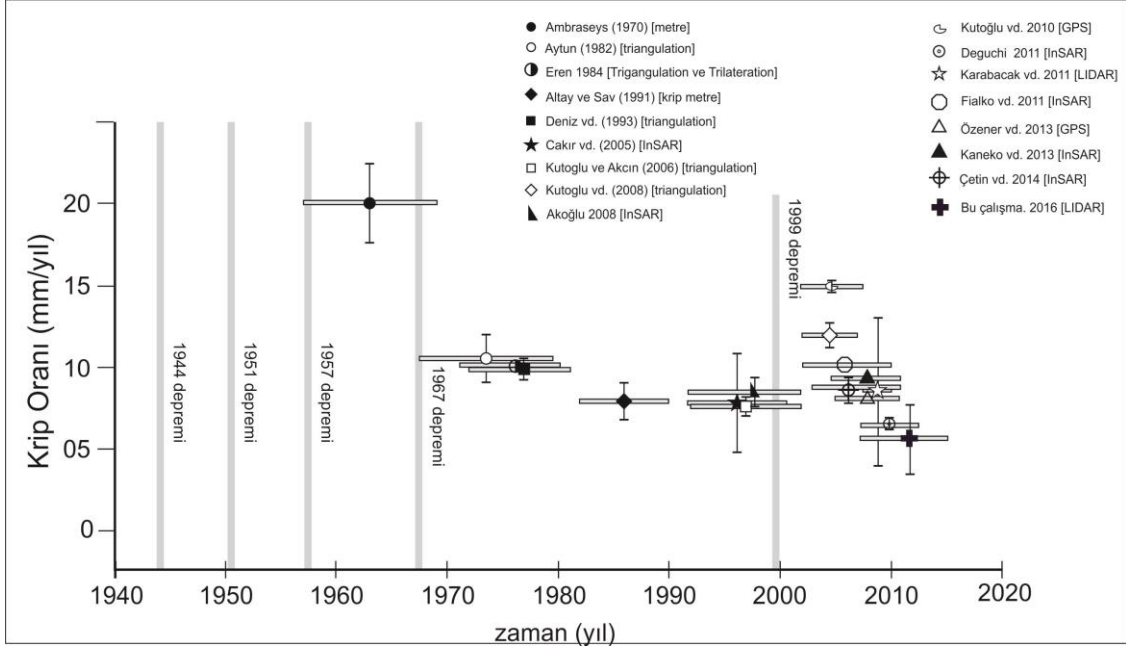
olabileceği ileri sürülse de (Kutoğlu vd., 2008; Kutoğlu vd., 2010) hızdaki bu değişimin tektonik mi yoksa uygulanan yöntemden mi kaynaklandığı konusunda bir kesinlik olmadığını söylemek mümkündür.

Fialko vd. (2011) İsmetpaşa'da InSAR tekniğiyle yaptığı ölçümlerde krip oranını 10 mm/yıl, Deguchi (2011) aynı teknikle krip oranını 14-22 mm/yıl olarak bulmuştur. 2007-2009 yılları arasında ise bu yöntemlerden farklı olarak LİDAR sistemi kullanılmış duvar üzerinde  $6.8-10.1 \pm 4$  mm/yıl krip hızı belirlenmiştir ( Altunel vd. 2009; Karabacak vd., 2011). Özener vd., (2012) GPS kullanarak yaptığı ölçümlerde krip oranını 7.6 mm/yıl olarak tespit etmişlerdir. Kaneko vd., (2013) yılında, yine InSAR tekniğiyle yaptığı ölçümlerde ise krip hızının 7.4 mm/yıl olduğunu tespit etmiştir.

İsmetpaşa İstasyonu' nun yanı sıra istasyonun 2 km doğusunda bulunan Hamamlı Köyü içinde bir ahır duvarında krip tespit edilmiştir (Altunel vd. 2009; Karabacak vd., 2011). 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde yapılmış bu noktasal krip gözlemlerinin haricinde, InSAR tekniği kullanılarak İsmetpaşa ile Bayramören arasında yaklaşık 70 km' lik bir alanda krip varlığı belirlenmiştir (Çakır vd., 2005; Kaneko vd., 2013). Yine InSAR kullanılarak yapılmış son çalışmalar (Çetin vd., 2014) kripin Bayramören'de bitmediğini, doğuya doğru 1943 yüzey kırığı üzerinde en az 30 km devam ettiğini göstermektedir.

İsmetpaşa'da bulunan Karayolları Bakım İstasyonu duvarında gözlenen krip hareketinin keşfinden bu yana yapılmış olan tüm ölçümler ve sonuçları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.





Şekil 3.10. İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarında gerçekleştirilen krip ölçümlerine ait grafik.

## 4. KUZHEY ANADOLU FAY ZONU'NUN GENEL ÖZELLİKLERİ

### 4.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Evrimi ve Oluşturduğu Ötelenmeler

KAFZ; doğuda Karlıova üçlü eklemi ile batıda Saros Körfezi arasında uzanır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Şengör vd., 2005). Genel olarak Karadeniz sahil şeridine kabaca paralel uzanan fay Bolu'nun doğusunda tek bir zon halinde gözlenirken Bolu'nun batısında iki kola ayrılır. Kuzey kol, İzmit Körfezi'nden Marmara Denizi'nin kuzey kesimini takip ederek Ganos Körfezi'ne uzanırken güney kol Marmara Denizi güney kıyılarından Ege Denizi'ne devam eder (Şekil 1.1). (Şaroğlu vd., 1992; Barka ve Reilinger vd, 1997; McClusky vd., 2000; Bozkurt, 2001; Reilinger vd., 2006; Şengör vd., 2005; Emre vd., 2011a,b; Meghraoui vd. 2012).

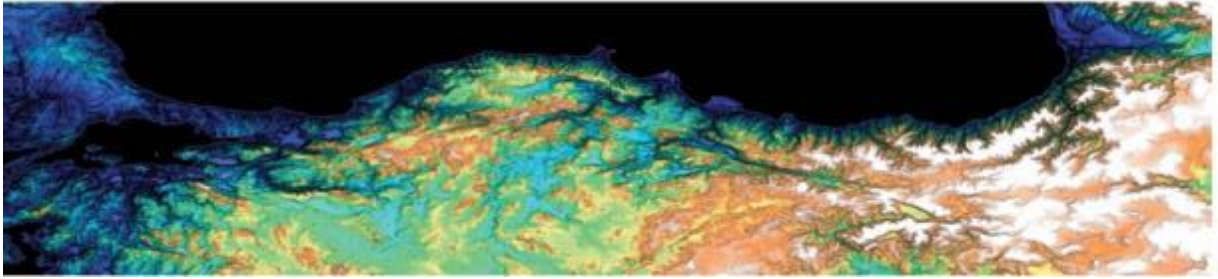
Anadolu'nun kuzeyinde sismik bir zayıflık zonunun varlığı, sismolojinin kurucularından Robert Mallet'in 1862 yılında yayımladığı büyük eseri “*Gözlemsel Sismoloji'nin Temel İlkeleri*” (*The First Principles of Observational Seismology*) adlı kitabının ikinci cildinde bulunan “Akdeniz'in Sismik Şeritleri” adlı haritanın yayımlanmasından beri yaygın olarak bilinmektedir. Ancak KAFZ, 1939 Erzincan felâketi ve onu izleyen depremler oluncaya kadar birkaç jeolog dışında kimsenin dikkatini çekmemiştir. Bu tarihten sonraki âfetler bu deprem hattının ayrıntılı çalışılmaya başlanmasında bir milat niteliğindedir (Şengör, 1996).

KAFZ boyunca Anadolu Bloku'nun batıya kaçmakta olduğunu ilk kez Ketin (1948) söylemiştir. Aynı yayında Ketin, Anadolu'nun güneyinde bu batıya kaçışı mümkün kılacak, KAFZ'nun simetriği, fakat sol-yanal bir fay (Şekil 1.1) olması gerektiğini de söyleyerek, 24 yıl sonra keşfedilecek olan Doğu Anadolu Fayı'nın varlığına dikkat çekmiştir. Ketin'in çizdiği tablo, Doğu Akdeniz aktif tektoniği ve deprenselliği hakkındaki çağdaş görüşlerin hâlâ temelini oluşturan kuramsal çatıdır (Şengör, 1996).

KAFZ, tek bir doğrultu izlememekte, yer yer büyük açılı kıvrılmalar yapmaktadır (Şekil 1.1 ve 1.2). Bazı bölgesel farklılıklar dışında doğuda doğrultusu KB-GD iken, orta kesimleride D-B, batıda ise KD-GB doğrultudadır (Şaroğlu, 1988). Fayın kuzey Ege

Denizi içerisinde uzanan kısmı Yunanistan'a doğru devam eder, Yunan Makaslama Zonu olarak adlandırılan geniş bozunma zonunu keser ve sonuçta Hellenik dalma-batma zonuna bağlanır (Dewey ve Şengör, 1979, Şengör vd., 2005).

KAFZ yaklaşık 13 ile 11 milyon yıl kadar önce Anadolu'nun doğu kesiminden oluşmaya başlamış ve batıya doğru ilerlemiştir (Şengör vd., 2005). KAFZ'una ait sayısal yükseklik modellerine bakıldığında KAFZ tarafından oluşturulan çizgisellik uydu görüntülerinden bile görülebilmektedir (Şekil 4.1) Saros Körfezi'nden Karlıova'ya kadar olan fay zonu boyunca; fay sarplıkları, ötelenmiş ve erozyonel nehir terasları, fay zonu ile ilişkili vadilerde erozyonel yüzeyler, belverme gölcükleri, kapanma sırtları ve basınç sırtları gibi morfolojik yapılar bulunmaktadır. Fay zonu bu yapılar ve üzerinde meydana gelen depremlerin oluşturdukları yüzey kırıkları sayesinde birbirinden kolayca ayrılabilen segmentlere bölünmektedir (Şaroğlu 1988).



**Şekil 4.1.** USGS'in ürettiği GTOPO 30 verileri ile Anadolu bloğunun sayısal yükseklik modeli. Modelde KAFZ'na ait çizgisellik net olarak görülebilmektedir (Şengör, vd., 2005).

KAFZ üzerindeki mevcut ötelenmeler ve atım miktarları oldukça tartışmalı bir konudur. Atım miktarları çalışmaların yapıldığı fay kesimine göre değişiklik göstermektedir. Egeran ve Lahn (1942-1946) ve Pavoni (1961) jeolojik haritalamalar yaparak fay zonunun toplam ötelenme miktarını tespit etmişlerdir ancak bu veriler gerçeği yansıtmamaktadır (Şengör vd.,2005). Pavoni'den birkaç yıl sonra Seymen (1975); Ankara-Erzincan suture zonunda  $85\pm 5$  km (Şekil 4.2'de, e-e') ötelenme tespit etmiştir. Bu değer Herece ve Akay (2003) tarafından Kuzey Anadolu Fayı Jeoloji Atlası'nda şimdiye kadar fayın toplam atım miktarı için yapılmış en güzel tahmin olarak nitelendirilmiştir (Şengör vd.,2005). Bergougnan (1976) ise Seymen'in ötelenme verilerine çok yakın veriler sunmuştur. Şengör (1979a) KAFZ'nun batı kesiminde mevcut ötelenmelerin doğu kesimdekilerden az olduğunu belirtmektedir. Barka (1981, 1992), Şaroğlu (1988) ve

Koçyiğit (1988, 1989) Seymen (1975)'in verilerinin gerçeği yansıtmadığını söylemiş ancak ispat edememişlerdir (Şengör vd.,2005).

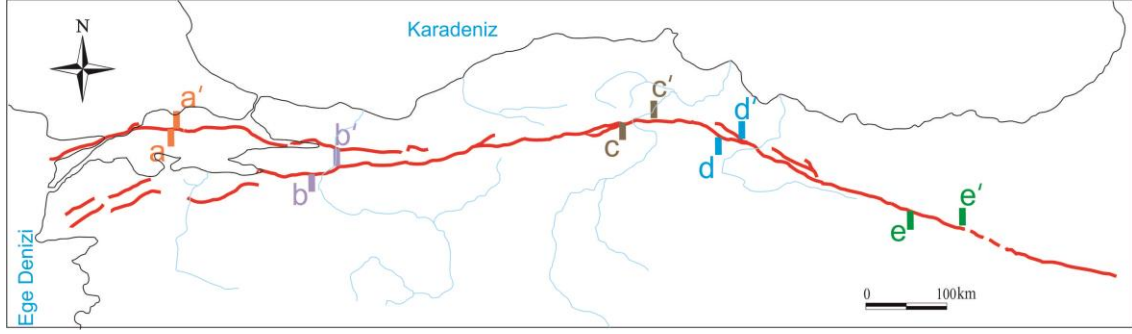
KAFZ üzerindeki derelerde meydana gelen ötelenmeler birçok araştırmacı tarafından ölçülmüştür (Egeran ve Lahn(1942-1946), Pavoni (1961), Seymen (1975), Şengör (1979a), Bergougnan (1976), Barka (1981,1992), Şaroğlu (1988), Koçyiğit (1988,1989), Herece ve Akay (2003), Hubert-Ferrari vd. (2002)).

Örneğin Turhal-Amasya düzlüğünde Yeşilırmak'da (Şekil 4.2'de, d-d'); yaklaşık 30 km'lik sağ yanal bir ötelenme ölçülmüştür. Bu ötelenme zayıf ofiyolitik melanjin içerisinde bulunan genç alüvyonların üzerinde meydana gelmiş olması sebebiyle bu denli azdır. Kuzey Anadolu Makaslama Zonu içerisinde kalan Sungurlu Fayı'nın meydana getirdiği ötelenmeyi de hesaba katarsak toplam 50 km ötelenmeden bahsedebiliriz (Şengör vd., 2005).

Kızılırmak'ın üzerinde KAFZ'nu kestiği Kargı ilçesi yakınlarında yaklaşık 40 km sağ yanal ötelenme mevcuttur (Şengör vd., 2005) (Şekil 4.2'de c-c').

Pamukova'da Sakarya Nehri üzerinde (Şekil 4.2'de, b-b'); Koçyiğit 1988 yılında yapmış olduğu çalışmasında yaklaşık 22 km, Şengör vd. ise 2005 yılında yapmış oldukları çalışmasında yaklaşık 26 km sağ yanal ötelenme tespit etmiştir.

Marmara Denizi içindeki merkez havzanın batı sınırında (Şekil 4.2'de, a-a'); Le Pichon vd. 2001 yılındaki çalışmasında ikiyüz bin yıldan bu yana oluşmuş olan (ki bu da KAF'ın bu bölgedeki yaşını işaret eder) yaklaşık 4 km'lik sağ yanal ötelenme tespit etmiştir. Bu güvenilir ötelenme ölçümlerinin dışında yapılan birçok ölçüm mevcuttur. Ancak bu ölçümler diğer çalışmacılar tarafından doğrulanamamıştır (Şengör vd., 2005).

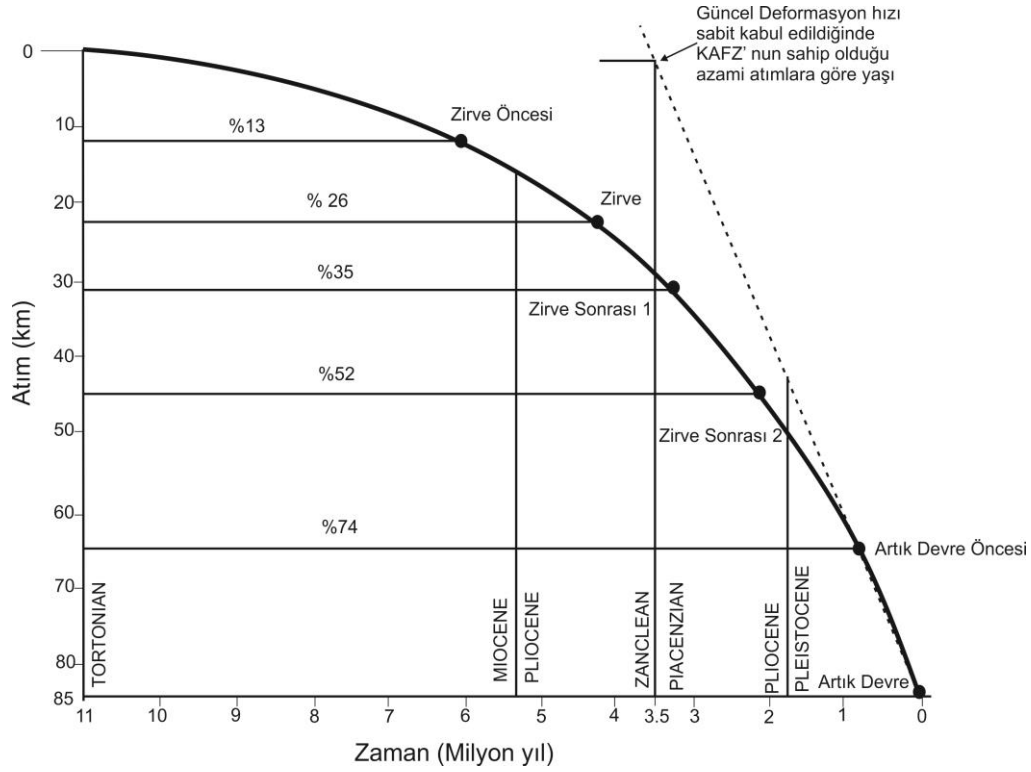


**Şekil 4.2.** KAFZ üzerinde meydana gelen ötelenmelerden örnekler. Ötelenmeler ile ilgili veriler a Şengör vd., 2005; Le Pichon vd., 2001; Bergougnan, 1976 ve Seymen, 1975'den alınmıştır.

KAFZ üzerindeki atım değerleri dağılımı incelendiğinde, toplam atım miktarının batıya doğru azaldığı, doğudan batıya doğru genel bir azalış eğiliminde oldukları görülür. Şengör vd. (2005)'e göre en doğuda 80 km civarında olan ötelenme miktarı, batıda Marmara Denizi içerisinde 4 km'ye kadar düşmektedir. Ancak, İzmit'in doğusunda  $55 \pm 3$  km'lik (Uçarkuş, 2010) ve Ganos Fayı üzerinde yer alan 9 km'lik (Aksoy, 2009) ötelenme bulguları Şengör vd. (2005) tarafından belirtilen ötelenme değerleri ile çelişmektedir. Yaltırak (2002) ise Marmara Denizi içerisinde bölgenin neotektonik döneminin ilk evresinde etkinlik gösteren Trakya-Eskişehir Fayı'nın KAFZ tarafından Doğu Marmara, Gemlik Körfezi ve Bursa doğusunda olmak üzere üç yerde kesildiğine dikkat çekerek, bu noktalarda görülen sırasıyla 58-59, 7-8 ve 10-11 km'lik atımların KAF için toplam 75-78 km'lik toplam yer değiştirmeye karşılık geldiğini ileri sürmektedir.

Doğudan batıya gidildikçe fay boyunca iddia edilen atım azalımı farklı şekillerde yorumlanmıştır. Barka (1992), bu azalımı batıda Anadolu Bloğu'nun içsel deformasyon dağılımına bağlarken, Şengör vd. (2005) fayın yaşının en doğuda orta-geç Miyosen, en kuzeybatıda en fazla geç Pleyistosen olduğuna dayanan bir model önermiştir. Şengör vd. (2005)'nin modeline göre geç Miyosen'de Marmara Denizi ve çevresinde geniş bir alanda makaslama ilişkin deformasyonu başladığı halde, ana yerdeğiştirme zonu olarak KAF'ın bu noktaya varması ikiyüz bin yıldan daha gençtir. Şengör vd. (2005), KAFZ'nun günümüzde 2.5 cm/yıl olan hareket hızının zamanda doğrusal olarak geriye sarılırsa günümüzdeki en yüksek atım miktarının 3.5 milyon yılda oluşacağını, bu durumda KAFZ'nun erken Pliyosen'de (Zanklean-Piansenziyan arasında) oluşması gerektiğini, ancak bunun 13-11 milyon yıl yaşındaki tektonik kökenli havzalarla tezatlık taşıdığına işaret eder. Bu nedenden dolayı, ilk oluşum anından hemen önce geçerli olan 0 cm/yıl'lık

hız, günümüzdeki hız olan 2.5 cm/yıl ile doğrusal değil, yumuşak bir eğri çizilerek ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.3). KAFZ'nun bir sismik süreksizlik olarak içerisinde yer aldığı makaslama zonu, 100 km genişliğinde ve 1200 km uzunluğunda tekdüze kabul edilerek, boy/en oranının Tchalenko (1970) 'nun gerçekleştirdiği deneyle aynı değerde olduğu belirtilmiştir. Bu deneyde “zirve öncesi” olarak adlandırılan evrede KAFZ, yaklaşık 6 milyon yıl önce toplam 11 km'lik atım ve 0.44 cm/yıl hareket hızına ulaşmıştır. Toplam yerdeğiştirmenin %13 ü bu devrede karşılanırken, deformasyon R (Riedel) ve R' (Anti-Riedel) yapıları ile karşılanmış, K45°B doğrultusunda gerilme çatlakları, K45°D yönünde ise bindirme ve kıvrımlar oluşmuştur. “Zirve” devresine 4.29 milyon yıl önce gelinirken, toplam 22 km atım ve 0.9 cm/yıl hız söz konusudur. Toplam yerdeğiştirmenin %26 sı gerçekleşmiştir. R' makaslamaları dönüp sabitlenirken, açılma çatlakları R makaslamalarının bazılarını birleştirmeye başlar (bu esnada yeni R'ler oluşmaya devam eder). Daha henüz ana fay oluşmamıştır. “Zirve sonrası” ise iki aşamalıdır. Birinci devreye 3.4 milyon yıl önce gelinirken hareket hızı 1.2 cm/yıla çıkmış, yer değiştirme 31 km ye ulaşmıştır. Bu, toplam atımın %35'i anlamına gelmektedir. R makaslamaları uzamış ve açılma çatlakları ile birleşmeye başlamıştır. Bu uzama ile başlayan R makaslamaları ileride oluşacak fayın bulunduğu yerde belirli bir kümeleşme yapar. “İkinci zirve sonrası” devrede ise uzayan ve çakışmaya başlayan R'leri birbirine bağlayan makaslamalarının ortaya çıkmasıyla birlikte bugünkü şekli ile KAFZ oluşur. Yerdeğiştirme miktarı 45 km ile toplam atımın %50'sinden fazlasına ulaşmıştır. 2 milyon yıl önce ulaşılan bu devrede hareket hızı 1.4 cm/yıla yükselir. 800 bin yıl önce gelinen “artık öncesi” devrede kararlı hale gelen fay, yılda 2 cm hıza ulaşmış ve toplam atımın %74'ünü gerçekleştirmiştir. “Artık” devrede iyice belli olan fay toplam atımın %100 ünü sağlar. Altı farklı istasyon üzerinde uygulanan modele göre KAFZ oluşuktan sonra 11 cm/yıl hızla doğudan batıya doğru ilerlemiştir (Zabcı, 2012).



**Şekil 4.3.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun sahip olduğu birikimli atım ve yaşı göz önünde bulundurularak üretilen diyagram. Bu modele göre deformasyon hızı doğrusal değil atım-zaman grafiğinde geniş bir eğri çizecek şekilde evrim geçirmiştir (Şengör vd., 2005'den Türkçeleştirilmiştir).

Şengör vd. (2005) bu bulgulardan hareket ederek, KAF boyunca kayma hızı evriminin nasıl gerçekleştiğini Tchalenko (1970)'nin modelindeki evrim basamaklarına uygun olarak yorumlamıştır. Buna göre fay boyunca gerçekleşen kayma hızı, 6 My öncesine kadar 0.44 cm/yıl iken, 4.2 My önce 0.9 cm/yıl değerine çıkmıştır. Toplam atımın 31 km'ye ulaştığı 3.4 My öncesinde ise oran 1.2 cm/yıl'dır. Pleistosen başlangıcında yani 2 My öncesinde 1.4 cm/yıl olan kayma hızı, 800 bin yıl önce 2 cm/yıl'lık bir değere ulaşmıştır. KAFZ'nun güney kolu diğer Kuzey Anadolu Makaslama Zonu içerisinde gelişen yapılara oranla çok daha yavaş evrilmekte, gelişmektedir. Kuzey kolu ise geç Pliyosen'den günümüze oldukça hızlı bir gelişim göstermektedir (Zabcı, 2012).

KAFZ'nun evrimi ile ilgili yapılan modelin tam anlamıyla KAFZ'nu temsil ettiğini söylemek güçtür. Üretilen model KAFZ'na ayrıntılı bakıldığında çok daha sade ve basit kalmaktadır (Şengör vd. 2005).

İlerleyen teknolojik imkânlar ile KAFZ'nun deformasyon hızı fay zonu üzerinde meydana gelen atım miktarlarının yanısıra GPS ölçümleri ile de belirlenmeye çalışılmıştır.

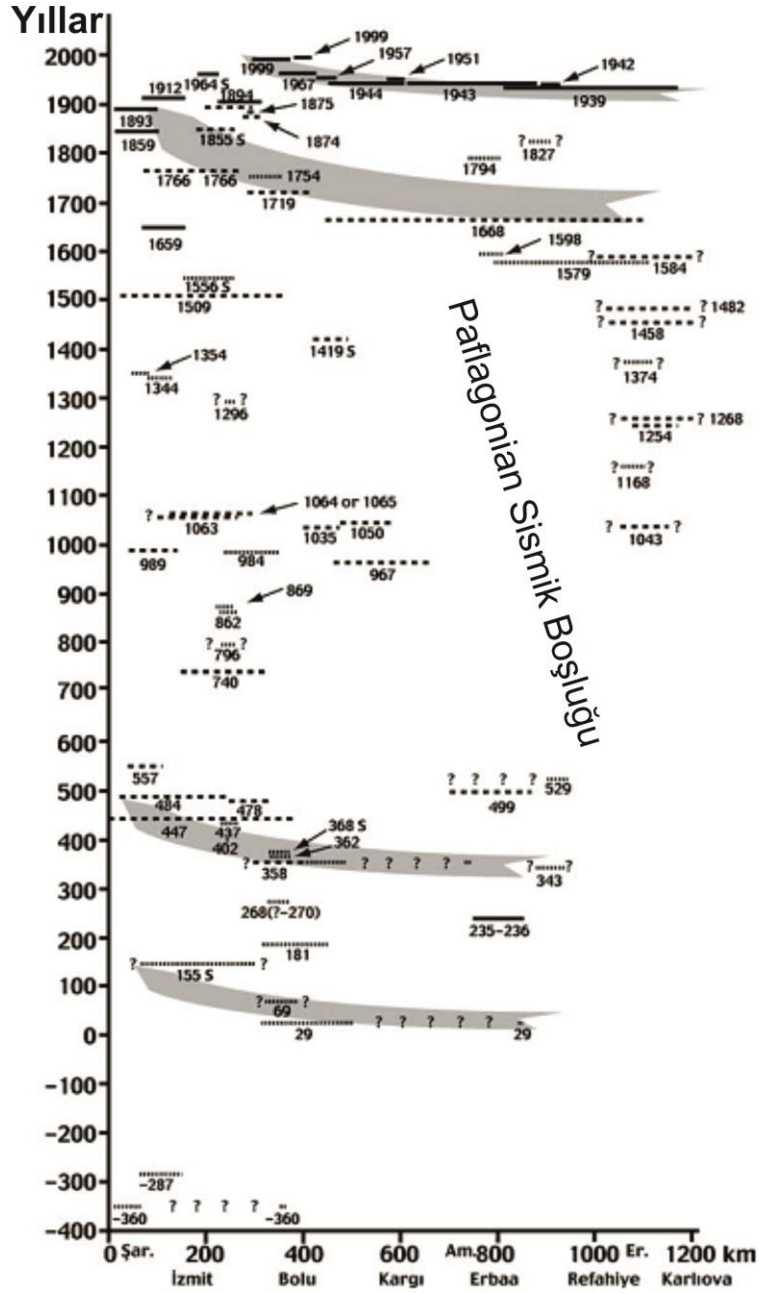
GPS ölçümlerine dayalı jeodezik kayma hızı bulguları 17-27 mm/yıl arasında farklı değerler taşır (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 1997; Reilinger vd., 2006; Straub vd., 1997; Yavaşoğlu vd., 2011). Reilinger vd. (2006) Anadolu Bloğu'nun batı yönlü hareketinin KAFZ boyunca  $24 \pm 1$  mm/yıl'lık bir hızla gerçekleştiğini hesaplarken, Le Pichon ve Kreemer (2010) aynı hareketin bu fay zonu boyunca sabit 26 mm/yıl'lık oranla gerçekleştiğini öne sürer. Jeolojik kayma hızları ise temsil ettikleri zaman aralıklarına göre 10 ila 26 mm/yıl aralığında farklı değerler gösterirler (Aksoy vd., 2010; Hubert-Ferrari vd., 2002; Kozacı vd., 2007; Kozacı vd., 2009; Meghraoui vd., 2012; Polonia vd., 2004; 2 Pucci vd., 2008; Zabcı'dan (2012)).

#### **4.2 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Depremselliği**

KAFZ'nun sismik aktivitesi tarihsel dönemlerden beri bilinmektedir. KAFZ üzerinde M.Ö. 400 ile 2000 yılları arasında meydana gelen depremler Şengör vd. (2005) tarafından; Ambraseys 1975, Soysal vd., 1981, Ambraseys ve Finkel 1987,1991, Guidoboni vd., 1994, Ambraseys ve White 1997, Ambraseys ve Jackson 1998, Kropschot 2000 ve Ambraseys 2002'den derlenmiştir. Şekil 3.5'de verilen depremler KAFZ üzerinde kaydedilen ve büyük hasar yaratan depremlerdir.

Tıpkı 20. yy'da olduğu gibi tarihsel dönemlerde meydana gelen depremler zaman içerisinde doğudan batıya göç eden bir döngü sergilemiştir. Bu bakış açısı ile aynı döngünün birinci – ikinci ve dördüncü - beşinci yüzyıllarda tekrarlandığı söylenebilir. Bazı istisnalar dışında 1719 ve 1912 tarihleri arasında meydana gelen depremlerde yine doğudan batıya doğru göç eden bir deprem döngüsü içerisinde meydana gelmiştir. Paflagonian sismik boşluğu olarak adlandırılan suskun dönemin büyük hasara yol açan ve toplam 600 km uzunluktaki birkaç segmenti kıran 1668 depreminin öncesine denk geldiği görülmektedir (Şekil 4.4) (Şengör vd., 2005). KAFZ'nun 20. Yy deprem aktivitesi incelendiğinde, hasar verici büyük depremlerin doğudan batıya göç ettikleri görülmektedir (Şekil 3.2) (Egeran ve Lahn, 1944, Şaroğlu vd., 1987, Ketin ve Rösli, 1953; Ambraseys, 1970; Barka, 1992; Barka 1996; Stein vd.,1997).



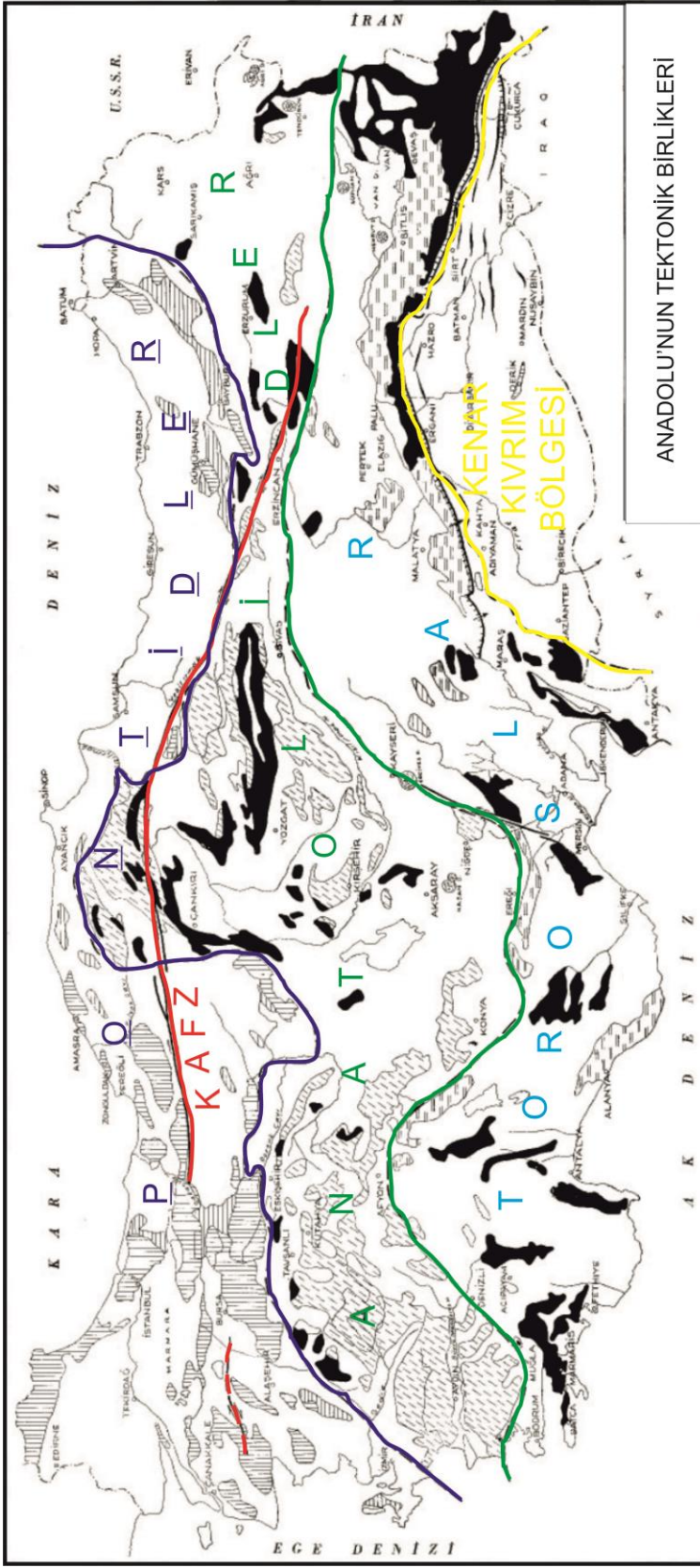


## 5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLojİK VE NEOTEKTONİK KONUMU

### 5.1 Çalışma Alanının Jeolojisi

Anadolu Bloğu'nu tektonik birliklere ayırma çalışmaları Naumann (1896) tarafından başlatılmış, daha sonra sırasıyla Argand (1924), Staub (1924), Seidlitz (1931), Kober, (1921, 1942), Arni (1939), Blumenthal (1946), Egeran (1947), Wijkerslooth (1942), Pertroscheck (1954-1955), Pınar ve Lahn (1952), Brun (1960-1961), Ten Dam ve N.Tolun (1961) tarafından yapılan çalışmalar ile ilerletilmiştir.

1800'lü yılların sonlarında başlayan çalışmalar, 1959'da Ketin'in yapmış olduğu çalışma ile devam etmiştir. Ketin (1959), Anadolu'nun jeolojisini de dikkate alarak orojenik gelişme esasına göre kuzeyden güneye doğru; "Pontitler", "Anatolidler", "Toroslar" ve "Kenar Kıvrım Bölgeleri" olmak üzere dört ayrı tektonik birlik isimlendirmiştir (Ketin, 1966). KAFZ'nun kuzey kesiminde, Karadeniz kıyı dağlarını, Marmara, Ege kıyılarını ve Karaburun yarımadasına kadar uzanan Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'ni kapsayan Pontidler yer almaktadır. Kuzeyden güneye doğru gidildiğinde ikinci birliği oluşturan Anatolidler Orta ve Batı Anadolu kristalin masiflerini ve metamorfik serilerini ihtiva eder (Şekil 5.1) (Ketin 1966, Okay ve Tüysüz, 1999).

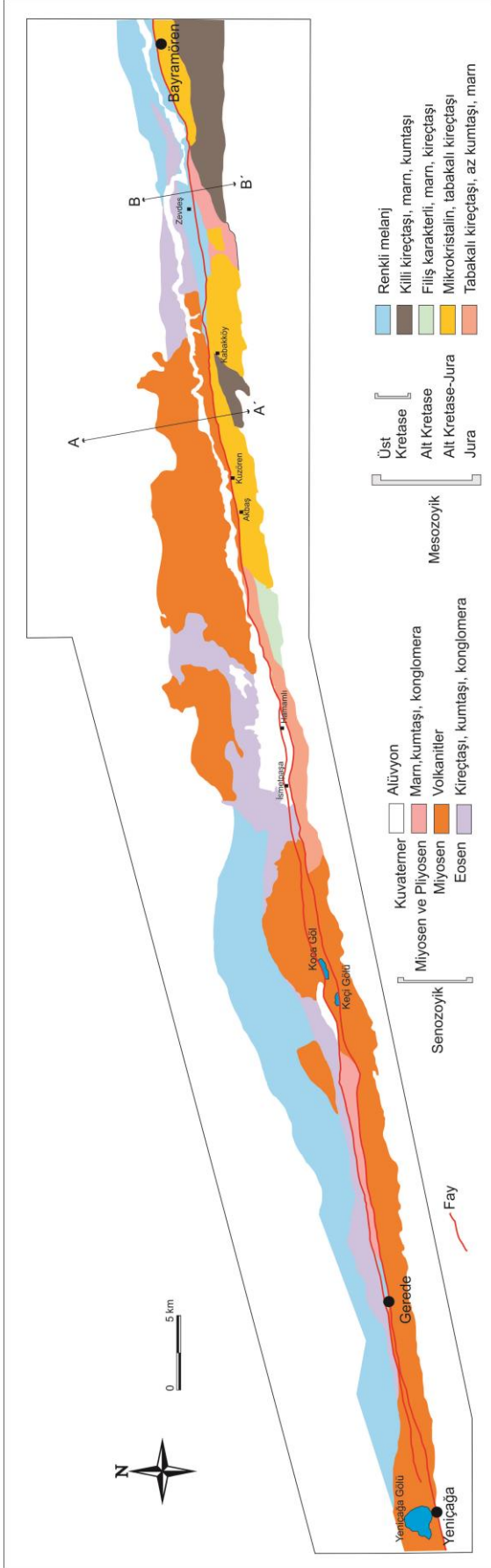


Şekil 5.1 Anadolu'nun tektonik birlikleri (Ketin, 1966'dan yeniden çizilmiştir).

Çalışma alanında Paleotektonik ve Neotektonik dönemlerde oluşmuş, yaşları Mesozoyik'ten günümüze kadar değişen, sedimanter ve volkanik kayalar mostra vermektedir (Blumenthal 1948, Öztürk 1968, Tokay 1973). Mesozoyik birimler Jura ve Kretase yaşlı kayalardan, Senozoyik birimler ise Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı kayalardan oluşmaktadır.

Çalışma alanında Arkotdağ Melanjı olarak bilinen birim; renkli melanjdır ve bu birim bölge morfolojisini oluşturmada önemli rol oynar (Şaroğlu, 1988). Birimin içinde kaotik biçimde Üst Kretase, Üst Jura-Kretase, Alt Kretase yaşlı kireçtaşı-kumtaşı, grovak, konglomera, kiltası, radyolarit gibi tortul, metakuvarsit, fillit, kalkışit, marn, tuf, diabaz akışları gibi metamorfik, ayrıca serpantinleşmiş peridotit, gabro, granit gibi püskürük kayaları bloklar halinde yer almaktadır (Tokay 1973). Bu melanj özellikle fayın kuzey bloğunda yaygın olarak görülür (Şekil 5.2).

Yeniçağa ve İsmetpaşa arasındaki Eosen yaşlı kayalar genellikle detritik ve volkanik kaya birliklerini içerir. Bunlar geçişli birimlerdir ve üst kısımlarında volkanikler baskındır. Volkanikler; aglomeralar, tuf ve andezitlerden, detritikler; kumtaşı, konglomera ve kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Fayın güneyinde ise yaygın olan Geç Miyosen yaşlı Kızılcahamam volkanikleri tuf, aglomera ve andezitlerdir. Fayın kuzeybatıda kestiği Pliyosen yaşlı bir diğer birim ise marn, kumtaşı, konglomera, killi kireçtaşlarından oluşur. Bölgede oldukça yaygın olan Kuvaterner birimler ise; Talus konileri, döküntü malzemeler, gölsel sedimanlar ve alüvyal malzemelerden oluşmaktadır (Şekil 5.2) (Tokay, 1973; Şaroğlu 1988).



Şekil 5.2. Çalışma alanı jeolojisi haritası (Tokay (1973)'dan alınarak yeniden çizilmiştir).

Çalışma alanında bulunan jeolojik birimler daha ayrıntılı incelendiğinde aşağıda bahsedilen kayaç türlerinin bölgeye hâkim olduğu görülmektedir. Gerede'den Koca Göl ve Keçi Gölü arasındaki basınç sırtına kadar olan bölüm değişik yaşlarda kaya türlerini içermektedir. KAFZ'nun güneyinde yer alan kesimi, bordo renkli kireçtaşları ile bu kireçtaşlarının yanal ve düşey karşılığına gelen, killi kireçtaşı, çamurtaşı, kumtaşı, çakıltaşları, split, tuf, bazalt, ve andezitlerden, kuzeyinde yer alan kesimi ise, batıdan doğuya doğru, Üst Pleyistosen ve Holosen yaşlı alüvyal fan ve akarsu çökelleri, daha doğuda, basınç sırtına doğru ise, Pliyosen yaşlı, çakıltaşı, kumtaşı birimleri ve Alt Orta Eosen yaşlı kumtaşı, şeyl birimlerinden oluşmaktadır (Koçyiğit vd., 2005) (Şekil 5.2).

Koca Göl'den İsmetpaşa'ya kadar olan alanda fayın kuzey kesimi killi kireçtaşı, çamurtaşı, kumtaşı, çakıltaşları, split, tuf, bazalt, ve andezitlerden oluşmaktadır. Aynı alanda, fayın güney kesiminde ise, İsmetpaşa, Akbaş, Kuzören'i takip ederek Kabakköy'e kadar Pliyosen yaşlı, çakıltaşı-kumtaşı birimi ve Üst Jura, Alt Kretase yaşlı kireçtaşı birimleri yer almaktadır. Genel olarak İsmetpaşa Havzası, Üst Pleyistosen- Holosen yaşlı alüvyon, alüvyal fan, taşkın ve nehirsal çökellerden oluşmaktadır (Koçyiğit vd., 2005) (Şekil 5.2).

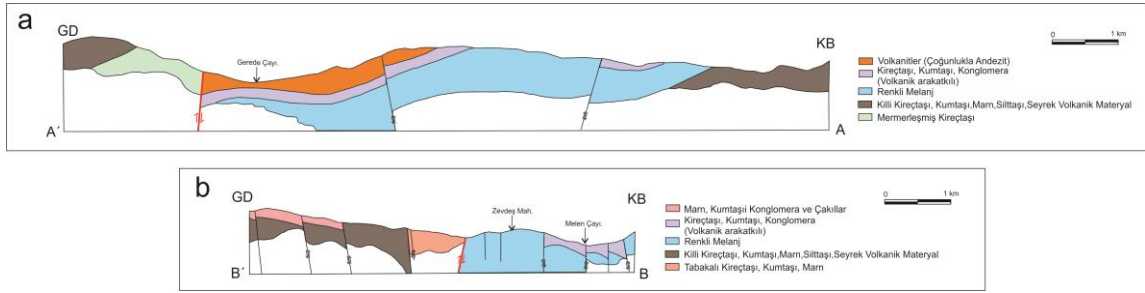
Hamamlı ve Kuzören civarlarında Miyosen-Pliyosen yaşlı bej-gri, pembemsi renkte, orta-kalın tabakalı kireçtaşı, sarı renkli marn ve dolomitik kireçtaşları ile temsil edilmektedir (Tokay,1973).

Hamamlı doğusunda, KAFZ'nun güneyinde çalışma alanının sonu olan Bayramören'e kadar devam eden alanda, yer yer Üst Pleyistosen, Holosen yaşlı alüvyon, alüvyal yelpaze, taşkın ve nehir çökelleri ve Mesozoyik yaşlı peridotitler görülmektedir (Tokay, 1973).

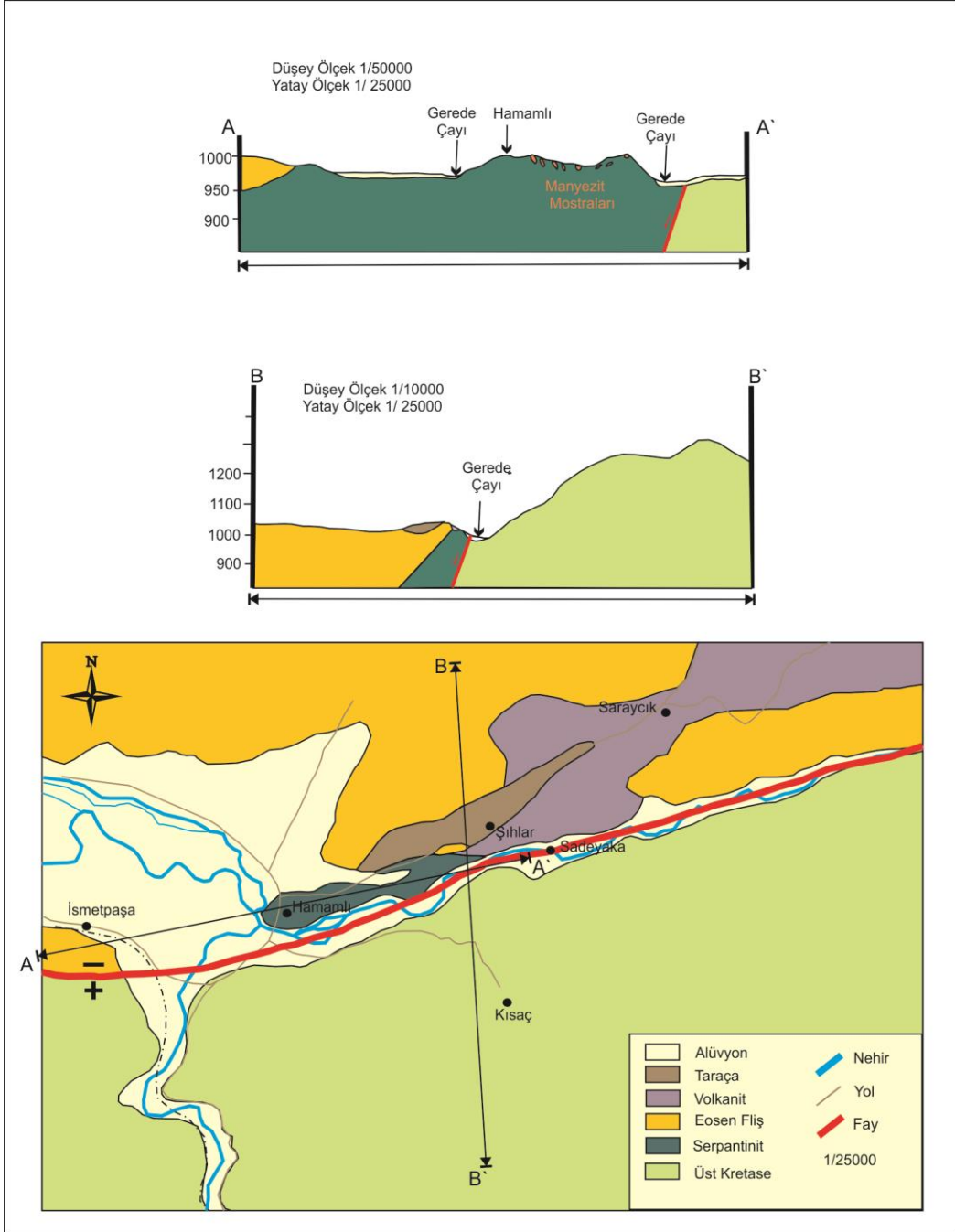
Gerede-Bayramören arasında yapılan ayrıntılı jeoloji ve aktif fay haritalamaları sonucunda fay doğrultusunu yaklaşık olarak dik kesecek şekilde jeolojik kesitler alınmıştır (Tokay, 1973 ve Pınar, 1977). Tokay (1973) tarafından alınan kesitlerde düşey eksen ölçeksiz olsa da çalışma alanı boyunca yüzeyde görülen birimlerin dışında, yüzeyin altındaki jeolojik birimler ve faylar kesitler üzerinde gösterilmektedir. Tez çalışması kapsamı içerisindeki lidar ölçüm lokasyonları ile en yakın yerlerde bulunan A-A' ve B-B' kesitleri verilmektedir (Şekil 5.2, 5.3.a ve b). Pınar (1977) ise Tokay (1973)'ın aldığı

kesitlere göre daha küçük ölçek ile KAFZ üzerinde bulunan Hamamlı Köyü doğusunda yatay ve düşey ölçeği olan jeolojik kesitler almıştır (Şekil 5.4).

Tokay (1973) ve Pınar (1977)'in çalışmalarına göre daha güncel olan bir başka çalışmaya da Koçyiğit vd. (2005) tarafından yapılmıştır. Koçyiğit vd., (2005) genel olarak, Üst Pleyistosen - Holosen yaşlı alüvyon, alüvyal fan, taşkın ve nehirsel çökellerden oluşmakta olan İsmetpaşa Havzası'nı K-G doğrultusunda kesen bir jeolojik kesit almıştır (Şekil 5.5).

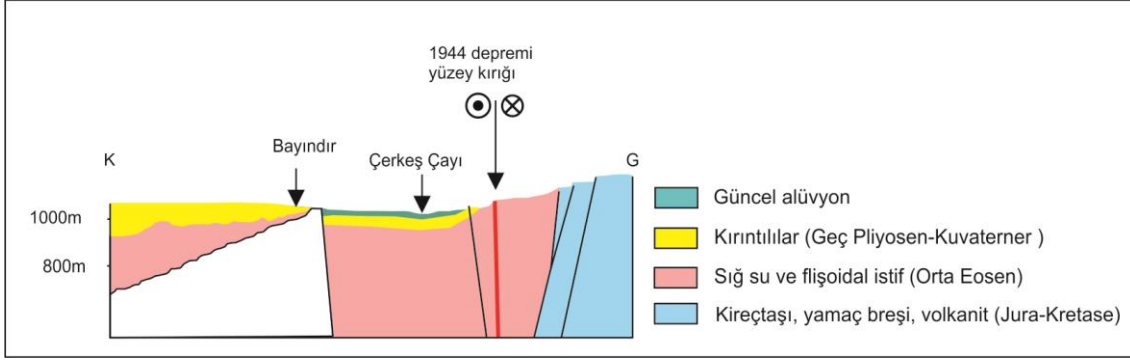


**Şekil 5.3.a ve b.** Gerde-Bayramören arasında Tokay (1973) tarafından yapılan jeolojik kesitlere 2 örnek. Kırmızı renk ile gösterilen fay Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun aktif olan kolunu göstermektedir.



**Şekil 5.4.** Hamamlı Mahallesi (Eskipazar) ve civarının jeoloji haritası ve KAFZ'a yaklaşık olarak dik alınan jeolojik kesit (Pınar (1977)' den alınarak yeniden çizilmiştir.)



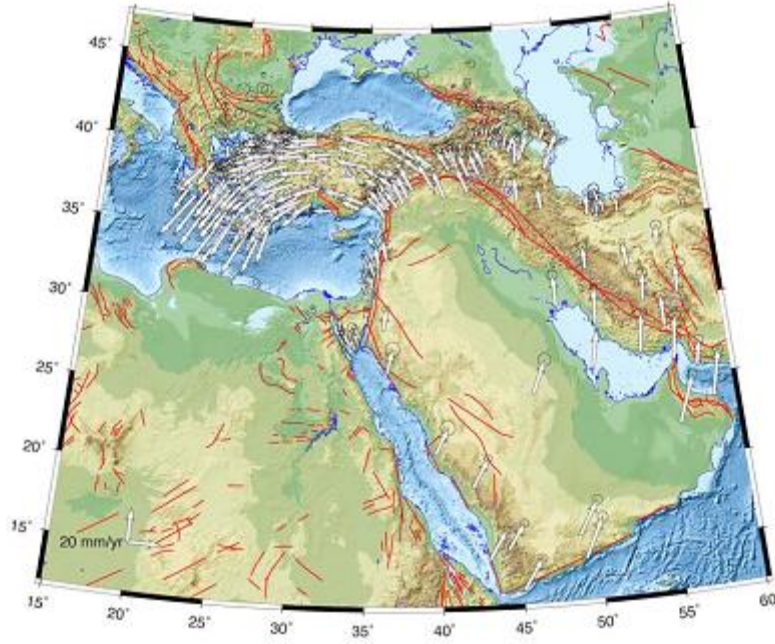


**Şekil 5.5.** İsmetpaşa Havzası ve yakın çevresinin tektonik yapısını gösteren enine jeolojik kesit (Koçyiğit vd., 2005'den değiştirilerek yeniden çizilmiştir).

## 5.2 Çalışma Alanının Neotektonik Konumu

Anadolu'da neotektonik dönemin başlangıcı olarak düşünülen Avrasya-Arabistan levhalarının çarpışması, özellikle Doğu Anadolu yığışım karmaşığı tarafından kıta içi deformasyonla karşılanmaya başlar (Şengör vd., 2005). Kalınlaşan kabuğun oluşturduğu yığışım karmaşığının içerisinde yer alan zayıf zonlar, KAFZ'nun bu zayıflıklar üzerine yerleşmesine ve birbirine paralel kollardan oluşan geniş bir deformasyon zonuna sahip olmasını denetleyen başlıca etken olmuştur (Şengör vd., 2005, Zabcı, 2012'den). Geç Miyosen (Tortoniyen) sonrası Doğu Anadolu'da kıtasal kabuğun kalınlaşması (Şengör ve Kidd, 1979) Anadolu'nun KAFZ ve DAFZ boyunca itilmeye başlamasıyla son bulur (Şengör vd., 1982; Şengör vd., 1985).

Arabistan levhasının kuzey-kuzeybatı yönlü hareketi jeodezik modellere göre yaklaşık  $20 \pm 3$  mm/yıl'lık bir hızda gerçekleşir (Reilinger vd.,1997). Aynı zamanda Afrika Levhası göreceli olarak daha yavaş, 10 mm/yıl'lık bir hızla kuzeye doğru ilerler (Oral vd.,1995). Güneyde gerçekleşen bu itme kuvveti sonucu, Anadolu Levhası KAFZ boyunca jeodezik ölçümlerden elde edilen modellere göre ortalama 25 mm/yıl'lık bir hızla batıya doğru hareket eder (Le Pichon ve Kreemer, 2010; McClusky vd., 2000; Reilinger vd.,1997; Reilinger vd.,2006) (Şekil 5.6).



**Şekil 5.6** Afrika / Arabistan levhalarının çarpışması sonucu oluşan faylar kırmızı çizgiler ile ve GPS ölçümlerine göre (Reilinger vd., 2006) blokların Avrasya'ya göre hareket yönleri beyaz renkli oklar ile gösterilmiştir.

Gerede-Bayramören arasında DKD -BGB doğrultusunda uzanan KAFZ'nun genişliği, 1-9 km arasında değişmektedir. KAFZ'nun bu kesiminde fay 80 km boyunca neredeyse tek bir kol olarak uzanmaktadır ve doğrultu atımlı bir fayın sunabileceği morfolojik yapıların hemen hemen tümünü bünyesinde barındırır (Şekil 7.2). Bunlar, belverme gölcükleri, basınç sırtları, fay vadileri, yükselen teraslar, faya paralel uzanan, ötelenen alüvyal fanlar ve traverten oluşumlarıdır. Fay uzanımı yalnızca Kapaklı ile Semerciler arasında sağa sıçrama, İsmetpaşa ve Güvem köyleri yakınlarında ise yine sağa doğru hafif büküm yapmaktadır (Ek 1).

KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesiminin oluşumu Geç Pliyosen (~2.6Ma) yaşlıdır ve üzerinde biriken toplam atım yaklaşık 45 km'dir. Fay üzerindeki kayma değeri ise jeolojik bulgulara göre 16,5 mm/yıl, jeodezik yöntemler ile (GPS); 18 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Ayhan ve Koçyiğit, 2010). Ayhan ve Koçyiğit (2010) 1944 yılında meydana gelen depremde 191 km uzunluğunda, K 76°D doğrultulu bir yüzey kırığı olduğundan söz etmektedir. Ayrıca bu fay zonundan kaynaklanabilecek büyük bir depremin tekrarlanma periyodu jeodezik ve jeolojik verilere dayanarak sırasıyla 232±25 yıl ve 266±35 yıl olarak hesaplanmıştır (Ayhan ve Koçyiğit, 2010).

Ayhan ve Koçyiğit 2006 yılında yaptıkları GPS ölçümleri ve sismolojik veriler ile sismojenik katmanın kalınlığının bu bölgede ~16 km olduğunu, ortalama kabuk kalınlığının  $31\pm 2$  km olduğunu tespit etmişlerdir. Reilinger vd. (2006) ise yapmış olduğu çalışmada intersismik hızları kullanarak yaptığı modellemeler ile 15 km kilitlenme derinliği tespit etmiştir. Çakır vd. (2005) ise GPS verilerine göre bölgede kilitlenme derinliğinin 10 ile 17 km arasında değiştiğini, InSAR verilerine göre ise 14 km olduğundan söz etmektedir.

### **5.3 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği**

Çalışma alanının depremselliği, tarihsel dönem ve aletsel dönem depremleri başlıkları altında ayrıntılı olarak incelenecektir.

#### **5.3.1 Tarihsel dönem deprem aktivitesi**

Çalışma alanında 1900 yılı olarak kabul edilen aletsel dönem başlangıcından önce birçok deprem kaydı bulunmaktadır. Sipahioğlu (1984) çalışmasında M.Ö. 300 ile M.S. 1900 yılları arasında KAFZ'nun Bolu-Çankırı-Kastamonu arasında kalan bölgede şiddet değeri (MSK) V ile VIII arasında değişen 9 tarihsel deprem tespit etmiştir. Aynı çalışmada KAFZ'nun orta segmentinde geniş bir alan içerisinde M.S. 1700 yılına kadar şiddeti VIII'e kadar çıkan depremlere sık rastlanılmadığı belirtilmiştir. Tarihsel deprem verileri KAFZ Gerede-Bayramören arasında kalan kesiminin diğer segmentlere oranla daha az sayıda depremden etkilendiğini göstermektedir (Sipahioğlu, 1984; Ambraseys ve Finkel, 1995). Farklı çalışmacılar tarafından tespit edilen tarihsel depremler derlenerek Çizelge 5.1 elde edilmiştir. Çizelgede sunulan verilerin alındığı kaynaklar şu sıra ile numaralandırılmıştır. 1; Soysal vd., 1981, 2; Ambraseys ve Finkel, 1995, 3; Ambraseys ve Jackson, 1998, 4; Guidoboni vd., 2005, 5; Ambraseys, 2009.

**Çizelge 5.1.** Tarihsel Deprem Kataloglarından elde edilen veriler ile KAFZ boyunca Gerede Bayramören arası ve yakın çevresinde meydana gelen tarihsel depremler

Tarih	Dış Merkezler		Maksimum Şiddet	Yer- Açıklama	Kaynak
	Boylam	Enlem			
M.Ö. 427	31.4	41.2			1
M.Ö. 360	31.4	41.2			1
32	31.05	40.5		Bolu-Gerede arasındaki Honoros bölgesinde yüzey kırığı oluşmuştur.	3
2 Eylül 967				Bolu-Gerede	2,5
968				Çorum	2
Mayıs, 1035				Gerede-Çerkeş arasındaki yıkma neden olmuştur. Gerede-Hamamlı arası 60 km yüzey kırığı oluşturmuş, Çerkeş nehri akışı durmuş, Bayındır'a giden yol kapanmıştır.	2,5
18 Aralık 1036				Hamamlı- Bayındır	5
1045				Hamamlı	2
5 Ağustos 1050	33.37	40.35	IX	Çankırı Tosya yıkılmış, 80 km'lik bir hat boyunca heyelanlar, çökme kırılmaları tetiklenmiş, küçük su birikintileri bataklıklar oluşturmuştur.	2,4

Çizelge 5.1. devamı

Tarih	Dış Merkezler		Maksimum Şiddet	Yer- Açıklama	Kaynak
	Boylam	Enlem			
03.07.1668	31.60	40.70	VIII	1668 deprem serisinde (9 büyük deprem) hızlı bir enerji boşalımı olmuş, Bolu'dan Erzincan'a kadar 600 km yüzey kırığı oluşmuş.	1,2,5
10.07.1668	33.80	41.30	VII		
17.08.1668	33.80	41.20	VII		
1 Şubat 1840				Çankırı- Bayramören- Melan- Dalgaz, Gerede Çayı civarında hissedilmiş	5
1845	33.60	40.60	V	Çankırı	1,2
24 Eylül 1863			Çok güçlü	Bolu	5
2 Şubat 1878			Orta	Çankırı	5

Çizelge 5.1 devamı

Tarih	Dış Merkezler		Maksimum Şiddet	Yer- Açıklama	Kaynak
	Boylam	Enlem			
08.09.1881	33.60	40.60	VIII	Çankırı	2
1882	34.00	41.00	VI	Tosya-İskilip-Kastamonu	2
1883	33.70	41.00	VI	Kastamonu-Çankırı	2
22 Nisan 1888			V	Çankırı	2
1890	33.80	41.30	VI	Kastamonu	1,2
27 Temmuz 1895			Güçü	Çankırı-Çerkeş'te hissedildi	5
3 Mayıs 1897			Güçlü	Çerkeş	5
27 Mayıs 1897				Kurşunlu, 60 km çapında bir alanda hasara sebep olmuştur.	5
1898				Çankırı-Gerede'de hissedilmiş	5

### 5.3.2 Çalışma alanının aletsel dönem deprem aktivitesi

Çalışma alanında, aletsel dönemin başlangıç tarihi olan 1900 yılından itibaren günümüze kadar meydana gelmiş 200'e yakın depremden 30'unun büyüklüğü 5 ve üzerindedir. Bunlardan 5 tanesi büyük hasara yol açmıştır. Bu depremler 1902 Çankırı, 1944, Gerede, 1951 Kurşunlu, 1953 Çerkeş ve 2000 Orta depremidir.

Merkez üssü Çankırı'nın Korgun ilçesi yakınlarında olan ve kuvvetli artçı şoklarla devam eden 1902 depremi (Ms:5.5), Çankırı ve yakın çevresinde önemli düzeyde hasara neden olmuştur. Deprem sonrası Çankırı merkezinde 3000 evin yıkıldığı, 4 kişinin öldüğü ve 100 kişinin yaralandığı belirtilmiştir (Ambraseys, 1988). Sarsıntı Orta Anadolu'da doğuda Amasya –Ladik, batıda Bolu'ya kadar olan bir alanda hissedilmiştir (Ambraseys and Jackson, 1998).

1 Şubat 1944 tarihinde meydana gelen deprem Abant'tan Ilgaz'a kadar 200 km. uzunluğunda yüzey kırığı oluşturmuş, önemli can kaybı ve yapısal hasara neden olmuştur (Ambraseys, 2009). Depremin merkez üssü Karabük ili Eskipazar ilçesi'ne bağlı İmanlar Köyü'nün kuzeybatısındadır (40.9°K, 33.6' D) (Ambraseys ve Jackson 1998; Öcal,1966). Bayramören'den başlayarak batıya doğru Soğanlı çayı vadisi boyunca uzanan ve Gerede içerisinde geçerek Bolu güneyinden Abant Gölü'ne kadar devam eden yüzey kırığı, (Şekil 4.7) Gerede içerisindeki bazı bahçe duvarlarını 2 - 3 m, Bolu'nun 5 km güneyindeki kaplıca yolunu 3.5 m yatay olarak ötelemiştir. Burada fayın baskın karakteri yine doğrultu atımlı ve sağ yönlü olup, ayrıca 40 - 100 cm kadar düşey atımı vardır ve kuzey blok güneydekine nazaran, sağa ve aşağı doğru ötelenmiştir (Ketin 1969). Şiddeti; X ve büyüklüğü 7.4 olan 1944 depremi 3939 kişinin ölümüne ve 20865 evin yıkılmasına sebep olmuştur.

13 Ağustos 1951 tarihinde meydana gelen (Mw) 6.9 büyüklüğündedir. Depremi oluşturan fay üzerinde 60 cm yanal, 30 cm kuzeydeki blok aşağı yönlü olmak üzere düşey bileşen tespit edilmiştir (Pınar, 1953; Ketin, 1969; Ambraseys, 1988; Mekik vd., 2013). Depremin merkez üssü Karabük ili Eskipazar ilçesine bağlı Hamamlı Köyü'nün 3.5 km DGD'sunda (40.86° K, 32.68' D) yer alır (Mc Kenzie, 1972). 1951 depremi sonucu oluşan yüzey kırığının toplam uzunluğu 60 km olarak tespit edilmiştir. Ketin (1969), Gerede – Ulusu vadisinde, Demirci ile Kuzören (Soğanlı Çay) arasında 40 km'lik mesafede, 1944

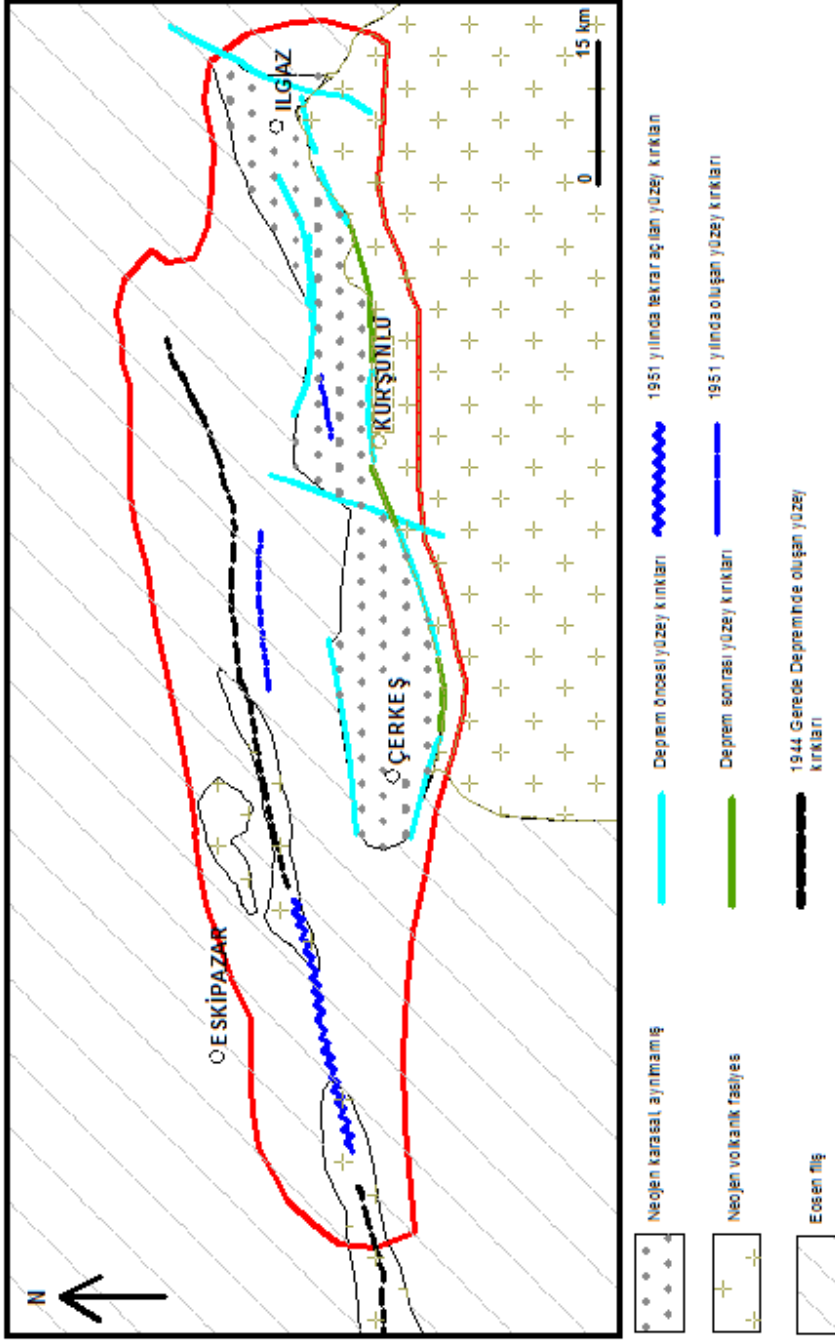
Gerede depremi ile kırılan fayın yeniden harekete geçtiğini, Soğanlı Çayı'nın güneyinde, Afşar-Bayramören arasında yeni bir fayın meydana geldiğini, Kurşunlu kuzeyinde, Hacımusalı yakınında, 6-8 km. boyunca diğer bir fayın meydana geldiğini belirtmiştir (Şekil 5.7 ve 5.8). Bu 3 fay parçasında da yatay ve düşey atımlar tespit edildiğini, İsmetpaşa ve çevresinde, kademeli olarak sıralanmış tansiyon çatlaklarının oluştuğu ve tren istasyonu yakınlarında demir yolunun ötelenerek "Z" şeklini aldığı gözlenmiştir (Pınar, 1953).

Ketin (1969), KAFZ üzerine yapmış olduğu çalışmada, 1951 Kurşunlu depreminden bahsetmiş, Pınar (1953)'ın deprem sonrası yapmış olduğu haritayı değiştirerek çizmiştir (Şekil 5.8).

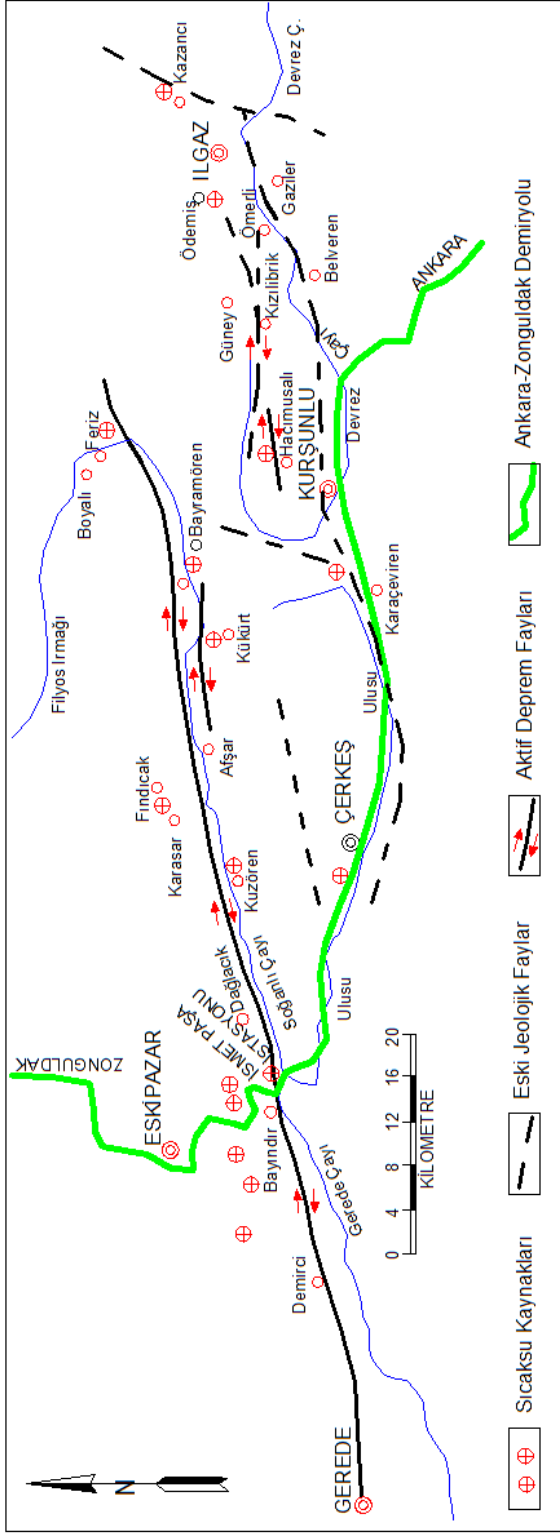
Özmen, 1999; Eyidoğan vd., 1991; Biryol, 2004 çalışmalarında 1951 Kurşunlu depremine ait odak mekanizması çözümlenmeleri yapmışlardır (Şekil 5.10). Özmen (1999)'da verilen odak mekanizması çözümlenmelerinde fayın doğrultusunun K46B olduğunu belirtmektedir. Eyidoğan vd. (1991) tarafından yapılan başka bir odak çözümlenmesinde ise, depremde sağ yanal atımlı hareketin baskın olduğu, bununla birlikte bir miktar normal faylanma bileşeninin de olduğu belirtilmiştir (Şekil 5.9).

Barka ve Kadinsky-Cade (1988), KAFZ üzerinde yaptıkları çalışmalar ile 1944, 1951 ve daha birçok depreme ait yüzey kırıklarını haritalamışlardır (Şekil 5.10).

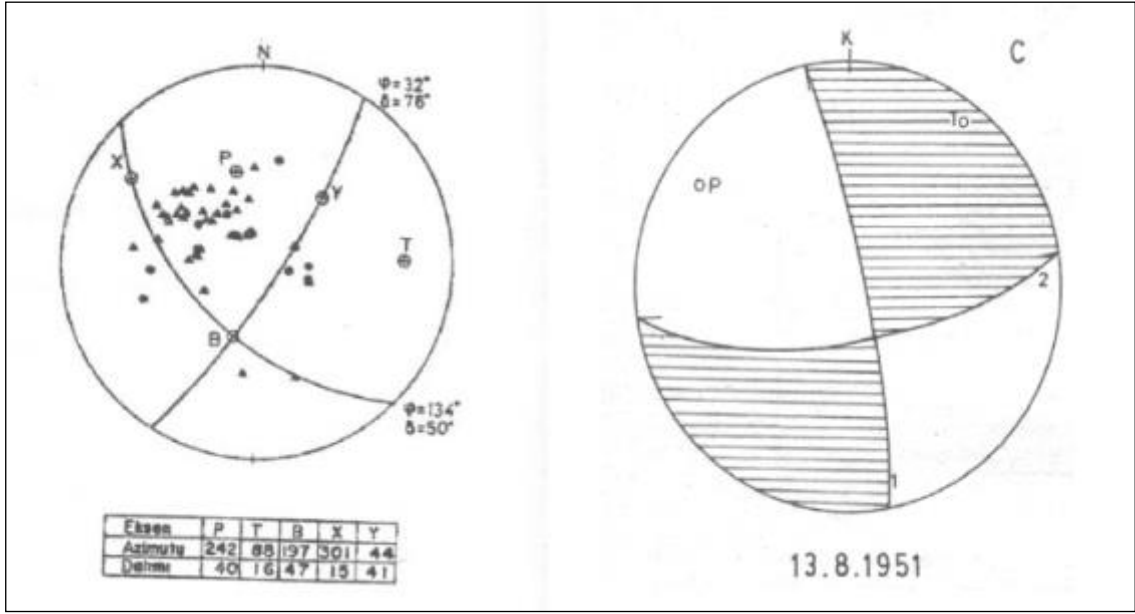




**Şekil 5.7.** 1944 Gerede ve 1951 Kurşunlu depremi yüzey kırığı ve Çerkeş-Kurşunlu havzasının jeolojisini gösterir harita (Pınar, 1953).



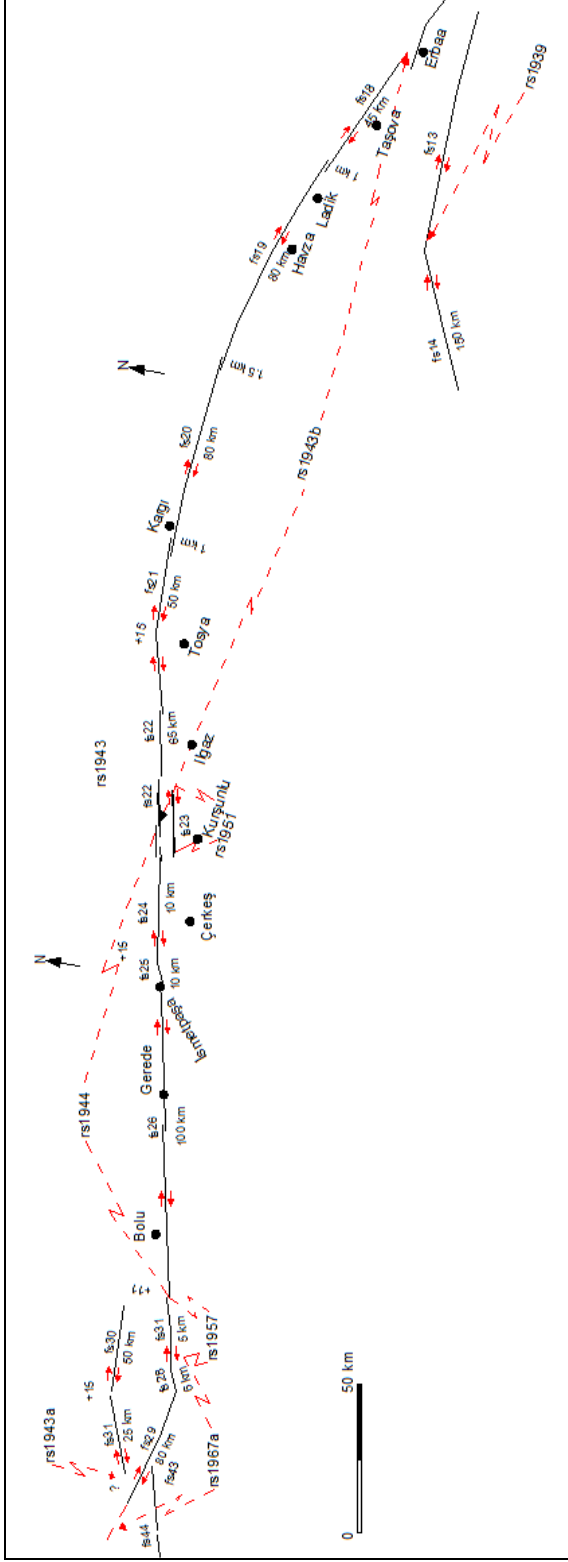
**Şekil 5.8.** 01.02.1944 Bolu ve 13.08.1951 Kurşunlu depremleri esnasında meydana gelen yüzey kırıkları, Bayramören-Gerede arasındaki kısım 01.02.1944'te, diğer parçalar 13.08.1951'de oluşmuştur (Ketin, 1969).



A

B

**Şekil 5.9.** 13 Ağustos 1951 Kurşunlu depremine ait odak mekanizması çözümleri (A-Özmen, 1999; B-Eyidoğan vd., 1991).



Şekil 5.10. Kuzey Anadolu Fay Zonunda 20. yy'da meydana gelen depremlere ait yüzey kırığı haritası (Barka ve Kadinsky-C de, 1988).

07 Eylül 1953 Çerkeş depreminin büyüklüğü Ms: 6.4 olup yerel saat ile 03:59'da meydana gelmiştir. Depremin merkez üssü Çankırı İli Bayramören İlçesine bağlı Dolaşlar Köyü'nün 3 km BGB'sıdır (40.94°K, 33.13°D) (Canitez ve Üçer, 1967). Bu depremle ilgili ayrıntılı bilgi kısıtlı olmakla beraber depremin, Düzce İnebolu, Çorum ve Kırşehir'e kadar olan bir alanda hissedildiği bildirilmiştir. Kocafe (1981) ve Özmen, (1999) tarafından yapılan odak mekanizması çözümlenmeleri sonucunda deprem üreten fayın oblik faylanma üzerinde gerçekleştiği belirtilmiştir. Eyidoğan vd. (1991), tarafından fay düzlemi çözümünde ise doğrultu atım bileşeni baskın bir faylanma olduğundan bahsetmişlerdir.

06 Haziran 2000 Orta depremi (Ms: 6,1) Orta Anadolu'nun kuzeyinde Çankırı İlinin Orta İlçesine bağlı Yuva Köyü'nün yaklaşık 1.5 km KB'sında (40.63°K, 33.03°D) meydana gelmiştir ve Çankırı ilinin Orta, Çerkeş, Şabanözü, Atkaracalar, Kurşunlu ile Ankara ilinin Çubuk ve Kızılcahamam ilçelerinde hasara yol açmıştır. Taymaz ve Tan, (2001)'a göre depremin aletsel eksenleri KAFZ'nun yaklaşık 30-40 km. güneyine rastlamaktadır. Deprem sonrası yapılan çalışmalar sonucunda, Orta İlçesi'nin batısında K-G doğrultusunda uzanan ve jeomorfolojik özellikleri açısından aktif fay olarak tanımlanabilecek Dodurga Fayı bulunmuştur.

### **5.3.3 Paleosismolojik Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular**

KAFZ üzerinde meydana gelen 1944 depremi yüzey kırığının Gerede - Bayramören arasında kalan uzanımının özellikle batı kesiminde çok sayıda araştırmacı tarafından paleosismoloji çalışmaları yapılmış, bu çalışmalar bölgede tarihsel deprem aktiviteleri hakkında önemli veriler sunmuştur (Çizelge 5.2). Tez çalışma alanı içerisinde Kapaklı'nın doğusunda geçmişte herhangi bir paleosismolojik çalışma yapılmamıştır.

**Çizelge 5.2.** Gerede - Bayramören arası ve yakın çevresinde yapılmış paleosismoloji çalışmaları ve bu çalışmalardan elde edilen deprem tarihleri. Tespit edilen tarihsel depremler yeşil renkli, aletsel depremler açık pembe renkli kutular içerisinde verilmektedir. Tarihsel depremlerin aynı renk ile yazılanlarının ise eş depremler olabileceği düşünülmektedir.

Kaynak	Bölge	Deprem sayısı ve tarihleri		Tekrarlanma aralıkları (yıl)
Okumura vd. (1994)	Gerede	8	1944	200-300
			1668 1250-1668 790-1250 994-1045 540-790 170-570 MÖ.20-MS.170	
Özaksoy vd. (1998)	İsmetpaşa	3	1944	276 633
			1668 1035	
Demirtaş (2000)	Mudurnu Vadisi Abant Üçtepeler Sultanbey	15	1967 1957 1944	422
			1667-1668 1488 1035 994-1045 784 300 30 MÖ. 500 MÖ. 3995 MÖ. 4335	
Özaksoy (2000)	İsmetpaşa	6	1944	
			1668 1035 MÖ.2779 MÖ.2328 MÖ.2041	
Kondo vd. 2005.	Gerede İsmetpaşa arası (Çayören-Kapaklı arası)	4	1944	330
			1668 13.-15. yy 1035	
Koçyiğit vd. (2005)	Gerede	9	1668 1240-1270 900 790 MÖ. 40 MÖ. 790 MÖ.1130 MÖ.1300 MÖ.2290	347

Paleosismolojik çalışmalarda tarihsel kaynaklarda yer alan 967, 1035, 1668 ve 1944 depremlerinin jeolojik kayıtlarına da rastlanmıştır. Ancak tarihsel kataloglarda yer alıp da paleosismolojik çalışmalarda kaydına rastlanmayan depremler vardır. Bu depremlere ait jeolojik veriler ya paleosismolojik çalışmalarda gözden kaçmıştır ya da bu depremler KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesimi üzerinde oluşmamıştır. Ayrıca tarihsel deprem kataloglarında olmayan ancak paleosismolojik çalışmalar ile belirlenen depremler de vardır.

Paleosismolojik çalışmalar tarihsel depremler açısından ele alındığında 1668 yılında meydana gelen depremin her çalışmacı tarafından tespit edildiği görülmektedir. Tarihsel veriler ile fay uzanımının Gerede Bayramören arasında kalan kesimini kırdığı bilinen büyük 1668 depreminin /depremlerinin varlığı paleosismoloji çalışmaları ile de kanıtlanmıştır.

Okumura vd., (1994) tarafından 1250-1668 yılları arasında varlığı tespit edilen deprem Demirtaş (2000) tarafından tespit edilen 1448 depremi ile ve Kondo vd. (2005) tarafından 13 ile 15. yy'lar arasında meydana geldiği belirlenen deprem ile aynı olmalıdır.

Okumura vd., (1994) ve Demirtaş (2000) tarafından 994 ile 1045 yılları arasında meydana geldiği belirlenen depremden aynı zamanda tarihsel kaynaklarda 1045 yılı Hamamlı Depremi olarak bahsedilmektedir.

Özaksoy vd., (1998), Demirtaş, (2000), Özaksoy, (2000) ve Kondo vd., (2005)'nin çalışmalarında tespit edilen 1035 depremi aynı zamanda tarihsel kaynaklarda 1035 Gerede-Çerkeş depremi olarak yer almaktadır.

Tarihsel kaynaklarda geçen 967 Gerede veya 968 Çorum depremleri de Koçyiğit vd., (2005) tarafından tespit edilen 900 tarihli deprem ile eş depremler olabilirler.

Okumura vd., (1994) tarafından 790 ile 1250 yılları arasında meydana geldiği belirlenen deprem; Demirtaş (2000) tarafından bulunan 784 tarihli deprem ve Koçyiğit vd., (2005) tarafından 790 tarihinde meydana geldiği tespit edilen deprem ile aynı deprem olabilir.

Okumura vd., (1994) tarafından M.Ö. 20 - M.S. 170 yılları arasında meydana geldiği belirlenen deprem; Demirtaş (2000) tarafından bulunan 30 tarihli deprem ile aynı deprem olabilir. Bu deprem aynı zamanda tarihsel veriler ile Ambraseys ve Jackson (1998)'in M.S. 32 yılında meydana geldiğini belirttiği deprem ile aynı deprem olmalıdır.

#### **5.4 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Gerede-Bayramören Arasında Kalan Kesiminin Morfolojisi ve 1944 Gerede Depremi Yüzey Kırığı**

KAFZ'nun Kuvaterner jeomorfolojisi çok belirgin olup aktif sağ yönlü doğrultu atım morfolojisinin çoğu şekillerini içermektedir. (Şaroğlu vd., 1995). KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesimi üzerinde de son yüzyılda meydana gelmiş olan yıkıcı depremler sebebiyle doğrultu atımlı faylar için tipik olan morfotektonik unsurlar korunmuş durumdadır.

Çalışma alanında KAFZ'nda fay breşleri, milonitleşme, kayma yüzeyleri gibi mezoskopik yapıların en iyi görüldüğü yerler batıdan doğuya doğru sırasıyla anlatılacak olunursa, anlatmaya Yeniçağa Gerede karayolu üzerindeki yarmalardan başlamak gerekir. Burada yaklaşık 4 km genişliğinde zonal yapı sunan fay, tüm birimlerin dokanağını bozmuş, ötelemiş ve Plio-Kuvaterner yaşlı kil ve çamurtaşlarını deforme etmiştir.

Fay kesitinin iyi görüldüğü ikinci bir yer Kapaklı Köyü batısındaki sırttır (Şekil 5.5). Burada, Pliyosen ve Kuvaterner'e ait çökeller deforme olmuş, içlerinde ikincil yapılar gelişmiştir ve fay 1 km'den daha dar bir zon oluşturmaktadır. Kapaklı Mahallesi doğusunda fay vadisi gelişimi yanında fayın zonlu yapı gösterdiği görülür. Daha doğuda Keçi, Koca ve Sülük gölleri KAFZ'nun morfolojisindeki sıçırma ve büklümler sebebiyle oluşmuş göllerdir (Şekil 5.6) (Şaroğlu vd., 1995).

Fay; Semerciler'den doğuya doğru Gerede Çayı'nı izleyen fay doğrusal uzanımlıdır.. Bu zonda güney blokta heyelanların varlığı dikkat çekicidir. Fay boyunca, metreden kilometre boyutuna kadar değişen, morfolojik şekillerde sağ yönlü ötelenmeler mevcuttur. Fay zonu boyunca çok sayıda su çıkışları bulunmaktadır (Şaroğlu vd., 1995).



Gerede'nin doğusundan başlayıp Kapaklı Köyü'ne kadar devam eden vadi tipik bir fay vadisidir. Kapaklı Köyün'den güneydoğuya doğru diğer bir fay vadisi uzanmaktadır. Fay İsmetpaşa'nın yaklaşık 10 km batısında Gerede Çayı'na ulaştığı yerden itibaren çalışma alanının en doğu ucuna kadar tek çizgi olarak uzanmaktadır.

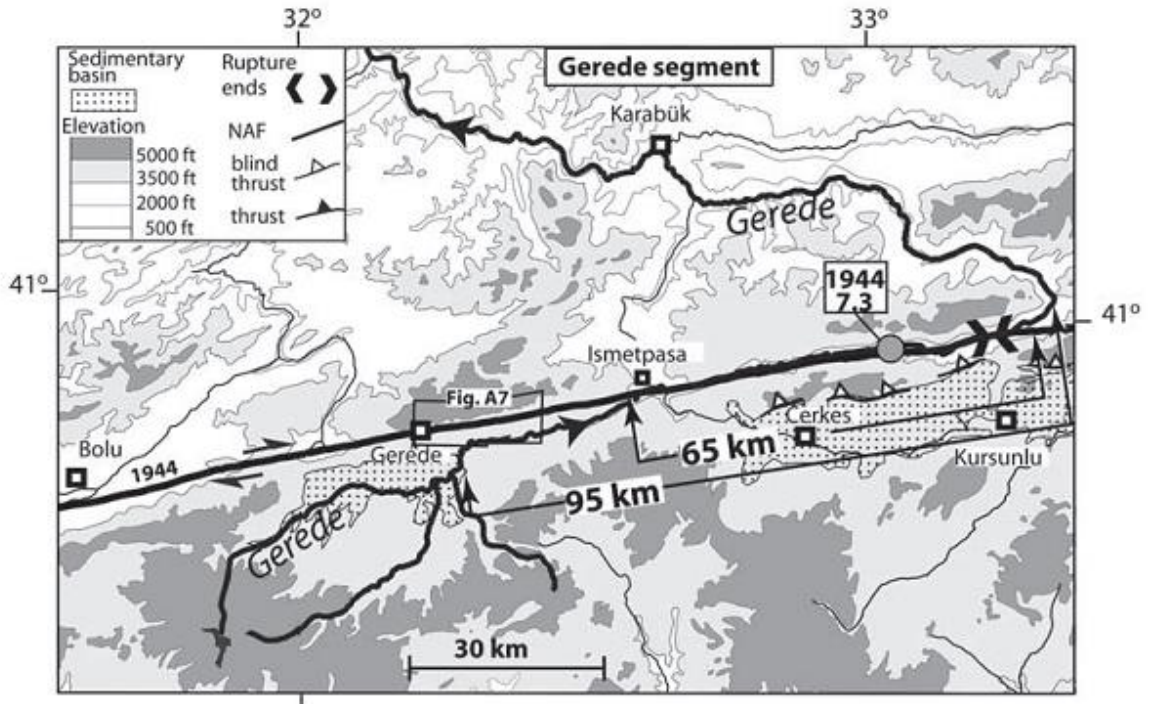
Çalışma alanında KAFZ'nun geniş zon şeklinde geliştiği alanlarda, fay dilimlerinin sıçrama yaptığı alanlar ile fayların bükümler yaptığı alanlarda konumlarına göre sıkışmalı veya gerilmeli alanlar ortaya çıkmıştır. Buralarda fay tarafından ötelenen yelpazeler ve drenaj sistemleri bulunmaktadır. Yelpazelerin geometrilerinin bozulmuş şekli ve drenajın ötelenişine göre sağ yönlü doğrultu atımlı hareket net olarak izlenebilmektedir (Şaroğlu vd., 1995).

Yeniçağa ile Çerkeş kuzeyindeki Kabak Köyü arasında yaklaşık 85 km uzunluğunda olan KAFZ genelde  $K75^{\circ}D$  doğrultusunda morfolojik bir vadi oluşturmaktadır (Şaroğlu vd. 1995).

Kabak-Hamamlı arasında rastlayan yaklaşık 30 km uzunluğundaki doğu bölümde tek çizgi halinde izlenen KAFZ Gerede (Soğanlı) Çayı vadisi içersinden geçmektedir. Aşınım süreçlerinin çok etkin olduğu bu kesimde KAFZ'ndaki yapısal karakterli Kuvaterner şekillerinin çoğunluğu büyük boyutlara ulaşmadan silinmiştir. Gerede Çayı bu alanda KAFZ'nun oluşturduğu zayıflık zonunda açılmış tipik bir fay vadisi içerisinde akmaktadır. KAFZ, Hamamlı doğusunda yaklaşık 8 km boyunca bu akarsuyun güncel yatağını güneyden sınırlar. Çok sayıda kaynak çıkışının izlendiği fay üzerinde Hamamlı'nın 6 km doğusunda traverten çıkışları da izlenmektedir. Gerede Çayı'na kavuşan yan derelerde sağ yönlü ötelenmeler gelişmiş olup bunların en belirginini Kabak köyünde izlenir. Burada Akdere vadisi KAFZ tarafından yaklaşık 1 km sağ yönde ötelenmiştir. Çok sayıda heyelanın gelişmiş olduğu Hamamlı doğusunda bazı heyelan çökelleri de fay tarafından sağ yönde ötelenmiştir. Hamamlı-Akbaş arasında 1944 depreminde meydana gelmiş olan yüzey kırılmasına ilişkin şekillerden olan basınç sırtlan ve belverme gölcükleri morfolojik olarak hala belirgindir (Şaroğlu vd., 1995).

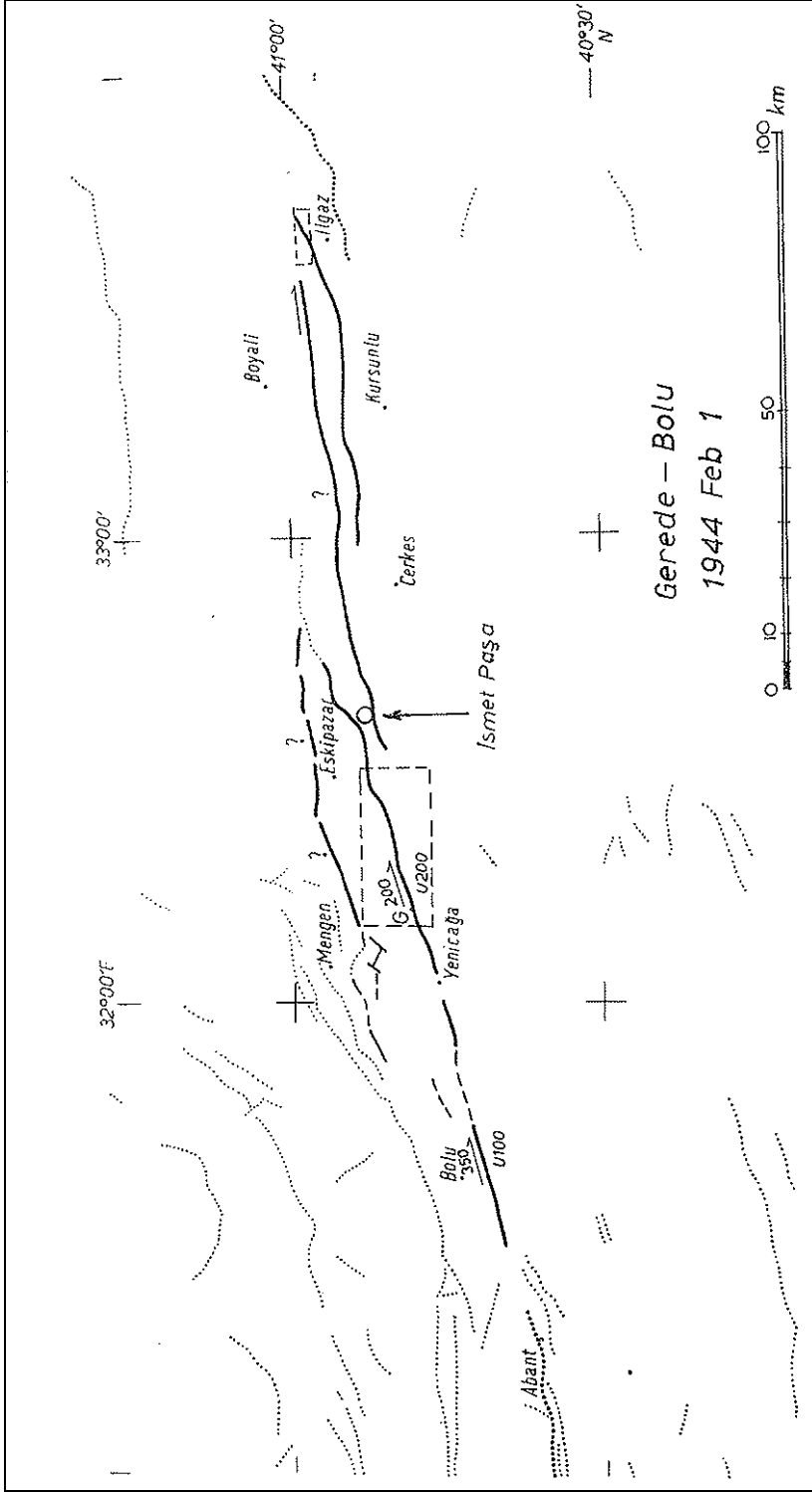
Çalışma alanının batı kesimini kapsayan Bolu Havza'sı içerisinde yer alan, Gerede Nehri'nin KAFZ tarafından büyük miktarda bir ötelenmeye maruz bırakıldığı Hubert

Ferrari vd. (2002) tarafından belirtilmiştir. Nehrin ana kolu Gerede İlçesi'nin güneyinden kuzeye doğru dar bir sedimanter havza içerisinde ilerlemektedir. Kaynak bölgesinden uzaklaştığında doğuya doğru 95 km boyunca devam etmektedir. İlk 25 km'de nehrin vadisi fayın 2-3 km güneyinden ilerlemekte iken 25. km'den sonra kuzeye doğru dönerek 65-70 km boyunca fay izi üzerinde akmaktadır. Sonuçta Ilgaz dağlarının batı kesiminde sert bir dönüş yaparak Karadeniz'e kavuşana kadar kuzeybatıya doğru ilerlemektedir. Gerede vadisinin bu formu Gerede Nehri'nin 65-90 km arasında değişen bir miktarda ötelendiğini göstermektedir (Şekil 5.11) (Hubert Ferrari vd., 2002).



**Şekil 5.11.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Hubert Ferrari vd., (2002) tarafından Gerede Segmenti olarak adlandırılan kesimi. Gerede nehri vadisinde meydana gelen 65-95 km'lik sağ yanal yer değiştirme miktarını gösterir harita (Hubert Ferrari vd., 2002).

KAFZ, 1944 depremi yüzey kırığını haritalandıran Ambraseys (1970), krip hareketinin tespit edildiği ilk lokasyon olan İsmetpaşa lokasyonunu da harita üzerine işaretlemiştir (Şekil 5.12).



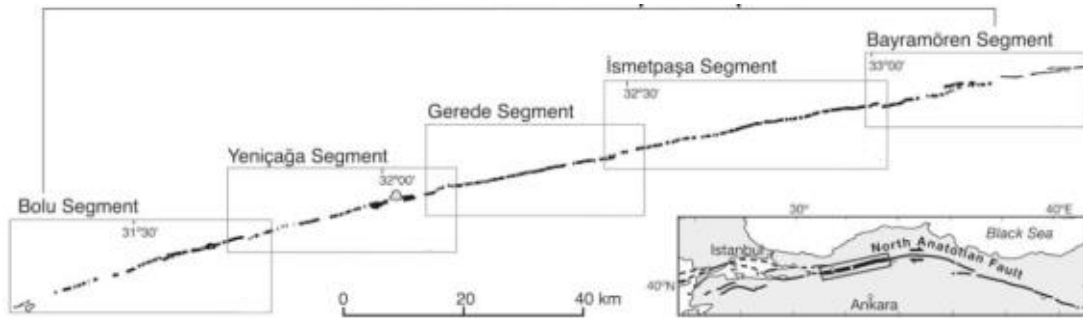
**Şekil 5.12.** Yaklaşık olarak çizilen Mengen ve Eskipazar arasında 1944 depremine ait yüzey kırığı (Ambraseys, 1970).

Batıda Abant Gölü (Bolu) ile doğuda Bayramören (Çankırı) arasında belirgin özellikler sunan KAFZ 1944 depremi neredeyse tek parça şeklinde çizgisel bir yüzey kırığı oluşturmuştur (Kondo vd., 2005; Ayhan ve Koçyiğit, 2010) (Şekil 5.13 ve 5.14). Batıda Abant Gölü güneyini sınırlayan uzanım, doğuda Bayramören dolaylarında belirginliğini kaybederek, karmaşık bir geometri sergilemektedir. Taşman (1944) ve Doğan vd.,

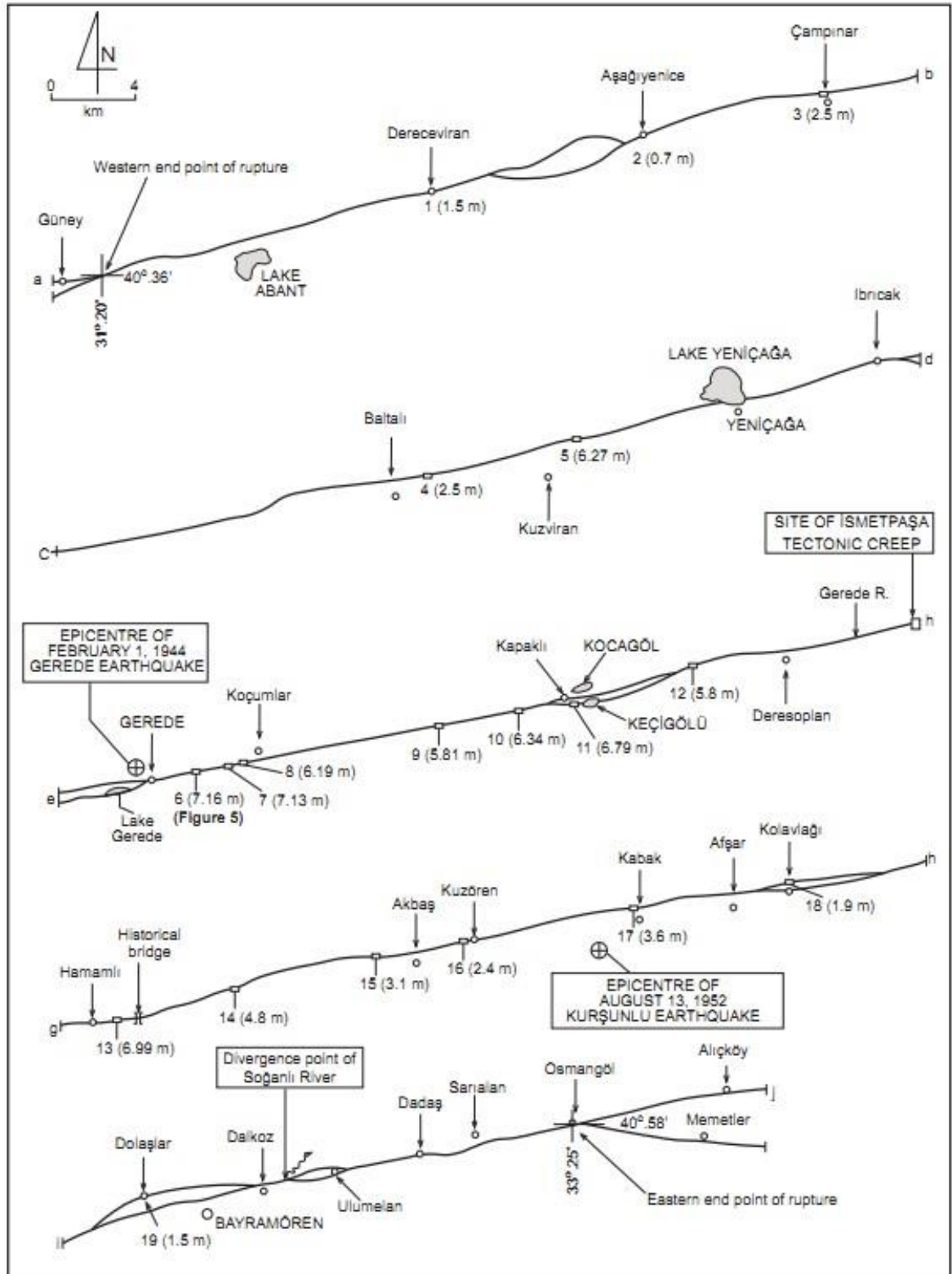
(2002)'ye göre yaklaşık 200 km uzunluktaki yüzey kırığı Doğan vd. 2002'ye göre 185 km, Kondo vd. 2005 ve Ayhan ve Koçyiğit (2010)'e göre ise yüzey kırığı uzunluğu 180-190 km arasında değişmektedir (Şekil 5.13 ve 5.14). Kondo vd. (2005) bu kırığın batıdan doğuya doğru, Bolu, Yeniçağa, Gerede, İsmetpaşa, Bayramören olmak üzere, 5 adet alt segmentten oluştuğunu ileri sürmektedir (Şekil 5.13).

1944 depremi yüzey kırığı boyunca farklı araştırmacılar farklı yerdeğiştirme miktarları tespit etmişlerdir (Ambraseys (1970) ve Ambraseys ve Jackson (1998) bu yüzey kırığı üzerindeki ortalama yer değiştirme miktarını 3.6-3.7 m. olarak tespit etmişlerdir. Herece ve Akay'ının (2003) yaptığı çalışmalar ise, bu segmentteki sağ yanal ötelenme miktarının çok daha büyük, 6-7 m. dolayında olduğunu göstermiştir. Doğan vd. (2002) tarafından yürütülen çalışmalarda 1944 yüzey kırığı üzerinde maksimum yer değiştirme 6 metre olarak İsmetpaşa yakınlarında ölçülmüştür ve yüzey kırığı üzerinde batıya doğru gidildikçe ölçülen yer değiştirme miktarının azaldığını ve ortalama yer değiştirme miktarının da 3 metre olduğunu belirtmektedir. Koçyiğit vd. (2005), Gerede segmentindeki en büyük sağ yanal atımların ortalamasını 6,8 m.; tüm atımların ortalamasını ise, 4,3 m. olarak hesaplamışlardır. Elde ettikleri bu verilere göre, yıllık kayma hızını 16.5 mm/yıl olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca 1944 Gerede depremi sırasında, gelişen en büyük sağ yanal doğrultu atımın (Gerede'nin yaklaşık 2 km doğusunda) 7.16 m. olduğunu deprem yüzey kırığı üzerindeki yapısal ve morfolotektonik ötelenmelerden bulmuşlardır.

1944 Gerede depremi yüzey kırığının Gerede ile Bayramören arasında kalan kesiminde yapılan en güncel ve ayrıntılı haritalama ise bu tez kapsamında yapılmıştır (Ek 1).



Şekil 5.13. 1944 Gerede depremine neden olan segmentleri gösteren harita (Kondo vd., 2005).



Şekil 5.14. 1944 Gerede depremi yüzey kırığı güzergahını gösterir harita (Ayhan ve Koçyiğit, 2010).

## **6. GEREDE BAYRAMÖREN ARASINDA AKTİF FAYIN HARİTALANMASI**

Çalışma alanındaki aktif fayların ayrıntılı haritalanmasında uzaktan algılama ve saha gözlemleri olmak üzere iki farklı tür çalışma yapılmıştır. Faylar ve ilişkili yapıların belirlenmesinde 1/ 25000 ölçekli topografik haritalar, Google Earth ve bölgede 10 metre çözünürlükte görüntü sağlayan Bing Maps uydu görüntüleri kullanılmıştır. Şekil 6.1’de Gerede Bayramören arasında kalan kesiminin KAFZ uzanımı üzerindeki yeri gösterilmiştir. Tektonik ve morfotektonik yapıların uydu görüntüleri ile belirlenmesinin ardından, bu yapılar ayrıntılı arazi çalışmaları ile kontrol edilmiş ve çalışma alanının ayrıntılı fay haritası hazırlanmıştır.





**Şekil 6.1.** Çalışma alanının Google Earth görüntüsü kullanılarak hazırlanan yer bulduru haritası. Harita üzerindeki G harfi Geredé'nin, B harfi ise Bayramören'in yerini işaret etmektedir. Mavi çizgi ile gösterilen faylar Emre vd., 2011 a ve b'den alınmıştır.

## 6.1 Aktif Fayın Haritalanması Amacıyla Yapılan Büro Çalışmaları

Çalışma alanının tamamında, arazi çalışmaları öncesinde, 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar, Google Earth ve Bing Maps'den elde edilen uydu görüntüleri birlikte değerlendirilerek aktif faylanma ile ilişkili olabilecek yapılar ve yüzey şekilleri belirlenmiştir. Bu morfotektonik yüzey şekilleri ve buldukları yerler aşağıda batıdan doğuya doğru olacak şekilde uydu görüntüleri ile anlatılmaktadır.

Bolu ilinin Gerede ilçesi, KAFZ'nun aktif kolunun üzerinde kurulmuş bir ilçedir. İlçenin batısında bulunan uzamış bir sırt, bu sırtın önündeki belverme gölcüğü ve ilçenin doğu kesiminde morfolojik fay sarplığı oluşmuştur (Şekil 6.2).



**Şekil 6.2.** Bing Maps'den alınan Gerede ilçesi çevresinin uydu görüntüsü. Sarı ile çevrili akan uzamış sırtı, mavi işe çevrili alan belverme gölcüğünü, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgisel sarplığı göstermektedir.

Gerede ilçesinin yaklaşık 6 kilometre doğusunda bulunan Çayörengüney Mahallesi'nin kuzeyinde uzamış sırt ve fay sarplıkları görülmektedir (Şekil 6.3).





**Şekil 6.3.** Bing Maps'den alınan Çayöregüney Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Sarı ile çevrili alan uzamış sırtı kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği işaret etmektedir.

Gerede'nin 11 km doğusunda yer alan Afşartarakçı Mahallesi'ne giriş yolunun batısında ötelenmiş dere yatağı görülmektedir (Şekil 6.4).



**Şekil 6.4** Bing Maps'den alınan Afşartarakçı Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Mavi kesikli çizgi ile fay tarafından ötelenen dereyi, kırmızı oklar ise fayın oluşturduğu çizgiselliği işaret etmektedir.

Gerede'nin 20 km kuzey doğusunda bulunan Kapaklı Mahallesi'nin batısında DKD yönünde uzanan basınç sırtı görülmektedir. Basınç sırtının doğu ucu fay tarafından kesilerek, sağ yönlü ötelenmiştir (Şekil 6.5).



**Şekil 6.5.** Bing Maps'den alınan Kapaklı Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. sarı çizgi ile çevrili olan alan bir basınç sırtını göstermektedir. Ana sırtın doğu ucunda da fay tarafından ötelenen sırt görülmektedir.

Kapaklı Mahallesi ile Semerciler Mahallesi arasında yaklaşık D-B uzanımlı göller görülmektedir (Şekil 6.6).



**Şekil 6.6.** Bing Maps'den alınan Semerciler Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Mavi çizgi ile gösterilen alan fay tarafından oluşturulan belverme gölcüklerini göstermektedir.



Dere Soplan Mahallesi ile İsmetpaşa Mahallesi arasında kalan kısmın uydu görüntüsünde KD-GB uzanımlı çizgisellik (Yalçınlar petrol istasyonu bahçe duvarı) görülmektedir (Şekil 6.7). Şekil 6.7 üzerinde beyaz ok ile gösterilen lokasyonda krip hareketi tarafından deformasyona uğramış ancak günümüzde önünde bulunan engeller sebebi ile gözlem yapılamayan bir duvar mevcuttur.



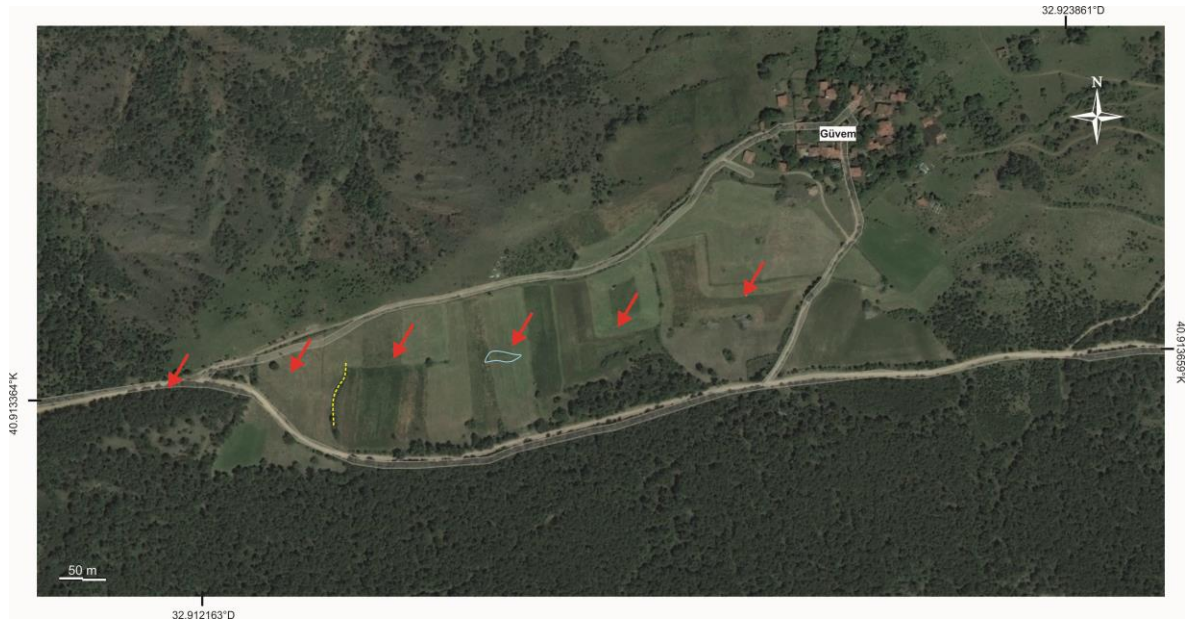
**Şekil 6.7.** Bing Maps'den alınan Dere Soplan Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Kırmızı oklar fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir.

Gerede'nin yaklaşık 39 km kuzey doğusunda bulunan Hamamlı Mahallesi içerisinde Altunel vd.(2009) tarafından 2007 yılından bu yana krip hareketinin gözlemlendiği ahır duvarı bulunmaktadır. Büyük bir kısmı metamorfik ve zayıf kayalar üzerine kurulmuş olan Hamamlı'da fay uzanımına ait çizgisellik ve ötelenen tarla sınırları uydu görüntüsünde ve arazide net olarak görülebilmektedir (Şekil 6.8).



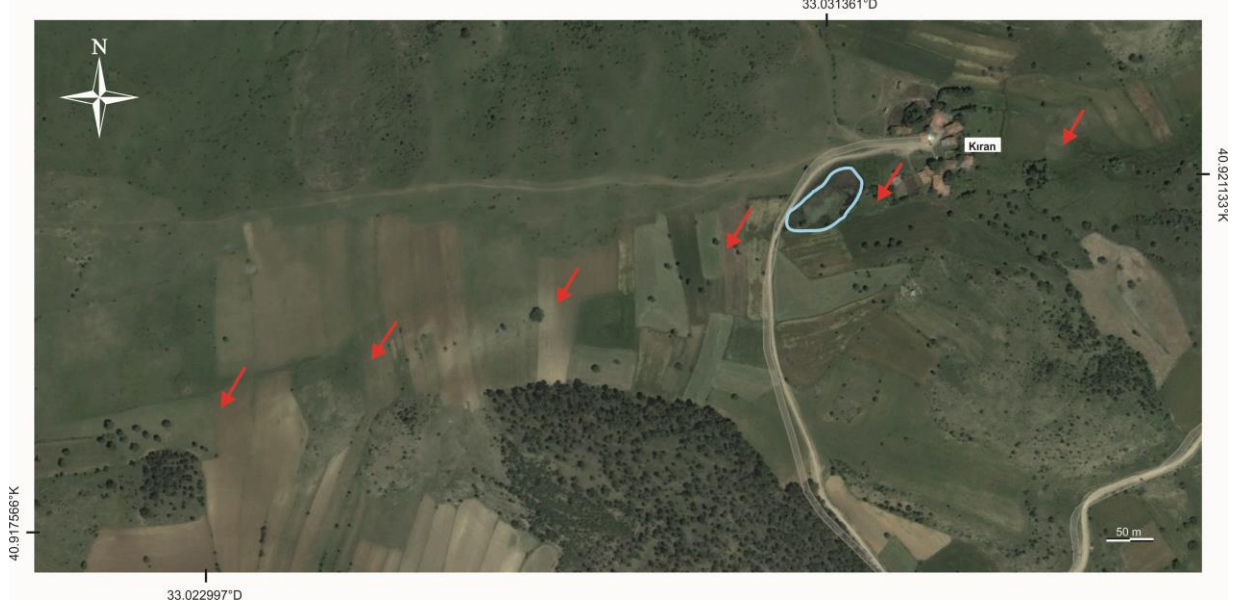
**Şekil 6.8** Bing Maps’den alınan Hamamlı Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Beyaz ok Hamamlı Mahallesi içerisinde kırp hareketi sebebiyle deforme olan ahır, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir.

Gerede’nin 62 kilometre doğusunda bulunan Güvem Mahallesi sınırları içerisinde yer alan tarla sınırlarında ötelenmeler ve aynı alan içerisinde tek bir hat üzerinde bulunan belverme gölcüğü ve basınç sırtları görülmektedir (Şekil 6.9).



**Şekil 6.9.** Bing Maps’den alınan Güvem Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. Sarı kesikli çizgi ötelenen tarla sınırını, mavi çizgi ile gösterilen alan bir belverme gölcüğünü, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir.

Gerede'nin 72 km doğusunda, fay uzumunun tam üzerinde bulunan Kıran Mahallesi'nde de tıpkı Güvem'de olduğu gibi tarla sınırlarında ötelenmeler ve Mahallenin girişindeki belverme gölcüğü uydu görüntüsünden görülmektedir (Şekil 6.10).



**Şekil 6.10.** Bing Maps'den alınan Kıran Mahallesi çevresinin uydu görüntüsü. mavi çizgi ile gösterilen alan bir belverme gölcüğünü, kırmızı oklar ise fay tarafından oluşturulan çizgiselliği göstermektedir.

## 6.2 Aktif Fayın Haritalanması Amacıyla Yapılan Arazi Çalışmaları

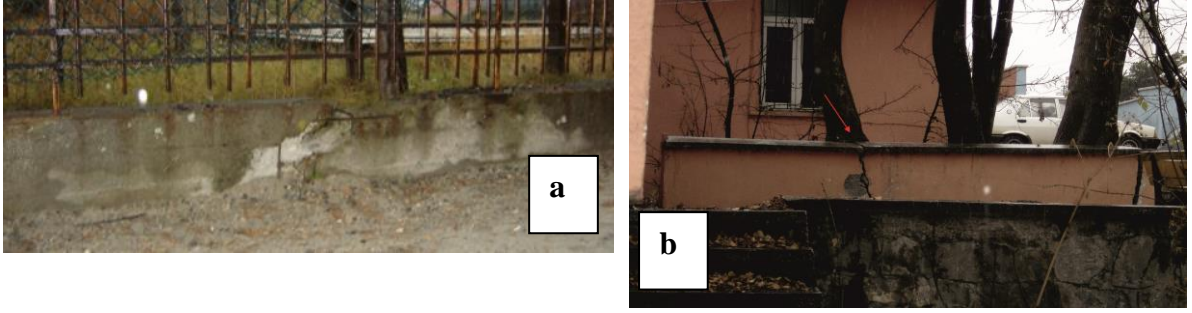
Tez çalışmaları sırasında, KAFZ'nun Gerede-Bayramören yerleşim yerleri arasında yapılan arazi çalışmaları, önceki çalışmalar ve büro çalışmalarının ışığında KAFZ'nun izinin takibi, fay üzerinde bulunan yerleşim yerleri ve doğal yapılarda deformasyonların tespit edilmesi ve kurulacak istasyonların yakın çevresinin jeolojisinin ayrıntılı haritalanmasını, gözlem istasyonlarının kurulumuna uygun olabilecek lokasyonlarda GPR çalışmalarının yapılmasını, istasyonların kurulumunu ve periyodik LIDAR ve Total-Station ölçümlerini kapsamaktadır.

### 6.2.1. Fayın yüzey izinin haritalanması

KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında kalan kesimi; 1944 yılında 7.3 büyüklüğünde bir deprem ile kırılmıştır. Batıya doğru uzanımı daha da devam etmekte olan yüzey kırığının Gerede Bayramören arasında kalan kesiminin doğrultusu yaklaşık K 60-70 D'dur.

Gerede stadyumu ile Gerede Lisesi arasında bulunan duvarda deformasyon gözlenmektedir (Şekil 6.11a). Gerede Lisesi, şu anda bulunduğu binada eğitim-öğretim faaliyetine 1977 yılında başlamıştır (2014 yılı Gerede Lise Müdürü ile sözlü görüşme). Lisenin bahçe duvarının en az bina ile aynı yaşta olduğu düşünülürse, duvarda gözlenen deformasyon 1977 yılından sonra meydana gelmiştir. Gerede Lisesi ile aynı cadde üzerinde bulunan Gerede Devlet Hastanesi'ne ait bahçe duvarı üzerinde de deformasyon gözlenmiştir (Şekil 6.11b). Fay, Gerede ile Kapaklı Köyü arasında kabaca doğrusal uzanmaktadır (Şekil 6.12) ancak Kapaklı ile Semerciler köyleri arasında fayda sola sıçramalar görülmektedir ve bu alanda basınç sırtları gelişmiştir (Şekil 6.13). Kapaklı Köyü içerisinde fay zonu üzerinde bulunan betonarme evlerin duvarlarında çatlaklar (Şekil 6.14), Semerciler Köyü'nün yakınında bir bahçenin ağaç çitlerinde faylanmaya bağlı sağ yönlü yamulma (Şekil 6.15) gözlenmektedir.

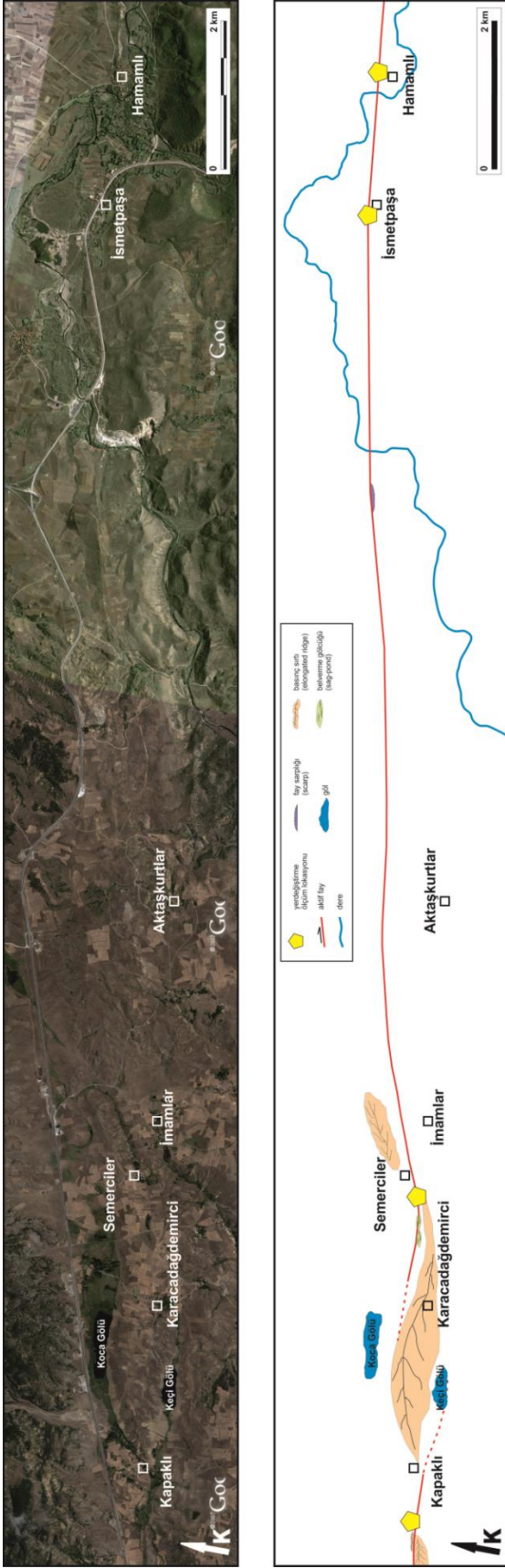




**Şekil 6.11.** Gerede’de fay üzerinde bulunan ve hasar gören yapılar. **a.** Stadyum ile Gerede Lisesi’nin bahçesi arasındaki duvarda görülen kırılma. Kırılmanın olduğu yerde duvar üzerindeki demir parmaklıklarda da yamulma görülmektedir. **b.** Kırmızı ok Devlet Hatanesi bahçe duvarında görülen deformasyonu işaret etmektedir.







Şekil 6.13. Kapaklı ile Hamamlı arasında KAFZ'nun aktif ana kolunun uzamını.



Şekil 6.14. Kapaklı Köyü'nde fay zonu üzerinde bulunan bir evin duvarında gözlenen çatlaklar.



**Şekil 6.15.** Semerciler Köyü güneybatısında bulunan tarlayı sınırlayan tahta çitte görülen sağ yanal yamulma

Fay, Semerciler Köyü ile Hamamlı Köyü'nün yaklaşık 5 km doğusu arasında yaklaşık doğrusal olarak kesintisiz izlenebilir (Şekil 6.13). İsmetpaşa'da Karayolları asfalt şantiyesi duvarında (Şekil 6.16.a ve b) ve İsmetpaşa içerisindeki iki farklı evin duvarlarında (Şekil 6.17a ve 8b), İsmetpaşa ile Hamamlı Köyü arasında tarla sınırlarında (Şekil 6.18), Hamamlı Köyü'nde bir ahırın duvarında (Şekil 6.19.a) ve ahır içinde hayvanların yem yediği beton yapıda (Şekil 6.19.b) ve Hamamlı Köyü'nün yaklaşık 2 km doğusunda tarla sınırlarında (Şekil 6.20) sağ yanal kırılmalar ve yamulmalar görülmektedir.

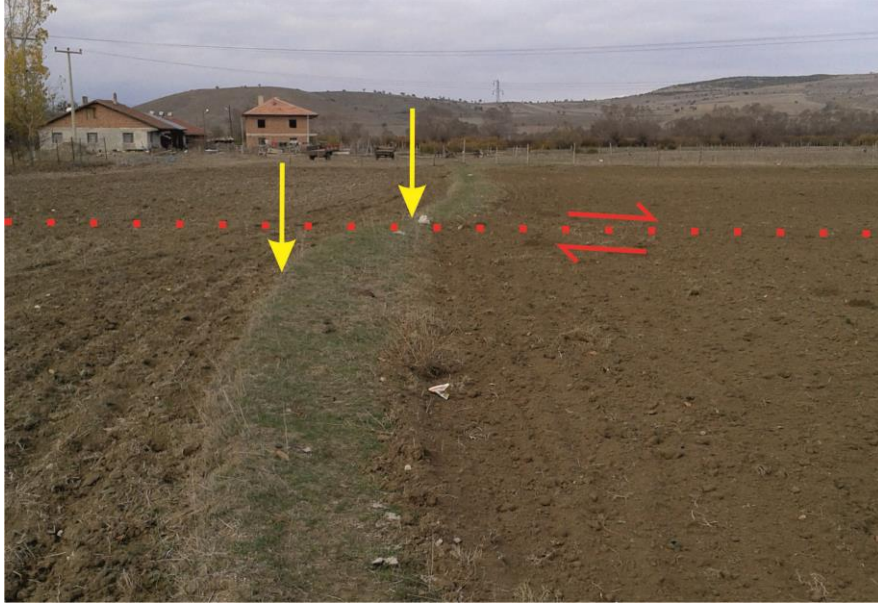




**Şekil 6.16.** KAFZ üzerinde krip hareketinin ilk gözlemlendiği lokasyon (İsmetpaşa'daki asfalt istasyonunun duvarı). **a.** Duvarın genel görünümü, **b.** Duvarın kırılmış kısmının yakın görünümü.



**Şekil 6.17.a ve b.** İsmetpaşa'da, fay zonu üzerindeki evlerin temel betonlarında ve duvarında görülen çatlak ve deformasyonlar.



**Şekil 6.18.** İsmetpaşa'daki bir tarla sınırında gözlenen sağ yanal yamulma (sarı oklar sınırın aynı kenarını, kesikli kırmızı çizgi fayı göstermektedir).



**Şekil 6.19.a.** Hamamlı Köyü'nde fay zonu üzerinde yer alan ahırın duvarı, **b.** ahırın içinde bulunan hayvanların yemlerini yediği beton yapıda gözlenen sağ yanal yamulma.

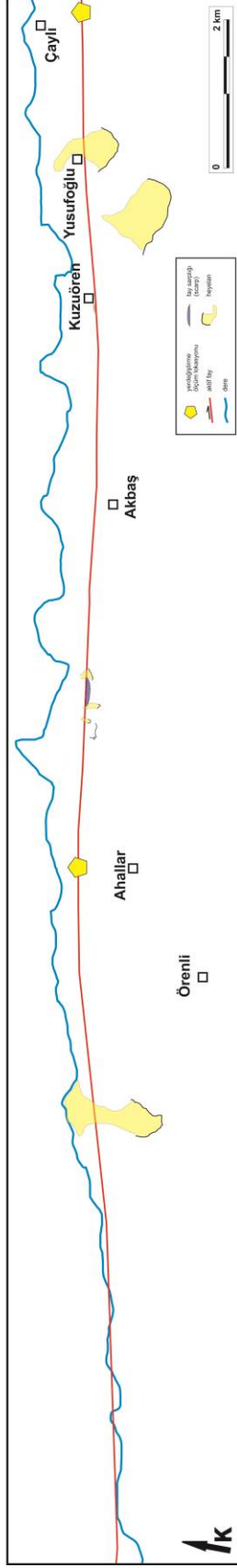




**Şekil 6.20.** Hamamlı'nın yaklaşık 2 km doğusunda tarla sınırında (sarı oklar) gözlenen sağ yanal yamulma, kesikli kırmızı çizgi fayı göstermektedir.

Hamamlı Köyü'nün doğusunda Gerede Çayı vadisi boyunca uzanan fay, Yazıören Köyü güneyine kadar bulunduğu vadiyi tek bir kol halinde takip eder, burası çalışma alanının doğu sınırını oluşturur (Şekil 6.21 ve 6.22). Ahallar Köyü'nün 3 km kuzeydoğusunda fay yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan bir sırtı kesmektedir (Şekil 6.23). Arazi çalışmaları sırasında Kuzören Köyü mezarlığının fay zonu üzerinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.24 a ve b). Mezarlıkta yapılan ayrıntılı gözlemlerde, bazı mezarların çatladığı, yamulduğu ve rotasyona maruz kalarak orjinal konumlarının değiştiği gözlenmiştir (Şekil 6.24c). Mezarlıkta deformasyona uğrayan mezarların yapılış tarihleri geniş bir zaman aralığını kapsar. Üzerinde tarih yazılı olan en eski mezar 1314, en yenisi ise 2009 yılına aittir. Arazi çalışmalarında mezarların doğrultuları tek tek ölçülmüş ve yapılış tarihleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda mezarların 1959 tarihinden sonra yapılanlarının doğrultularının  $K70^{\circ} D$  ile  $K 85^{\circ} D$  arasına değişmekte olduğu görülmüştür. 1314 yılında yapılan ve üzerlerindeki tarihlerin okunamadığı ancak görünüşüne göre eski olduğu anlaşılan mezarlar ise yaklaşık D-B doğrultusunda konumlanmıştır. Bu durum eski tarihli mezarların KAFZ'nun sağ yanal hareketi aracılığı ile yön değiştirdikleri şeklinde yorumlanmıştır. Mezarlıktaki en yeni mezarlar ise 1992, 2001 ve 2009 tarihlidir, bu mezarların doğrultuları ise  $K 80 D$  civarındadır.

Çaylı ile Güvem Köyleri arasında fay tarafından oluşturulan belverme gölcüğü ve tarla sınırlarında sağ yanal yamulmalar görülmektedir (Şekil 6.25). İncegöz Köyü içerisinde bir evin bahçe duvarında da fay üzerindeki krip hareketi ile ilgili olduğu düşünülen kırılma söz konusudur (Şekil 6.26). Örencik Köyü'nde ise sağ yanal ötelenmiş tarla sınırları görülmektedir (Şekil 6.27). Kıran Köyü'nde fay uzanımı üzerinde bulunan bir evin zemininde meydana gelen hasar da krip hareketinden kaynaklanan deformasyon olarak yorumlanmaktadır (Şekil 6.28) Fatih-Yeni Mahalle içerisinde fay tarafından oyulan vadi içerisinde kalan bir bahçe duvarında da hasar mevcuttur (Şekil 6.29).



Şekil 6.21. Hamamlı'nın 5 km doğusu ile Çaylı arasında KAFZ'nun aktif ana kolunun uzanımı.





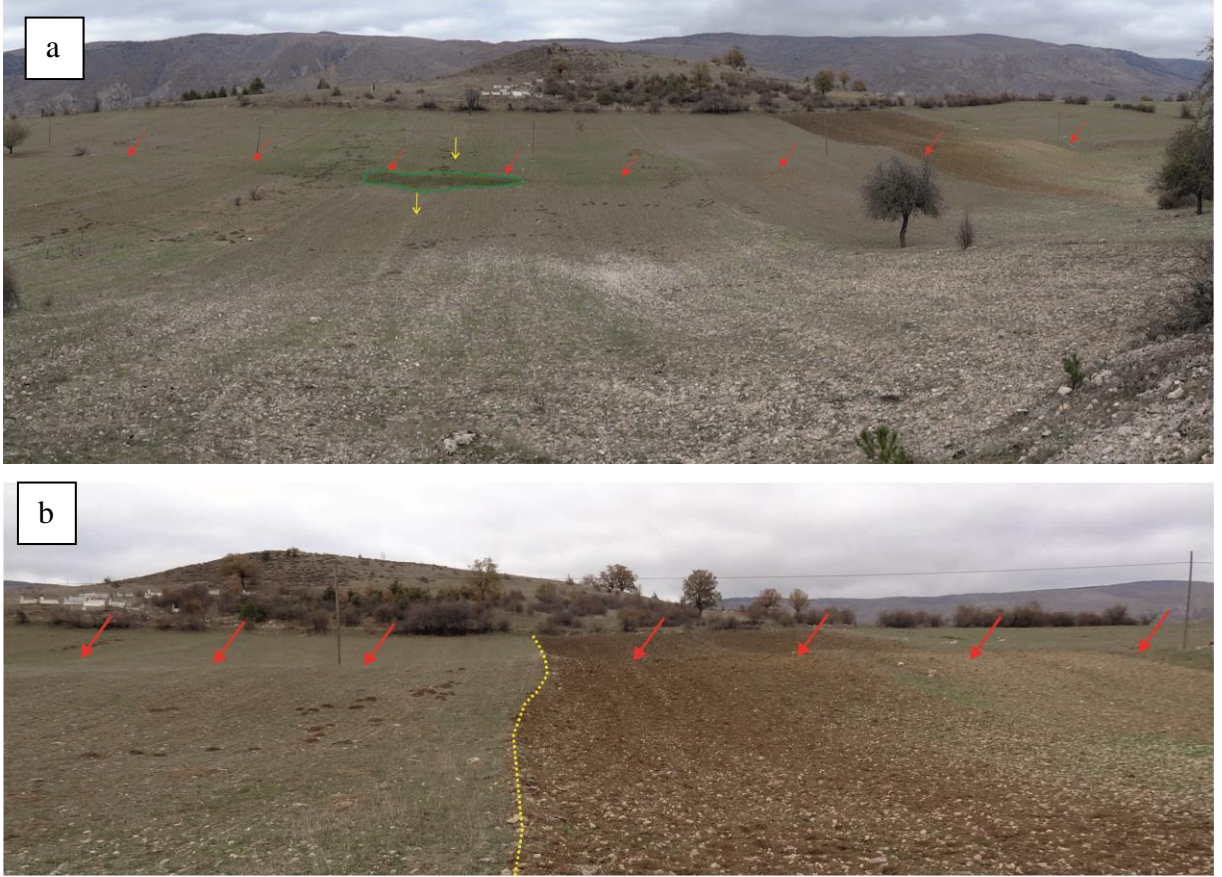


**Şekil 6.23.** Ahallar Köyü'nün yaklaşık 3 km kuzeydoğusunda fayın morfolojideki izi kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.



**Şekil 6.24.a ve b** Kuzören Köyü mezarlığında fayın uzanımı **c.** Mezarlarda görülen rotasyon. Sarı çizgiler yaklaşık D-B yöneliminde olan eski mezarların, kırmızı çizgiler ise daha yeni olan ve  $K70-85^{\circ}D$  arasında değişen mezar yönelimlerini işaret etmektedir.

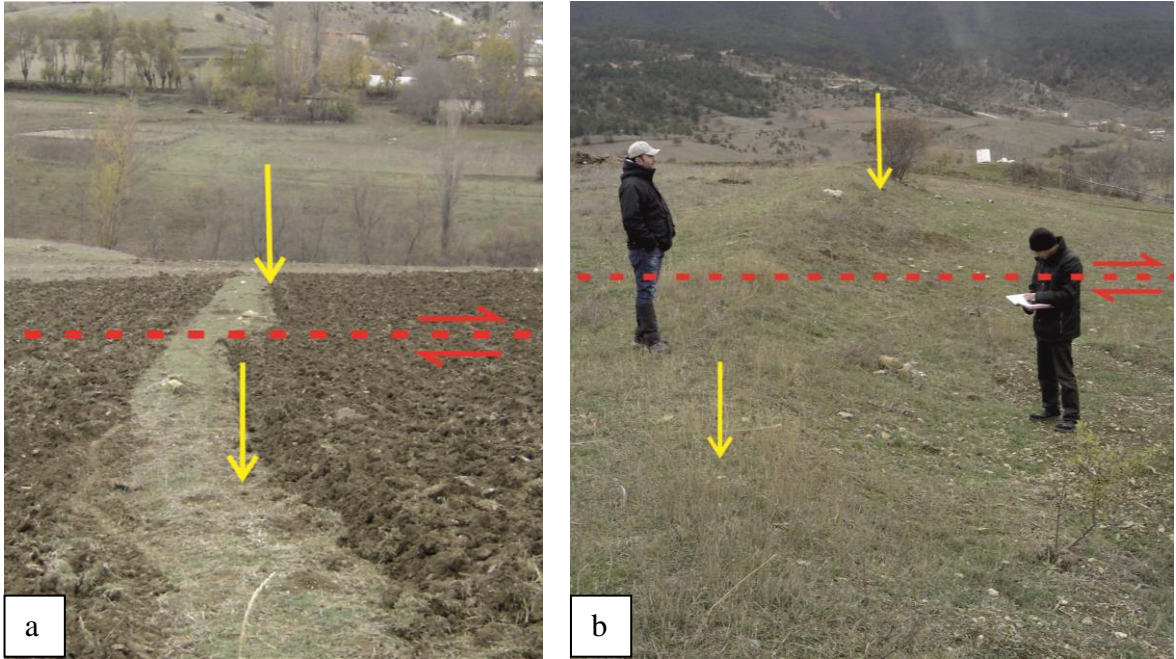




**Şekil 6.25.a.** Çaylı ile Güvem Köyleri arasında tarla sınırlarında görülen a. belverme gölcüğü b. sağ yanal yamulmalar. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir.



**Şekil 6.26.** İncegöz Köyü'nde fay zonu üzerinde bulunan bir bahçe duvarında kırılma.



**Şekil 6.27.** Örencik Köyü yakınlarında gözlenen sağ yanal yamulmalar. **a.** Köyün doğusunda, **b.** Köyün batısında (Sarı oklar sınırın aynı kenarını, kırmızı kesikli çizgiler fayı temsil etmektedir).





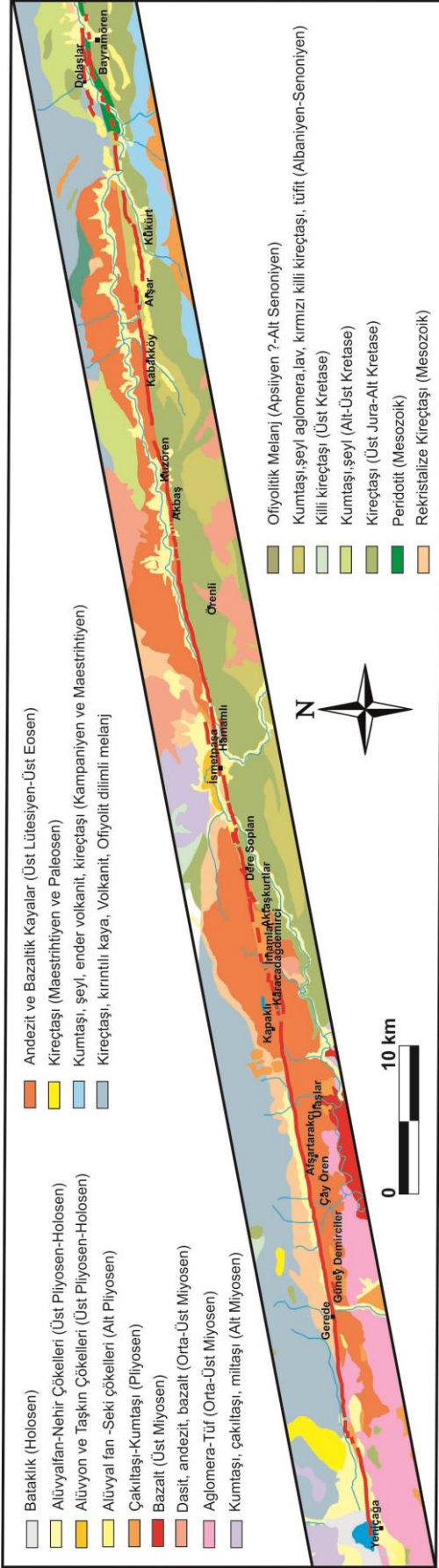
Şekil 6.28. Kiran Köyü'nde fay uzanımı üzerindeki bir evin duvarındaki hasar.



Şekil 6.29. Fatih - Yeni Mahalle'de fay zonu üzerine yapılmış bir bahçe duvarında gözlenen hasar.

### **6.2.2 Fay zonu boyunca ayrıntılı jeolojik haritalama**

Tez çalışması kapsamında yapılan jeolojik haritalama çalışmalarında Herece ve Akay (2003) tarafından hazırlanan Kuzey Anadolu Fayı Atlası'ndan (Şekil 6.30) yararlanılmıştır. Herece ve Akay (2003) tarafından yapılan jeoloji haritası 1/ 500000 ölçeklidir ve haritanın ölçeği, krip ölçüm istasyonlarının hangi jeolojik birim üzerinde olduğunu belirlemek için yeterli değildir. Bu nedenle KAFZ'nun Gerede- Bayramören arasındaki uzanımı boyunca fayın yaklaşık 1 km kuzeyi ile 1 km güneyini sınırlayan koridor boyunca jeoloji gözden geçirilmiştir. Arazide yapılan ayrıntılı jeoloji çalışmaları ile ölçüm istasyonlarının hangi jeolojik birimler üzerinde oldukları ayrıntılı haritalanmıştır. Rapor içerisinde her istasyona ait 1'er km<sup>2</sup> 'lik alanı kapsayan haritalar verilmektedir.

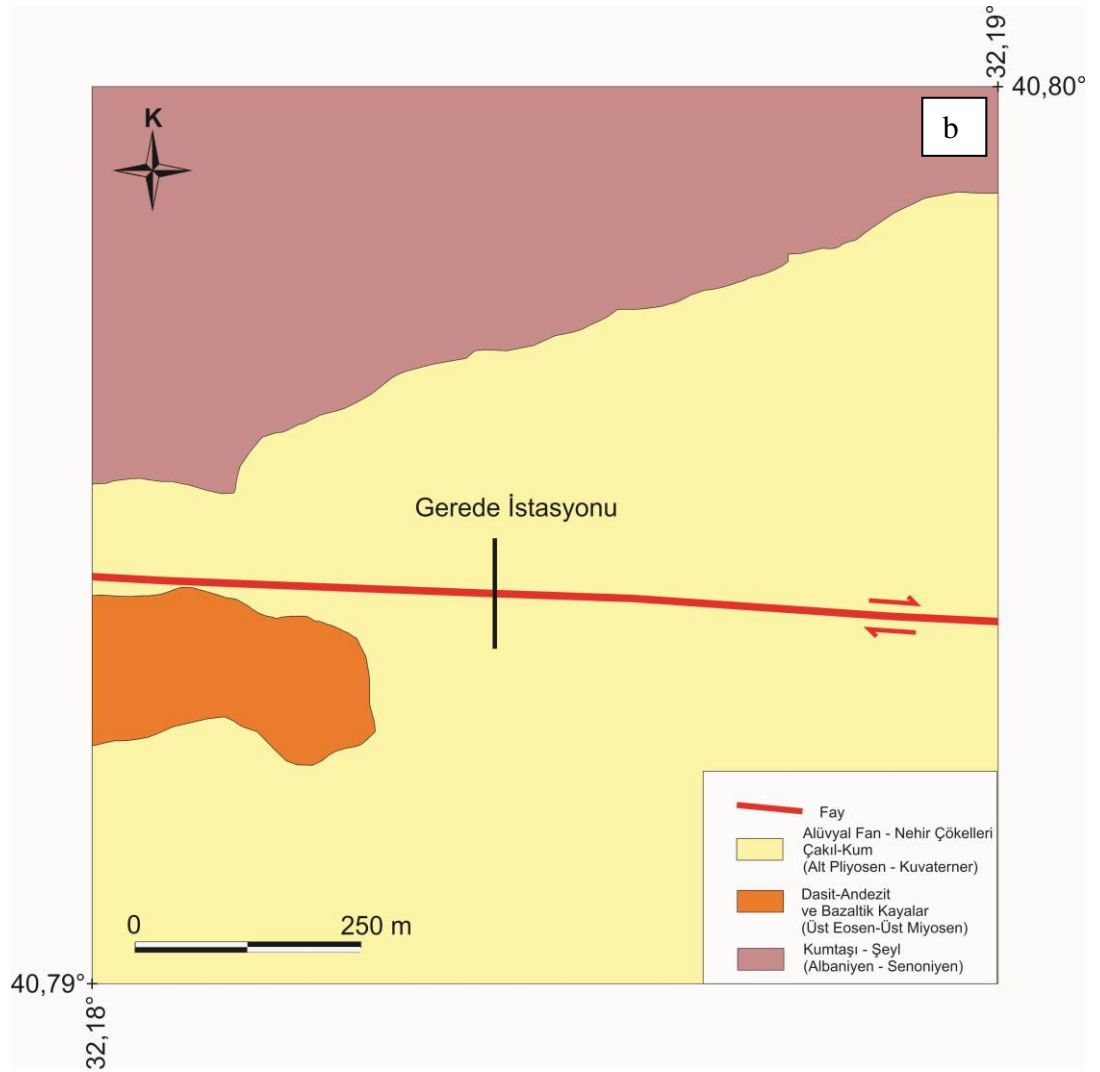


Şekil 6.30. Gerede Bayramören arasında KAFZ boyunca haritalanan jeolojik birimlerin genel dağılımı ( KAF Atlası MTA, 2003).



### 6.2.2.1 Gerede istasyonu

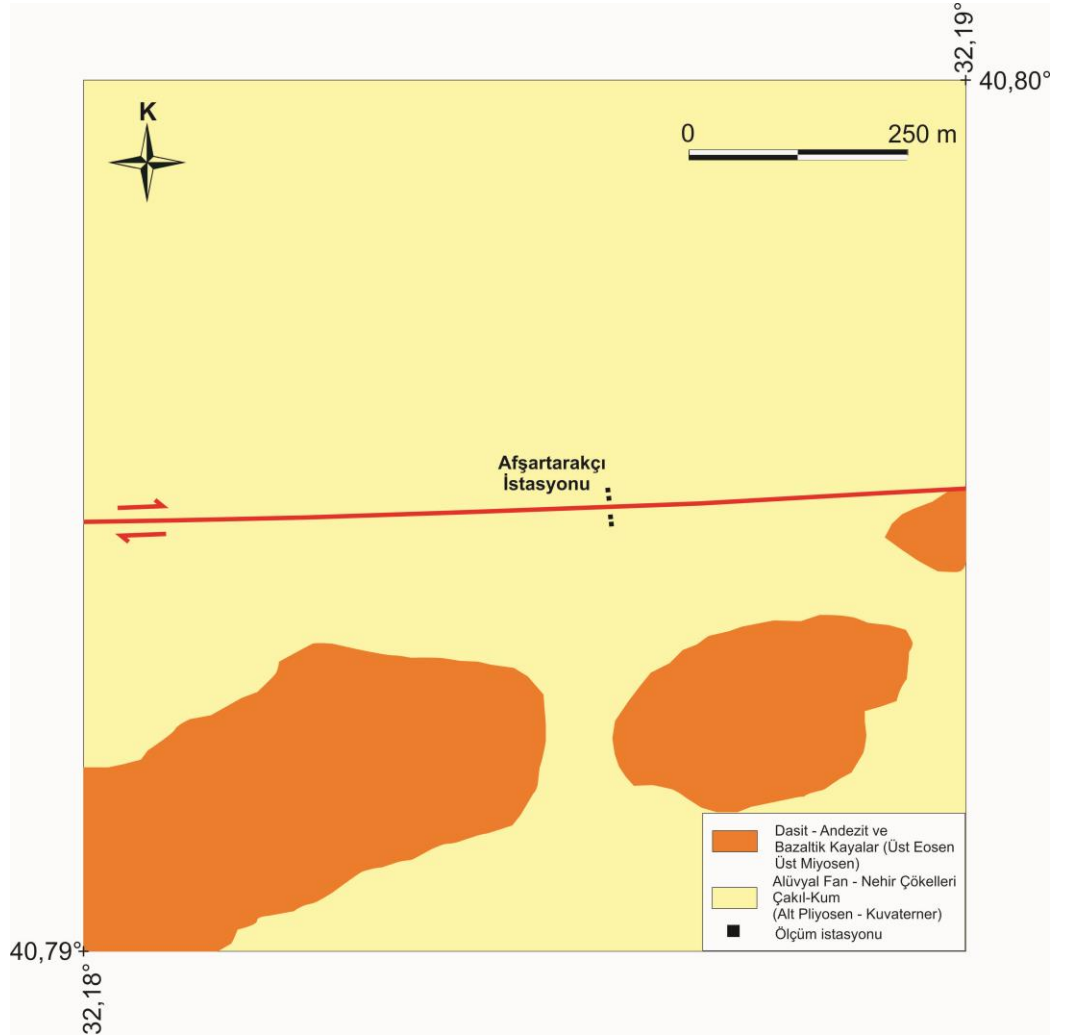
Gerede ilçe merkezinde yer alan ve bu tez kapsamında izlenen duvar, genç çökeller üzerine inşa edilmiştir ancak istasyonun yakın çevresindeki temel birimleri Eosen yaşlı volkanik kayalar oluşturur (Şekil 6.31b ve Ek 1).



Şekil 6.31.a. Gerede Stadyumu ile Gerede Anadolu Lisesi arasında devamlı ölçülmekte olan duvar. b. Gerede İstasyonu çevresinde 1km<sup>2</sup> 'lik alana ait ayrıntılı jeoloji haritası.

### 6.2.2.2 Afşartarakçı istasyonu

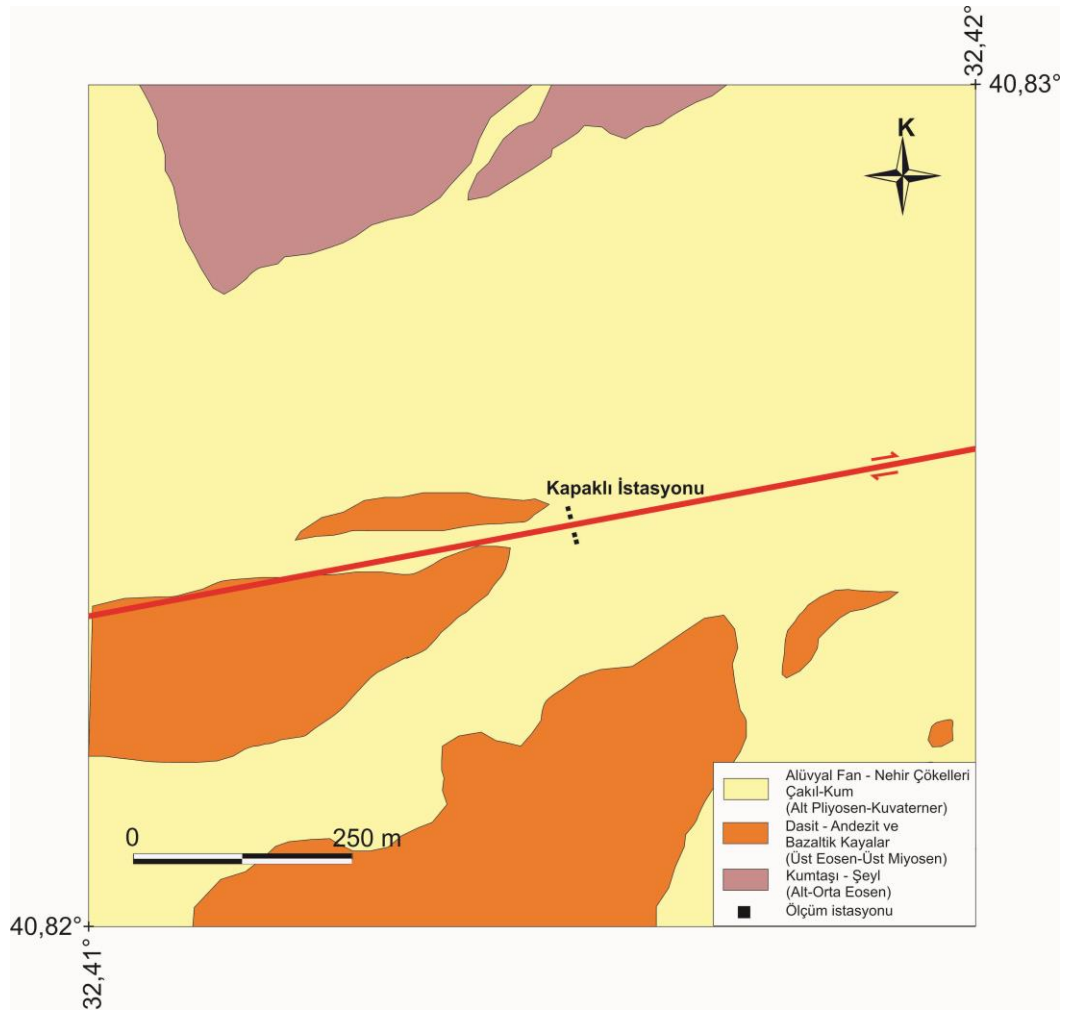
Kuvaterner yaşlı ince taneli çökeller üzerinde bulunan bu istasyonun kuzeyinde Eosen yaşlı kırıntılı sedimanter kayalar güneyinde ise Eosen yaşlı volkanik kayalar bulunmaktadır ( Şekil 6.32 ve Ek 1).



**Şekil 6.32.** Afşartarakçı istasyonu jeolojisi. Fay zone uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.

### **6.2.2.3 Kapaklı istasyonu**

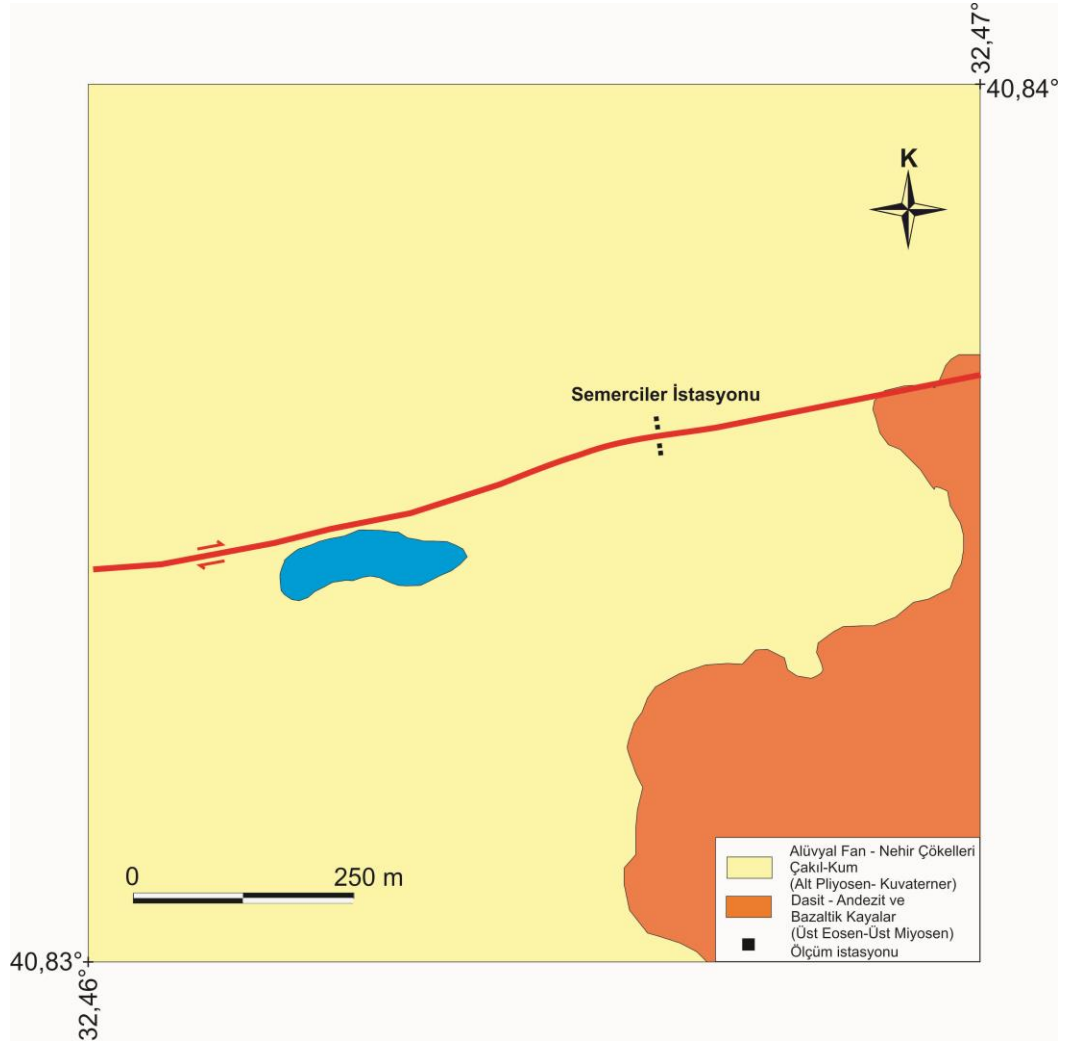
Kapaklı ölçüm istasyonu Kuvaterner yaşlı alüvyal malzeme üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6.33) ancak çevresinde Eosen yaşlı volkanik kayalar ile kırıntılı sedimanter kayalar görülmektedir (Ek 1).



**Şekil 6.33.** Kapaklı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.

### 6.2.2.4 Semerciler istasyonu

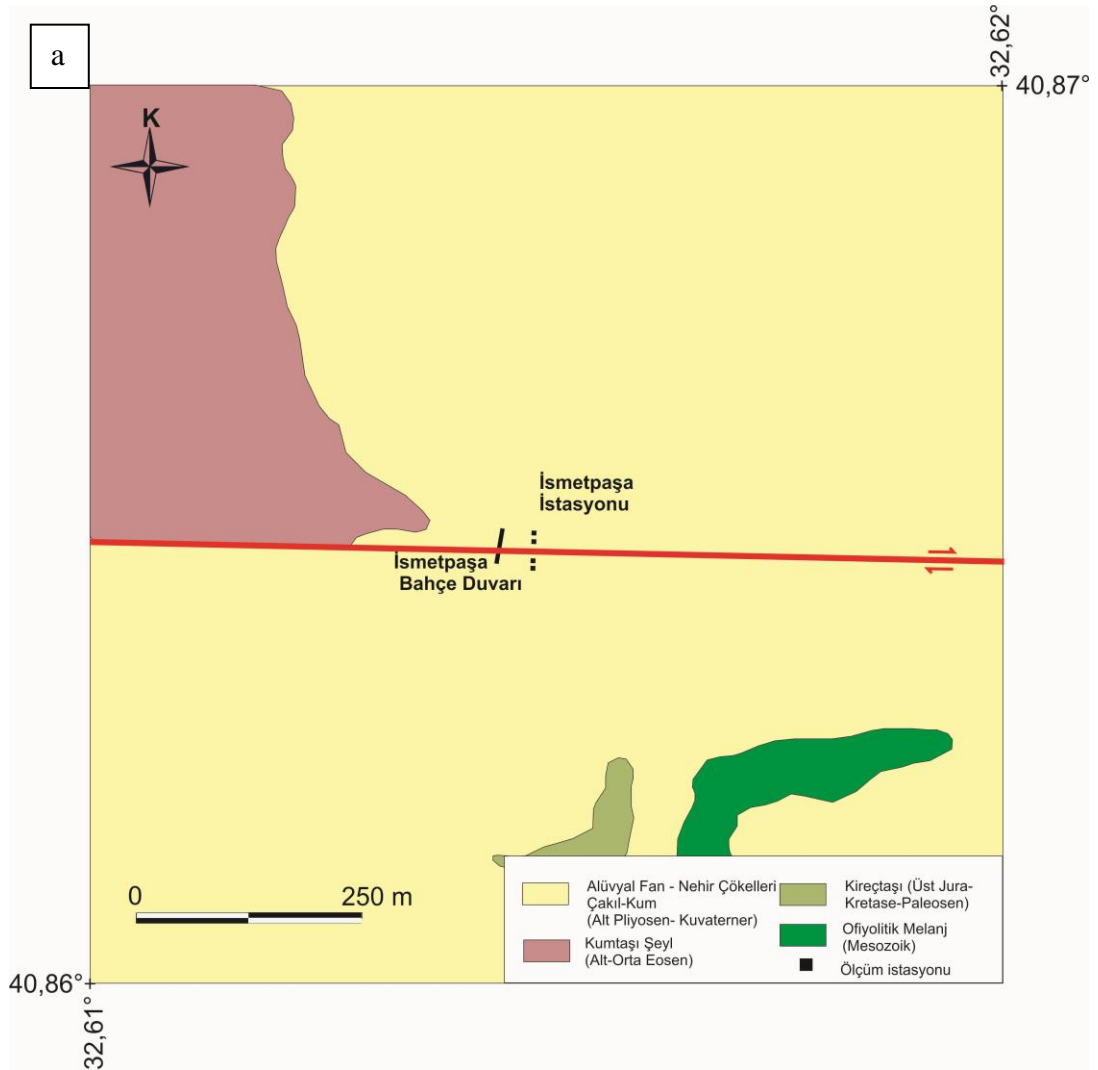
Semerciler istasyonu Eosen yaşı Andezitik – Bazaltik birimler üzerinde gelişen ve tarla olarak kullanılan toprak üzerinde yer almaktadır (Şekil 6.34 ve Ek 1).



**Şekil 6.34.** Semerciler istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.

### 6.2.2.5 İsmetpaşa istasyonu

İsmetpaşa Mahallesi'nde bulunan Karayolları Bakım İstasyonu'nun duvarı ve bu duvarın yanına kurulmuş olan gözlem istasyonu Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6.35 a ve b). İstasyon çevresinde Mesozoik yaşlı ofiyolitik kayalar (Şekil 6.36), kireçtaşları (Kretase-Paleosen) ve Eosen yaşlı kırıntılı sedimanter kayalar bulunmaktadır (Ek 1).





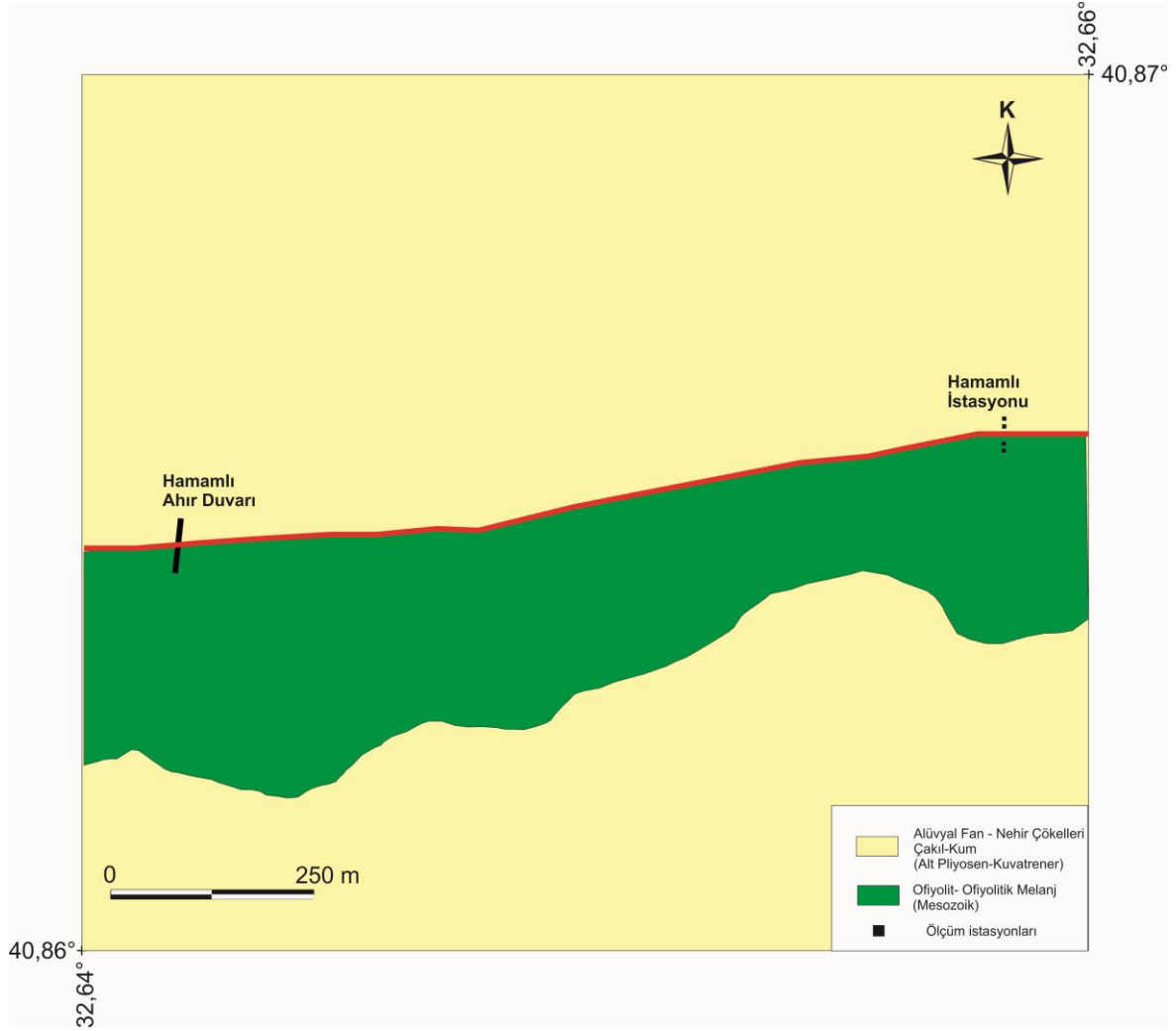
**Şekil 6.35. a.** İsmetpaşa istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. **b.** İsmetpaşa'daki krip hareketine bağlı deformasyona maruz kalan İsmetpaşa Karayolları bakım istasyonu duvarı.



**Şekil 6.36.** İsmetpaşa istasyonu yakın güneyinde bulunan ofiyolitik kayalar.

### 6.2.2.6 Hamamlı istasyonu

Fay, Hamamlı istasyonunda ofiyolitik kayalar ile Pliyosen yaşlı kırıntılı kayaları sınırlamaktadır (Şekil 6.37 ve Ek 1). Fayın güneyindeki ölçüm direkleri ofiyolitik kayalar (Şekil 6.38, kuzeyindeki direkler ise Pliyosen yaşlı çakıl-kum birimleri üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6.39).



Şekil 6.37. Hamamlı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.





**Şekil 6.38.** Hamamlı ölçüm istasyonu en güneydeki direk. Sarı ok ofiyolitik melanj mostrasını göstermektedir.

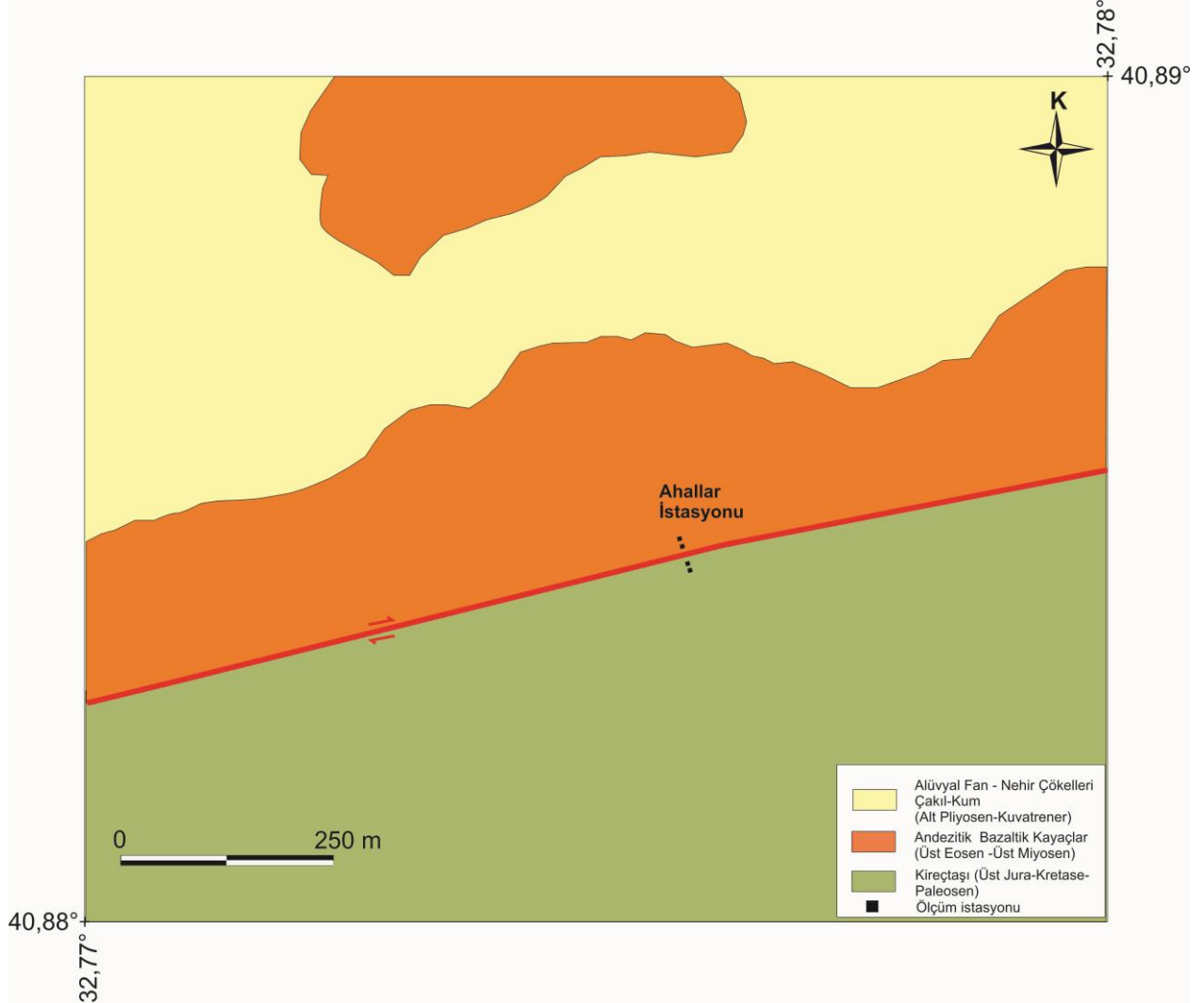


**Şekil 6.39.** Hamamlı ölçüm istasyonu kuzeyinde görülen çakıltaşı kumtaşı mostrası.



### 6.2.2.7 Ahallar istasyonu

Ahallar istasyonunda fayın güneyinde bulunan direkler Jura yaşlı kireçtaşları üzerinde bulunurken, fayın kuzeyinde yer alan direkler Andezitik – Bazaltik birimler üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6.40,6.41 ve Ek 1).



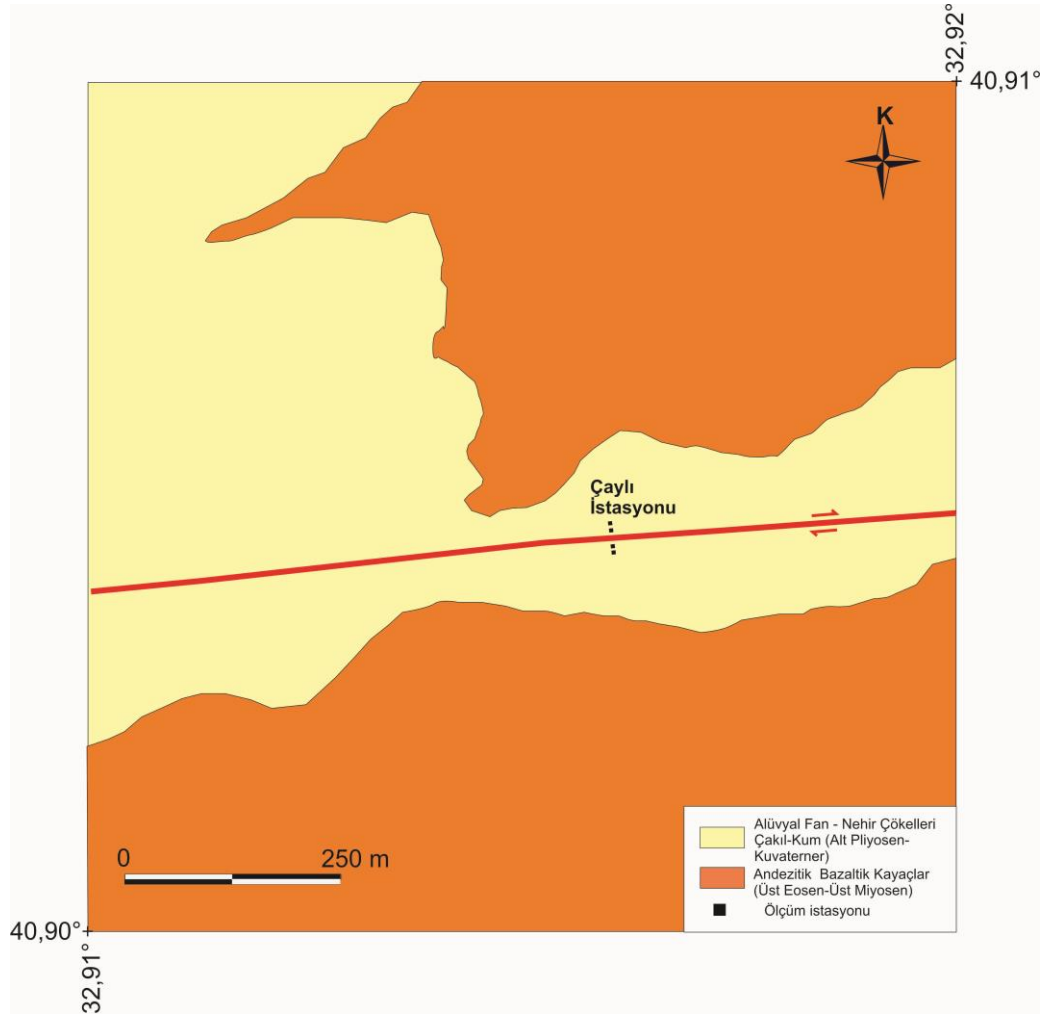
**Şekil 6.40.** Ahallar istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.



**Şekil 6.41.** Ahallar istasyonunda fay uzanımının kuzey kesiminde yer alan direklerin bulunduğu andezitik - bazaltik kayalar.

### 6.2.2.8 Çaylı istasyonu

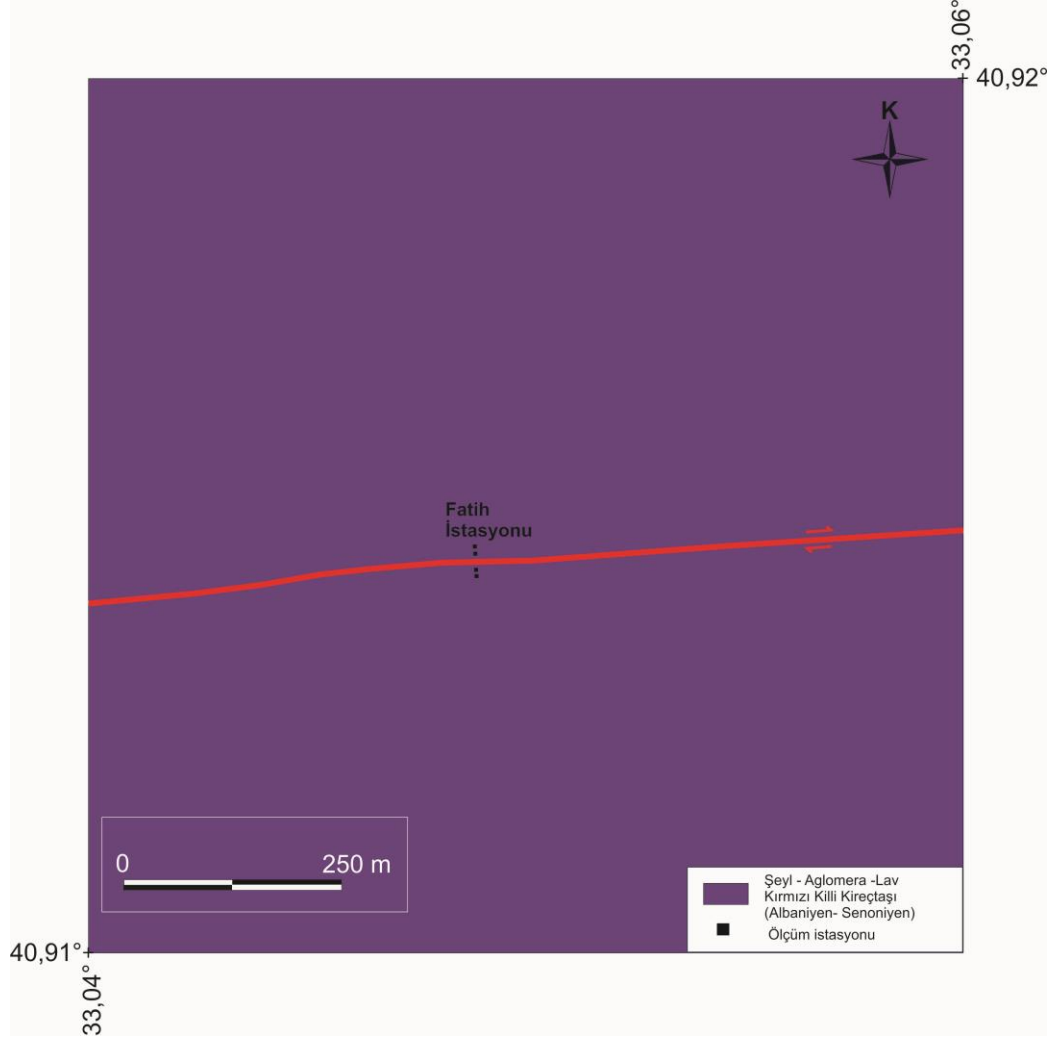
Çaylı istasyonuna yerleştirilen ölçüm direkleri Jura yaşlı kireçtaşları üzerinde gelişen gevşek çökellerden oluşan malzemede bulunmaktadır (Şekil 6.42 ve Ek 1).



**Şekil 6.42.** Çaylı istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.

### 6.2.2.9 Fatih istasyonu

Fatih İstasyonu, Kretase yaşı kırıntılı sedimanter kayaçlar, kireçtaşları ve volkanik kayalardan oluşan karmaşık birim üzerinde yer almaktadır (Şekil 6.43 ve Ek 1).



**Şekil 6.43.** Fatih istasyonu jeolojisi. Fay zonu uzanımı kırmızı çizgi ile gösterilmektedir.

### 6.2.3 Fay zonu boyunca GPR çalışmaları

Yapılan jeomorfolojik çalışmalarla fayın Gerede – Bayramören arasında, arazideki izi ayrıntılı olarak haritalanmıştır. Fayın doğrusal gittiği ve zonun en dar olduğu lokasyonlar arazi verilerine dayanarak belirlenmiş ve bu lokasyonlarda deformasyon zonunun genişliğini belirlemek için GPR profilleri alınmıştır. Her bir lokasyonda elde edilen ham veriler filtreler kullanılarak işlenmiş ve profiller yorumlanmıştır. Gerede – Bayramören arasında sekiz ayrı lokasyonda gidiş-geliş olmak üzere toplam 16 GPR profili alınmıştır. Profillerin konum ve teknik özellikleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Bu ölçümlerde 250 MHz’lik anten kullanılmış ve yüzeyden maksimum 9 m derinliğe kadar inilmiştir. 250 MHz antenin hata payı yatayda  $\pm 10$  cm’dir.

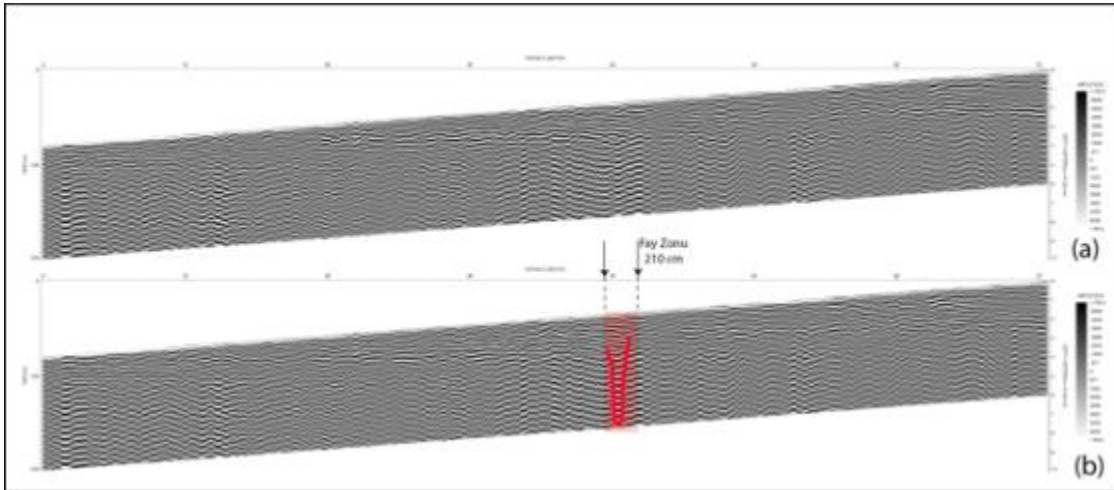
**Çizelge 6.1.** Çalışma alanında yapılan GPR ölçüm profillerine ait özellikler.

<b>Ölçümün Yapıldığı Lokasyon</b>	<b>Profil Uzunluğu</b>	<b>Profil Doğrultusu</b>
<b>Gerede- Bayramören Arası</b>		
Gerede		
Afşartarakçı	60m	KB-GD
Afşartarakçı	60m	GD-KB
Kapaklı	55 m	KB-GD
Kapaklı	55 m	GD-KB
Semerciler	120m	K-G
Semerciler	120m	G-K
İsmetpaşa	45 m	K-G
İsmetpaşa	45 m	G-K
Hamamlı	60m	K-G
Hamamlı	60m	G-K
Ahallar	50 m	K-G
Ahallar	50 m	G-K
Çaylı		
Fatih	55 m	K-G
Fatih	55 m	G-K

Afşartarakçı istasyonunda (Şekil 6.44) fay zonunun genişliği 6 m civarındadır (6.45 a ve b).



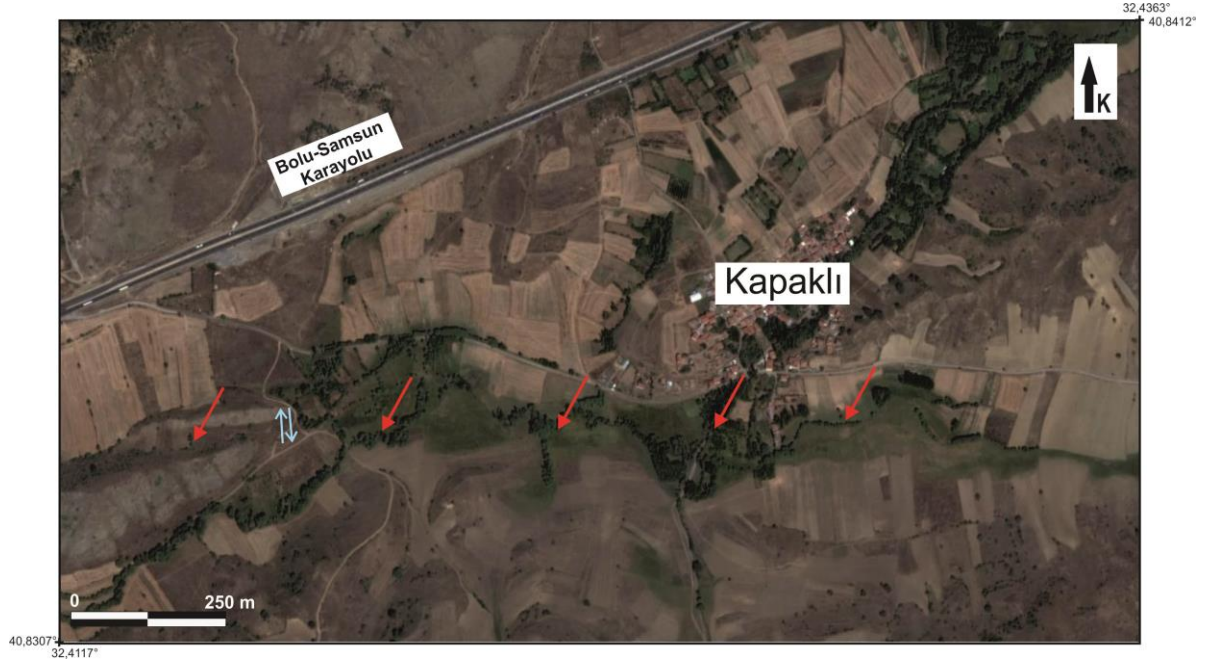
**Şekil 6.44.** Afşartarakçı Köyü'nün kuzeydoğusunda fayın uzanımı. Sarı oklar sağ yanal ötelenmiş dereyi ve ağaç sırasını, kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.



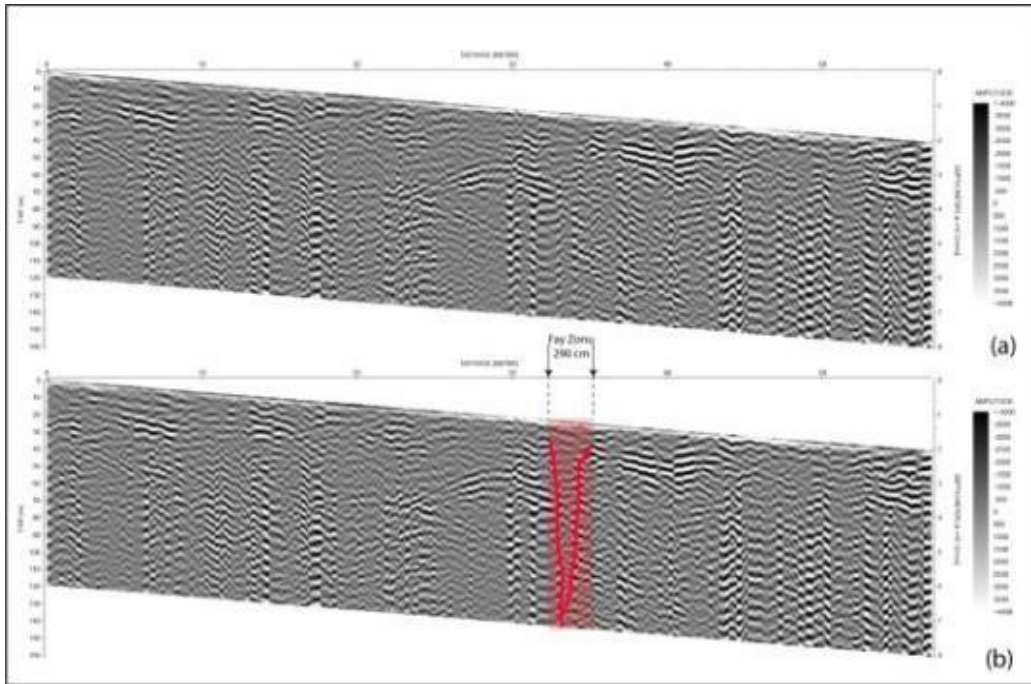
**Şekil 6.45.** Şekil 5.44'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili **a.** Ham veri, **b.** İşlenmiş veri.



Kapaklı istasyonunda fay tarafından kesilmiş sırtın doğusunda yapılan GPR ölçümleri (Şekil 6.46) deformasyon zonunun yaklaşık 3 m genişliğinde olduğunu göstermektedir (Şekil 6.47).



**Şekil 6.46.** Kapaklı Köyü'nün batısında fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgiler GPR profilinin yerini göstermektedir.

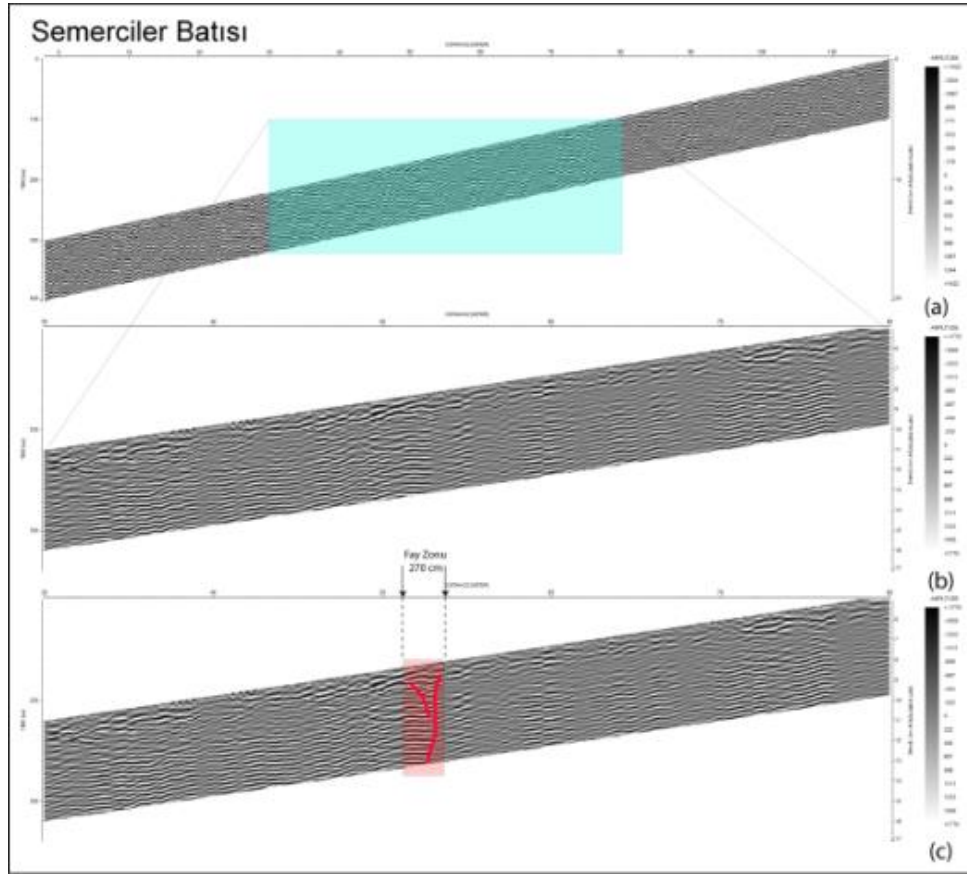


**Şekil 6.47.** Şekil 5.46'da mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. **a.** Ham veri, **b.** İşlenmiş veri.

Semerciler Köyü'nün hemen batısındaki bu istasyonda (Şekil 6.48) deformasyon zonunun genişliği yaklaşık 3 m' dir (Şekil 6.49).



**Şekil 6.48.** Semerciler Köyü'nün batısında fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.



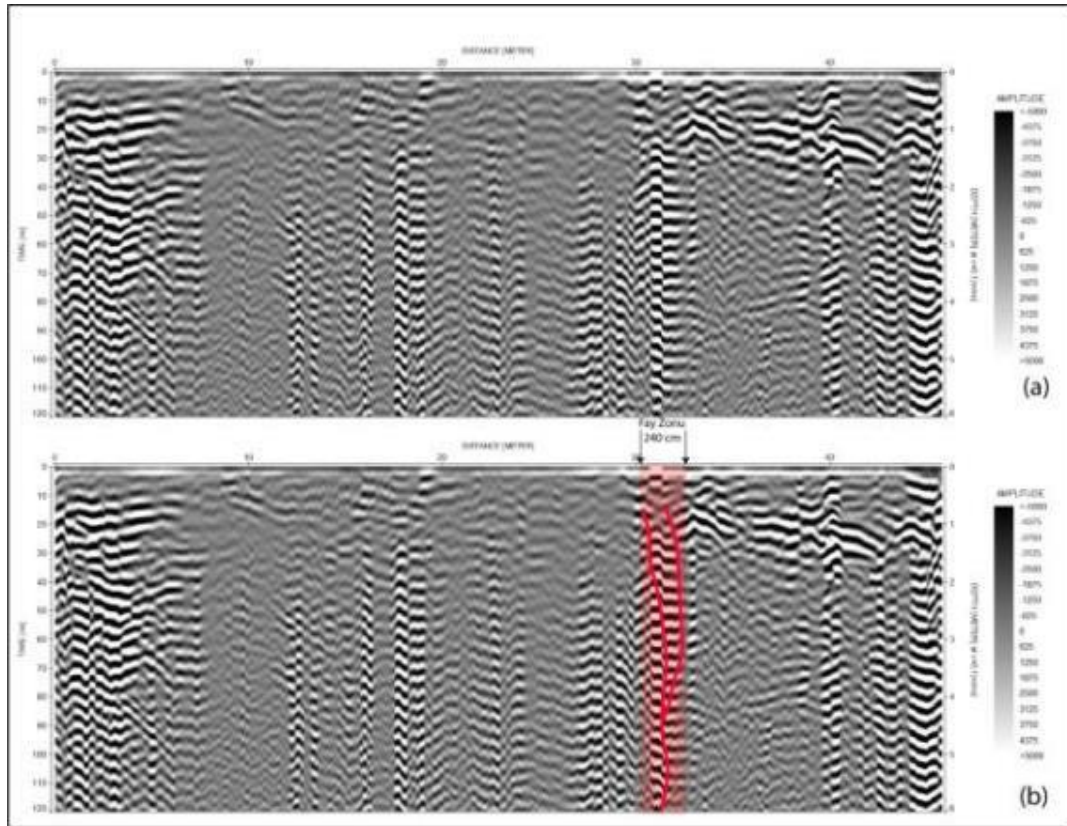
**Şekil 6.49.** Şekil 5.48'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Tüm profilin ham verisi, b. Profilde fayın görüldüğü kısmın ham verisi, c. İşlenmiş veri.



İsmetpaşa'da bulunan Karayolları Bakım İstasyonu'nun bahçe duvarının yaklaşık 100 m doğusunda yapılan GPR çalışmaları (Şekil 6.50) fay zonunun genişliği 2.5 m civarında olduğunu göstermektedir (Şekil 6.51).

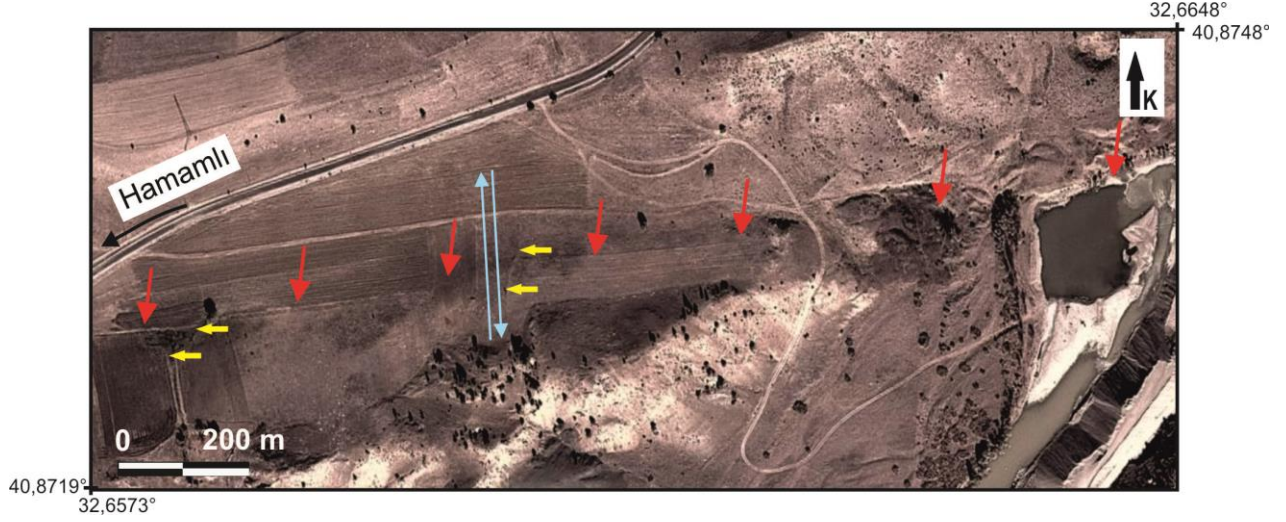


**Şekil 6.50.** İsmetpaşa'nın batısında fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.

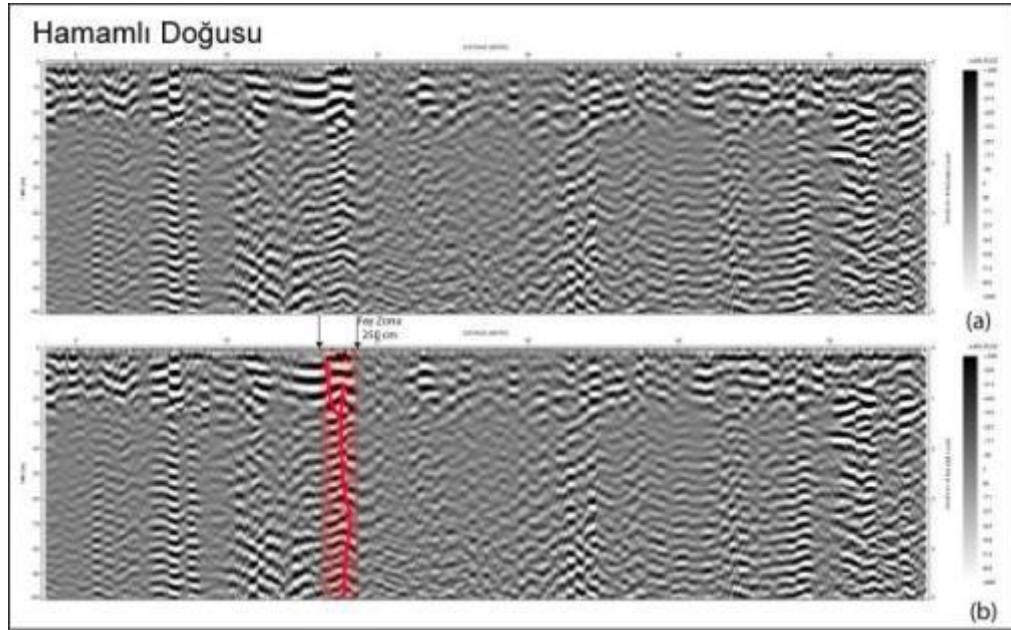


**Şekil 6.51.** Şekil 5.50'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.

Hamamlı Köyü'nün yaklaşık 2 km doğusunda yaklaşık 7 m sağ yönlü ötelenen bir tarla sınırı boyunca yapılan GPR çalışmaları (Şekil 6.52), deformasyon zonunun 2,5 m genişliğinde olduğunu göstermektedir (Şekil 6.53).



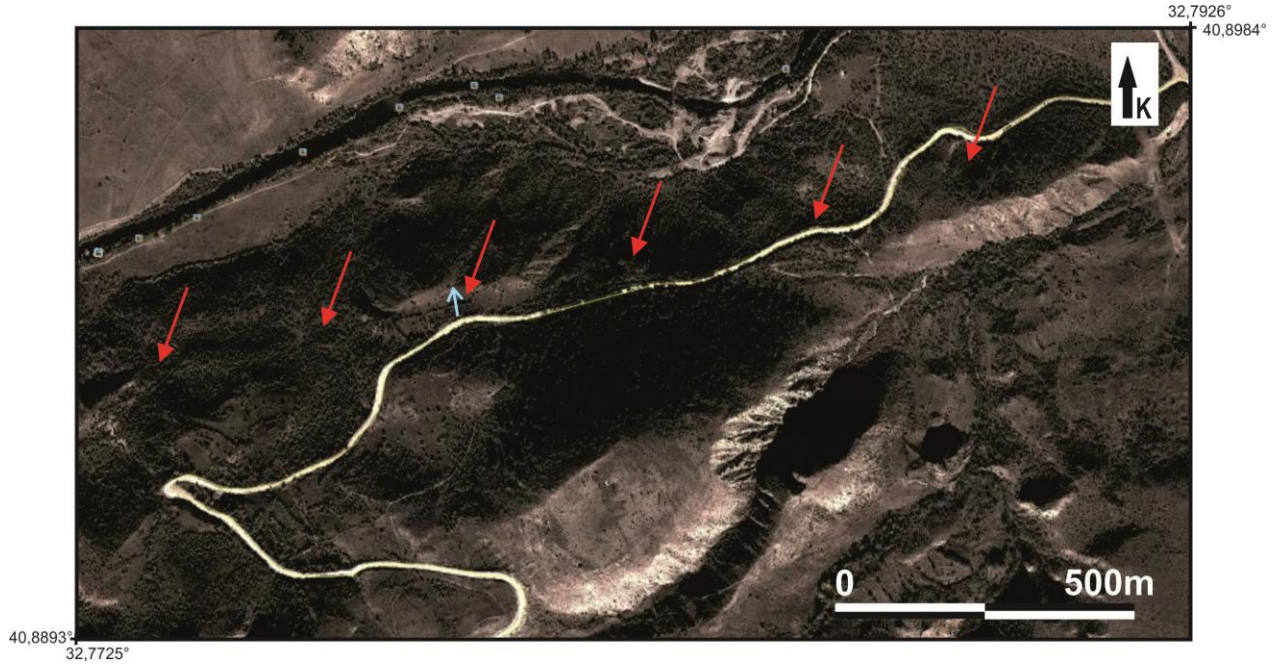
**Şekil 6.52.** Hamamlı doğusunda fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.



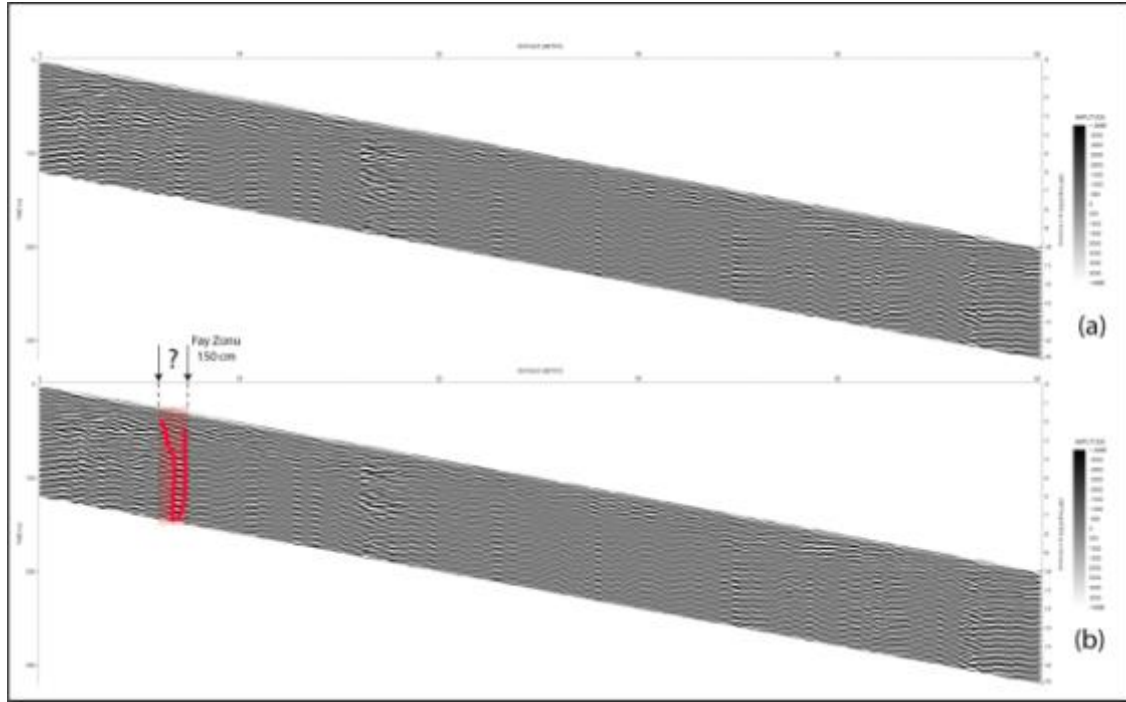
**Şekil 6.53.** Şekil 5.52'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.



Ahallar istasyonunda (Şekil 6.54) yapılan GPR çalışmaları, deformasyon zonunun genişliğinin 2 m' den az olduğunu göstermektedir (Şekil 6.55).



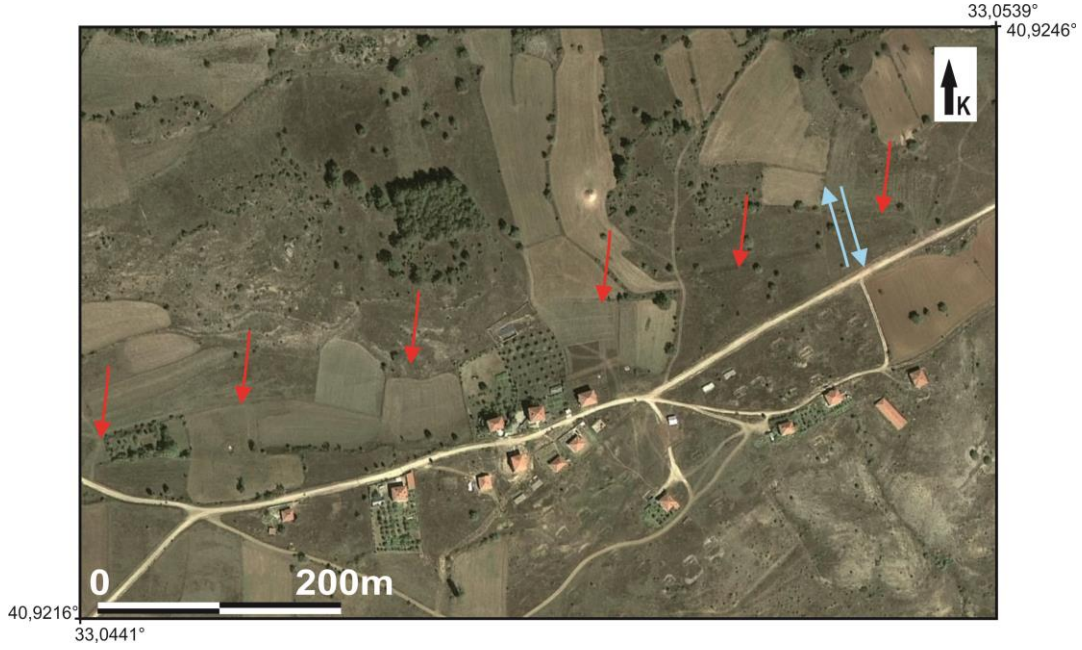
**Şekil 6.54.** Ahallar doğusunda fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.



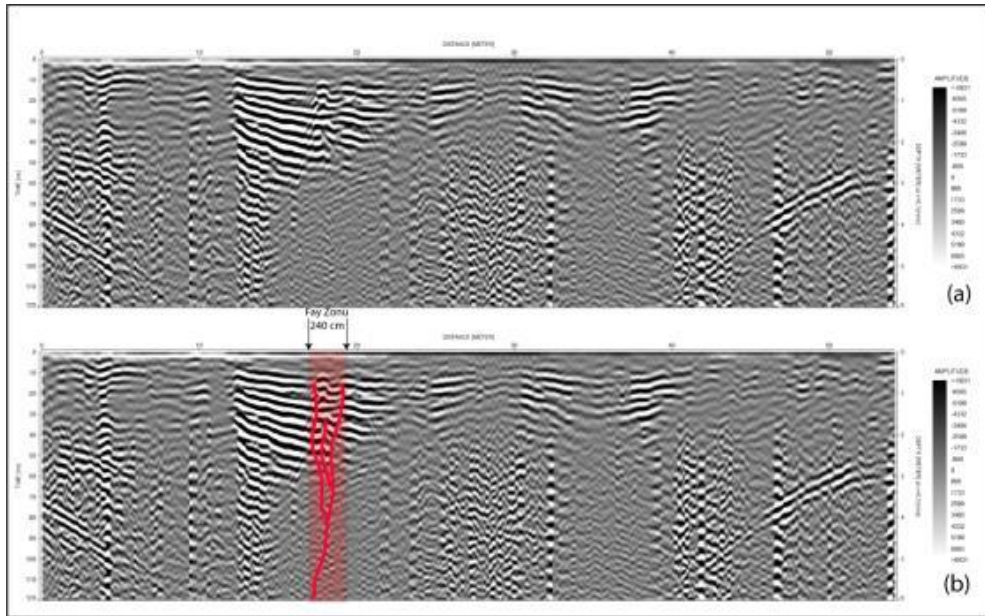
**Şekil 6.55.** Şekil 5.54'de mavi ok ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.

Çaylı-Güvem köyleri arasında kurulan Çaylı istasyon alanı GPR yapmaya müsait olmadığı için bu lokasyonda GPR profili allınamamıştır.

Fatih Mahallesi'nin doğu çıkışında bulunan bu istasyonda (Şekil 6.56) yapılan GPR çalışmaları, fay zonunun genişliğinin 2.5 m civarında olduğunu göstermektedir (Şekil 6.57).



**Şekil 6.56.** Fatih Mahallesi'nin doğusunda fayın uzanımı. Kırmızı oklar fayın izini göstermektedir. Mavi çizgi GPR profilinin yerini göstermektedir.



**Şekil 6.57.** Şekil 5.58'de mavi oklar ile gösterilen doğrultuda alınan GPR profili. a. Ham veri b. İşlenmiş veri.

## 7. GÖZLEM İSTASYONLARININ KURULUMU VE İSTASYONLARDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

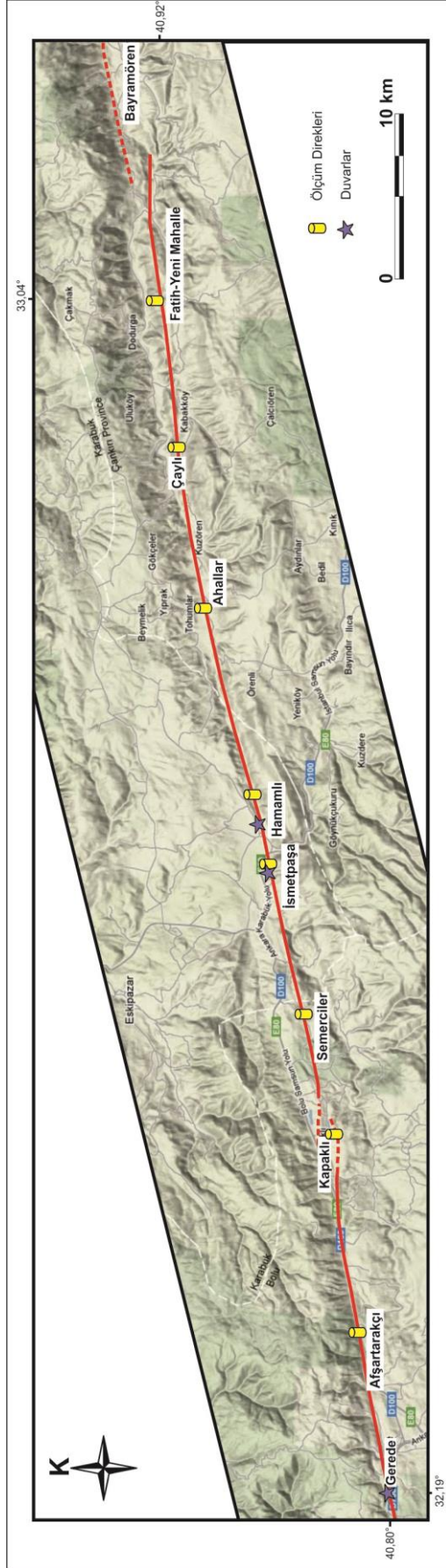
### 7.1 Aktif Faylar Üzerinde Krip Gözlem İstasyonları Kurulumu

Jeolojik-jeomorfolojik gözlemler ve GPR çalışmaları doğrultusunda seçilen lokasyonlarda ölçüm istasyonlarının kurulumu gerçekleştirilmiştir. Gerede- Bayramören arasında fay uzanımı üzerinde yer alan istasyonların yerleştirilmesi Mayıs 2013 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm istasyonları kurulurken, en az 1×1 m boyutunda duraylı zemine açılan çukurlarda (Şekil 5.60) taş ve çimento ile sağlam bir platform yapılmış (Şekil 5.60b) ve beton direkler bu platforma oturtulmuştur (Şekil 5.60c). Terazeye alınan direkler (Şekil 5.60d), kaide kısmı gömülecek şekilde tekrar çimento ve taş kullanılarak sabitlenmiştir (Şekil 5.60e). Beton direkler yerleştirilirken fay zonuna dik olmalarının yanı sıra aynı hizada yerleştirilmelerine de özen gösterilmiştir (Şekil 5.60e). Direklerin ne amaçla dikildikleri konusunda bilgi vermesi için üzerlerine bilgi levhaları yapıştırılmıştır (Şekil 5.60f, g). Gerede– Bayramören arasında fay uzanımı üzerinde 8 ölçüm istasyonu kurulumu yapılmıştır. Kurulan istasyobların yerleri Şekil 5.61’de, istasyonların genel görünümü ise Şekil 5.62’de verilmiştir.





Şekil 7.1. Krip takibi amacıyla fay zonu üzerine yerleştirilen direklerin kurulum aşamaları.

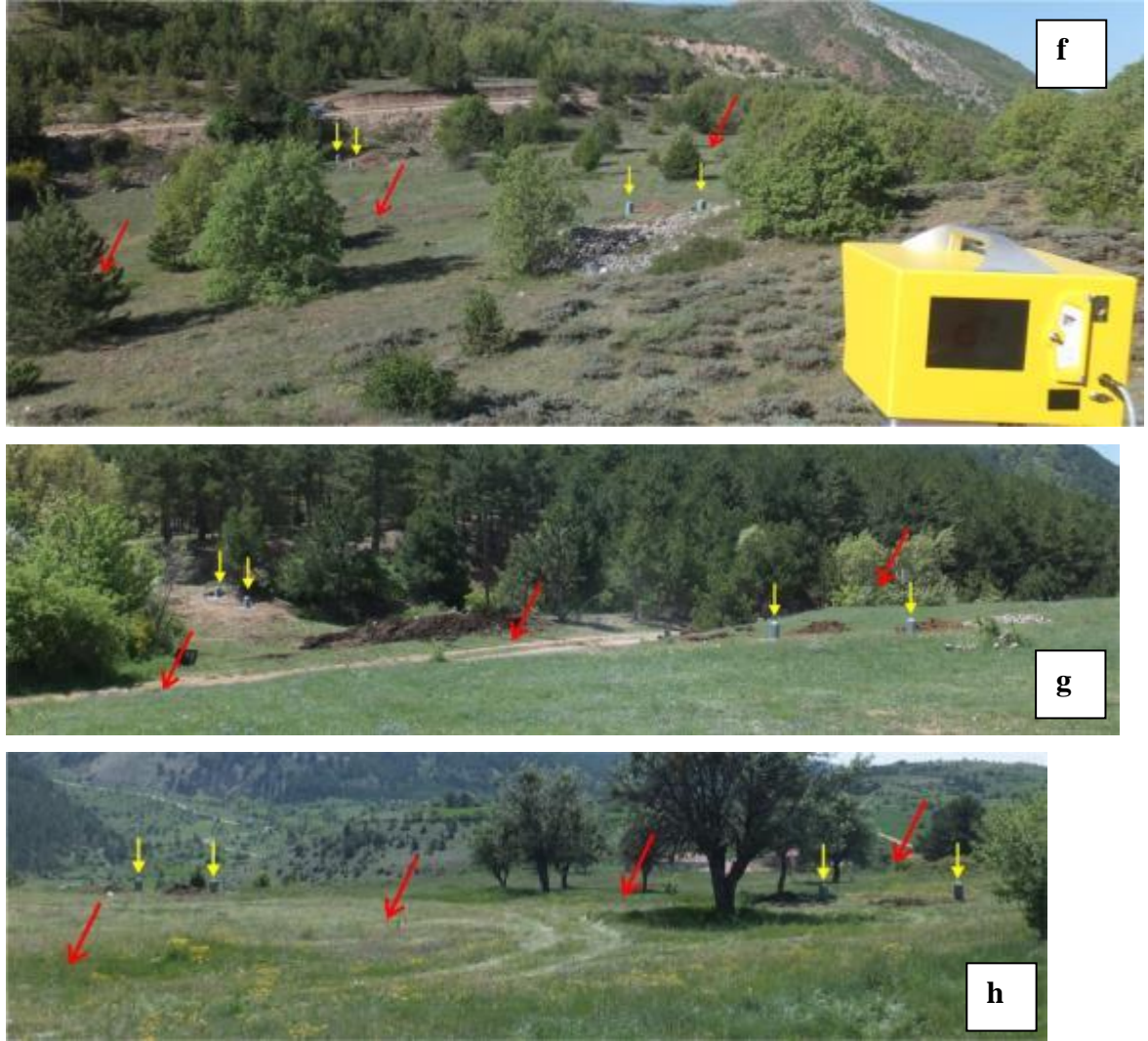


Şekil 7.2. KAFZ'nun Gerede - Bayramören arasında kalan kesiminin genel uzanımı ve ölçüm lokasyonları









**Şekil 7.3.** Ölçüm istasyonlarının genel görünümleri. Kırmızı oklar fayın uzanımını, sarı oklar direkleri gösterilmektedir. **a.** Afşartarakçı istasyonu, **b.**Kapaklı istasyonu, **c.** Semrciler istasyonu, **d.** İsmetpaşa istasyonu, **e.** Hamamlı istasyonu, **f.** Ahallar istasyonu, **g.** Çaylı istasyonu, **h.**Fatih istasyonu.

## **7.2 Gözlem İstasyonlarında Yapılan alışmalar**

Çalışma alanında fay boyunca belirli aralıklarla yerleştirilen direkler ve eski duvarlar üzerinde periyodik aralıklarla 8 ayrı ölçüm yapılmıştır (izelge 6.1). Yapılan lmlerde Optech İLRİS 3D LİDAR ve Topcon GPT 8005a Total Station cihazları kullanılmıştır. 2013 yılı mayıs ayında 6 aylık periyotlar ile izlenmeye balşanan istasyonlar, tez izleme komitesinin nerisi üzerine 3'er aylık periyotlar ile izlenmeye devam edilmiştir. Aşağıda sırasıyla kullanılan cihazların karakteristik özellikleri kısaca verilmiştir.

**Çizelge 7.1** Tez çalışması kapsamında yapılan LİDAR ve Total Station ölçümleri (Mavi renk ile olan işaretler LİDAR ölçümlerini, turuncu renk ile işaretli olanlar ise Total-Station ölçümlerini göstermektedir).

Ölçüm Yeri	LİDAR (♦) ve Total Station (♣) Ölçüm Tarihleri							
	Mayıs 2013	Kasım 2013	Mart 2014	Temmuz 2014	Eylül 2014	Aralık 2014	Mayıs 2015	Eylül 2015
Gerede Stadyumu	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
Afşartarakçı İstasyonu	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦
Kapaklı İstasyonu	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦
Semerciler İstasyonu	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦
İsmetpaşa Duvar	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
İsmatpaşa İstasyonu	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	
Hamamlı Duvar	♦	♦	♦	♦				
Hamamlı İstasyonu	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦
Ahallar İstasyonu	♦ ♣	♦		♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦
Çaylı İstasyonu	♦ ♣	♦		♦	♦ ♣	♦	♦ ♣	♦
Fatih İstasyonu	♦ ♣	♦			♦ ♣	♦	♦ ♣	♦

## 8. ÇALIŞMADA KULLANILAN CİHAZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

### 8.1 LİDAR

Bir çeşit aktif uzaktan algılama sistemi olan yersel LİDAR (Light Detection and Ranging) (Şekil 8.1), geleneksel ölçme tekniklerine alternatif bir yöntemdir ve sensör teknolojisindeki hızlı gelişme ile günümüzde milimetre mertebesindeki çözünürlükte dijital modelleme yapılmasına olanak sağlamaktadır (Optech 2006). Yersel ölçme yöntemleri ve hava fotogrametrisi ile karşılaştırıldığında daha az arazi çalışması ve değerlendirme maliyeti ile çok daha kaliteli veri elde edilebilmektedir. Bu durum düşük maliyetli, nokta yoğunluğu yüksek ve istenilen doğrulukla referanslandırılmış, sayısal veriye ihtiyaç duyulan diri fay çalışmalarında, LİDAR teknolojisini ön plana çıkarmaktadır.

LİDAR teknolojisi, lazer ışığının kaynaktan hedefe seyahat süresinin ölçümü temeline dayanmaktadır. (Kemeny ve Turner 2008, Optech 2006, POB 2008, Staiger 2003). Kaynaktan yayılan çoklu lazer ışığı yelpazesi hedef yüzeyi süpürerek milimetre hassasiyetinde üç boyutlu (3D) bir nokta bulutu elde edilmesini sağlar. Bu koordinatlı nokta bulutu üçgen yüzeylere çevrilerek ve elde edilen nokta bulutuna yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraflar giydirilerek hedeflenen yüzeylere ait sanal-gerçeklik modelleri oluşturulur (POB, 2008). LİDAR cihazının üreticisi olan Optech firması, optimum koşullarda gerçekleştirdiği ölçümler ile kaynaktan 100 metrelik mesafede ölçülen bir görüntüde maksimum 4 mm hata tespit etmiştir (Optech, 2006).

Yersel LİDAR sisteminin deformasyon analizindeki hassas veri sağlama özelliği, yüzey topoğrafyasının çok detaylı ölçümünün yapılması gereken durumlarda yer bilimleri disiplinlerinde giderek daha yaygın şekilde kullanılmasının önünü açmıştır (Bawden vd., 2004, Bellian vd., 2005; Bonnaffe vd., 2007, Ekercin ve Üstün 2004, Janson vd., 2007, Kayen 2004, Kemeny ve Turner 2008, Nagihara 2006, Niemi vd., 2004). Örneğin, diri fay çalışmalarında morfolojide gözlenen küçük detaylar bile fayın son dönem aktivitesine ait önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle, yapılan fizyografik ölçümlerin hassasiyeti ve doğruluğu oldukça önem taşımaktadır. Ancak bilinen ölçüm tekniklerinin tümünde ölçümü yapan kişinin dikkat derecesi, kullanılan cihaz veya görüntünün hassasiyeti

ayrıntıyı etkilemekte ve hata oranını arttırmaktadır. Bu nedenle, fizyografik özelliklerin daha yüksek hassasiyette ve istenilen yoğunlukta belirlenmesi amacıyla LİDAR sistemi son zamanlarda aktif tektonik çalışmalarda da kullanılmaya başlanmış ve çok iyi sonuçlar alınmıştır (Kayen 2004, Niemi vd., 2004, Nagihara 2006).

Son zamanlarda ülkemizin önemli diri fayları üzerinde, faylanmaya ilişkin yüzey özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Örneğin; KAFZ üzerindeki krip ve paleosismoloji çalışmalarında (Altunel vd. 2009; Karabacak vd., 2011, Zabcı vd., 2011), Büyük Menderes Fay Zonu üzerindeki paleosismolojik ve arkeosismolojik çalışmalarda (Karabacak vd., 2007; Yönlü vd., 2010), Fethiye Burdur Fay Zonu üzerindeki arkeosismolojik çalışmalarda (Yerli vd., 2010; Karabacak vd., 2011), Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki paleosismolojik ve jeomorfolojik çalışmalarda (Karabacak vd., 2012) LİDAR teknolojisinden yararlanılmıştır.

Tez çalışmasının konusunu oluşturan KAFZ üzerinde, İsmetpaşa'da varlığı ileri sürülen krip hareketi yaklaşık son 40 yıldır değişik yöntemler ile ölçülmüştür. İlk ölçümler şerit metre ve krip metre ile yapılmış, daha sonra jeodezik ağ, InSAR ve GPS gibi modelle yöntemler kullanılarak modellemeler yapılmış, krip hızı belirlenmeye çalışılmıştır. Şerit metre ile yapılan ölçümlerde hata payı oldukça yüksektir. Jeodezik ağ, InSAR ve GPS modelleme yöntemleri LİDAR sisteminden farklı olarak alansal ölçüme dayalıdır. LİDAR teknolojisiyle ise noktasal bazda ve somut gerçekler üzerinde ölçümler yapılmaktadır. Günümüzde halen modern krip metreler ve LİDAR ile İsmetpaşa'da sürekli krip ölçümlerine devam edilmektedir.



**Şekil 8.1.** Eskişehir Osmangazi Üniversitesi bünyesinde bulunan Optech Marka ILRIS HD+ER model yersel LİDAR cihazı.

## 8.2 Total-Station

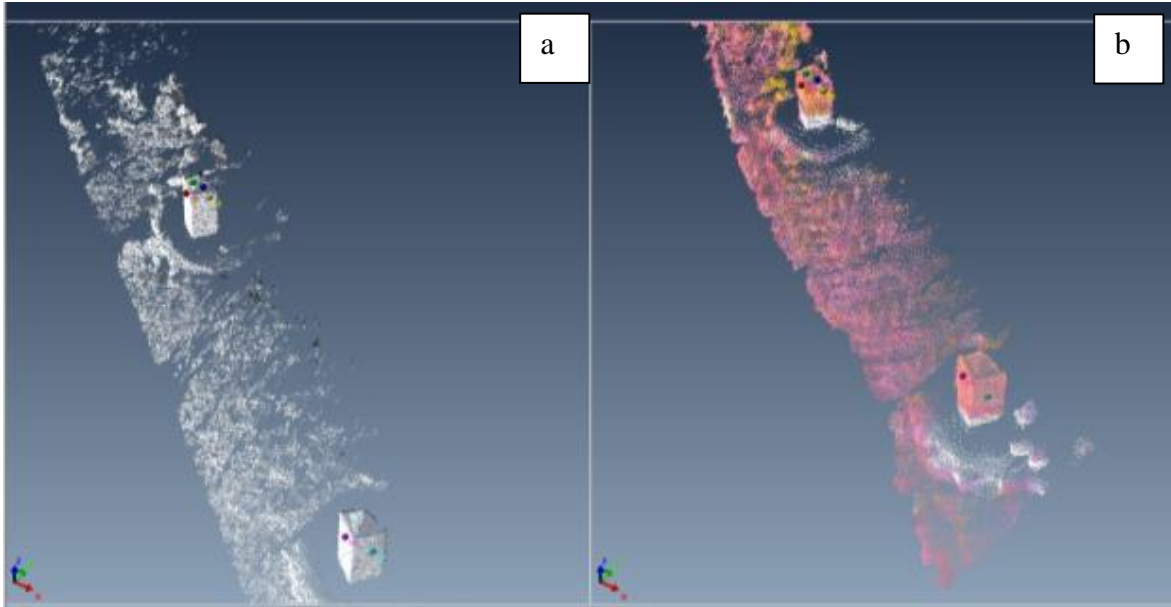
İnşaat ve jeodezi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Total Station; lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan teknolojidir. Uzaklığı ölçülecek alana ya da yüzeye konulan prizmaya gönderilen lazer darbesinin gönderiliş zamanı ile prizmaya çarpıp gelen yansımanın tekrar kaynağa ulaşma vakti arasındaki fark sayesinde uzaklığı X,Y,Z olarak mm hassasiyetinde ölçer. Tez çalışması kapsamında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi bünyesinde bulunan Topcon marka GPT 8005A Seri Total Station kullanılmıştır (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 Topcon Marka GPT 8005a model Total Station

## 9. LİDAR ÖLÇÜMLERİ

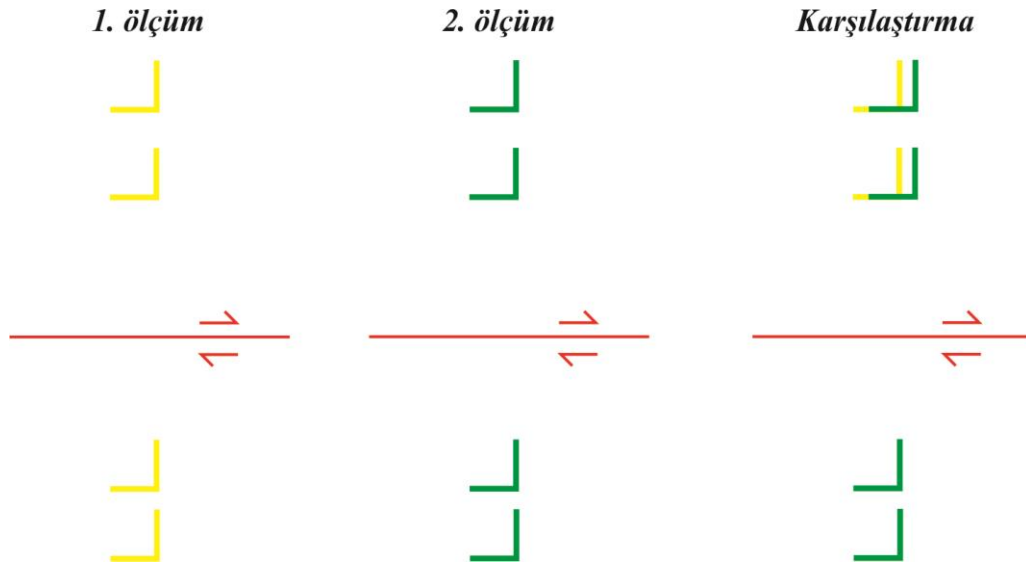
Çalışma kapsamında farklı dönemlerde istasyonlarda yersel LİDAR ile elde edilen görüntülerin birbirine göre karşılaştırılması yapılarak herhangi bir deformasyon olup olmadığı ortaya konulmuştur. Bu karşılaştırma işlemi kendi içerisinde metrik koordinat sisteminde olan farklı 2 döneme ait görüntünün PolyWorks 12 yazılımıyla üst üste giydirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Şekil 9.1 a ve b'de Kapaklı Köyü yakınlarında kurulumu gerçekleştirilen beton direk istasyonundan iki farklı dönemde (Mayıs 2013 ve Mart 2014) alınan ölçümler örnek olarak verilmektedir. Karşılaştırma işleminde ilk olarak Mayıs 2013 ve Mart 2014 dönemlerine ait görüntülerde direkler üzerinde eş olduğu bilinen noktalar programa manuel olarak tanıtılmıştır. Şekil 9.1 a ve b'de iki farklı döneme ait görüntü üzerinde yapılan eşleştirmeler aynı renk noktalarla görülmektedir. Daha sonra program tarafından her bir nokta birbiri ile otomatik olarak tekrar denestirilerek bu görüntülerin en iyi şekilde üst üste giydirilme işlemi tamamlanmaktadır. Üst üste giydirilen bu görüntülerden yararlanılarak mm mertebesindeki hassasiyette mevcut yer değiştirme miktarları ölçülmüştür. Bu ölçümler deformasyon zonunun bir tarafında kalan direkler üst üste çakıştırıldığında fayın diğer tarafında kalan direklerde meydana gelen yer değiştirmenin ölçülmesi şeklinde yapılmaktadır.



**Şekil 9.1. a.** Kapaklı istasyonundan alınan Mayıs 2013 ölçüm dönemine ait nokta bulutu görüntüsü, **b.** Aynı istasyonundan alınan Mart 2014 ölçüm dönemine ait nokta bulutu görüntüsü.



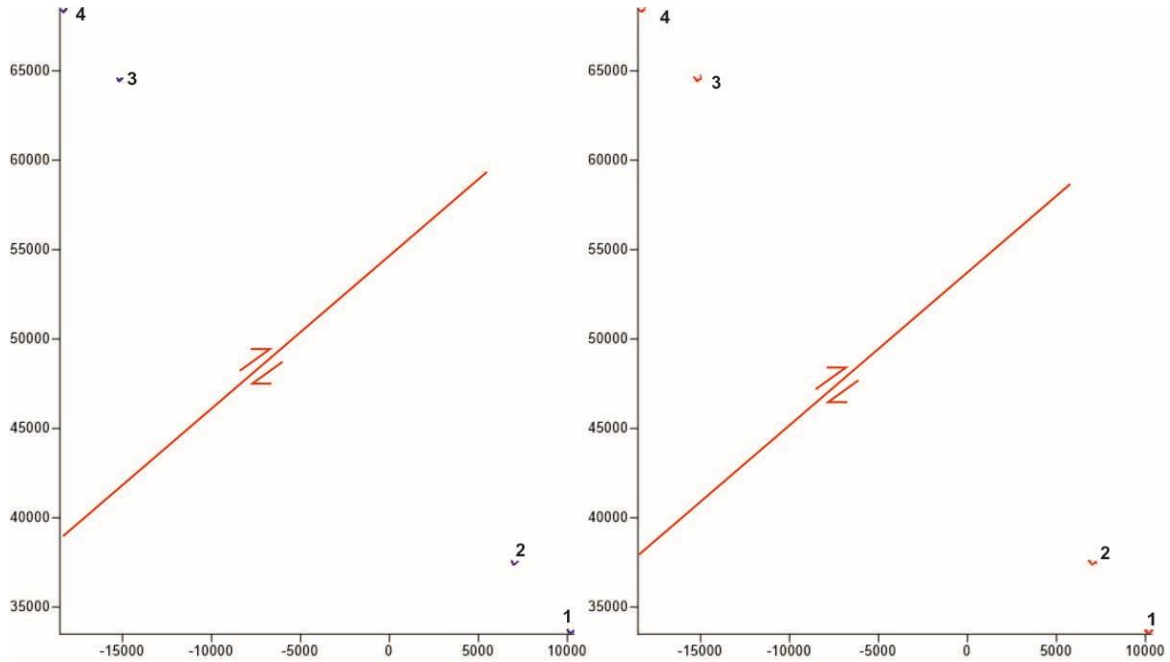
Gözlem istasyonlarında, yersel LIDAR'ın kurulduğu noktadan beton direklerin yalnızca herhangi iki yüzeyini görmesi mümkündür. Direklerin iki yüzeyinin görülmesi sonucunda elde edilen veriye kuş bakışı bakıldığında "L" harfine benzer bir şekil elde edilmektedir. Fayın bir tarafında, fay zona paralel olan yüzeylerin üst üste çakıştırılıp, diğer tarafta, faya dik olan yüzeylerde yer değiştirme olup olmadığına bakılarak karşılaştırma yapılmaktadır. Şekil 9.2' de yapılan karşılaştırma işlemi plan görünümde sadeleştirilerek anlatılmıştır.



**Şekil 9.2.** PolyWorks 12 programı ile yapılan karşılaştırma işleminin mantığı (kuş bakışı görüntüde). Yersel LIDAR ile alınan iki farklı ölçümün karşılaştırılma işleminde deformasyon olması halinde fay zonunun bir tarafında kalan yüzeylerin program yardımı ile çakıştırılmasından sonra yer değiştirme olması halinde diğer taraftaki direklerde bu hareket görülmektedir. Yer değiştirme kuşbakışında görülen sarı ve yeşil renkli direkler arasında kalan mesafenin ölçülmesi ile elde edilir.

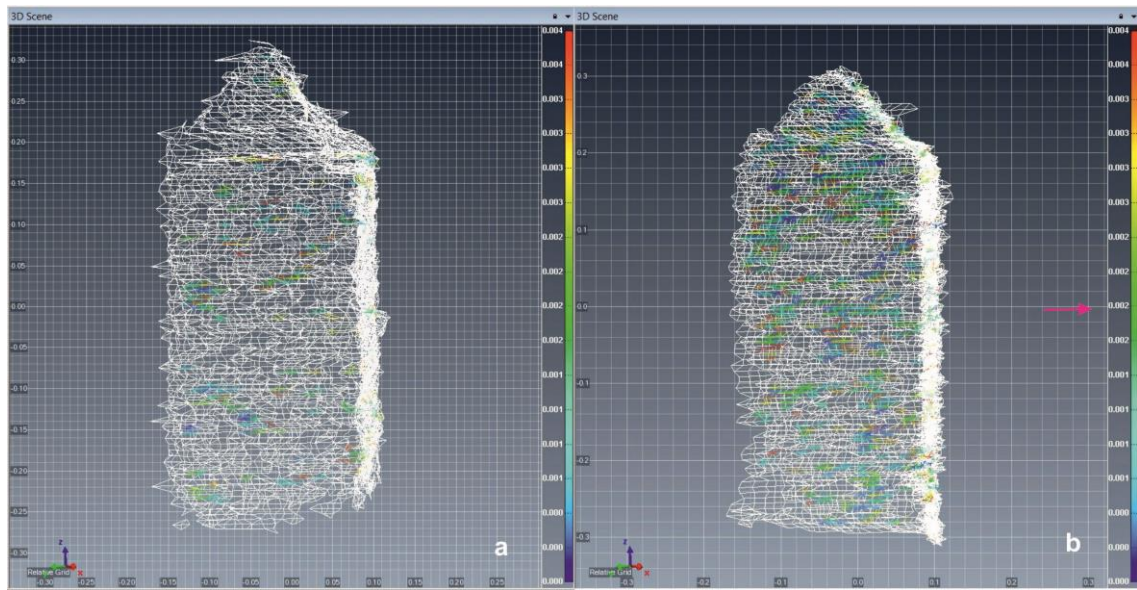
Polyworks 12 yazılımı iki farklı dönemde alınmış olan görüntü arasındaki farklılıklardan yola çıkarak deformasyon haritası çizimi yapılmaktadır. Bu durumda elde edilen renk skalası kullanılarak deformasyon miktarı ölçülmektedir. Değerlendirmede istasyonlarda izlenen bu işlemlere örnek olarak, bir istasyonda Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerine ait aşamalara yer verilmiştir. Yersel LIDAR cihazı kullanılarak elde edilen ham verilerin öncelikli olarak nokta bulutu şekline dönüştürülmesi gereklidir. Bu nedenle ilk olarak PolyWorks programının bir ara yüzü olan Parser ara yüzü kullanılmaktadır. Bu ara yüz, LIDAR ile yapılan ölçümde bir USB beleğe kaydedilen verilerin ".pf" uzantılı bir veri haline dönüştürülmesini böylece diğer ara yüzlerde açılmasını sağlamaktadır. Bu işlemden

sonra direk yüzeylerine ait noktalar LIDAR ölçümü alınırken görüntü alanı içinde yer alan zemin, bitki örtüsü gibi çevresel faktörlerden PIFedit ve/veya ImAling ara yüzünde temizlenmektedir. Örneğin Şekil 9.3’de bir istasyonunun Eylül 2013 ve Mart 2014 dönemine ait temizlenmiş nokta bulutları kuş bakışı olarak yer almaktadır. Temizlenen görüntüler ImAling ara yüzünde açılarak, faya zonunun bir tarafında kalan ve iki farklı döneme ait görüntülerde ortak olan noktalar programa tanıtılır. Daha sonra ise hassas karşılaştırma için ara yüzün "Best Fit" analiz yöntemi kullanılır. Bu özellik sayesinde görüntülerde yer alan her bir nokta programa tanıtılan mesafe (1.0 m, 0.1 m, 0.01, 0.001 m gibi) aralığında çevresindeki diğer noktalar ile kıyaslanır ve bu sayede en iyi şekilde çakışma sağlanmış olunur. Çakıştırmadan sonra diğer tarafta kalan yüzeyler arasındaki deformasyonun incelenmesi için yine ImAling ara yüzünde deformasyon haritası çizdirilerek (renk skalası olarak), faya dik olan yüzeylerde yer değiştirmenin olup olmadığına bakılır. Direkler üzerindeki deformasyon miktarına bağlı olarak oluşan renk skalası aşağıda her istasyon için verilen karşılaştırma şekillerinde bulunmaktadır.



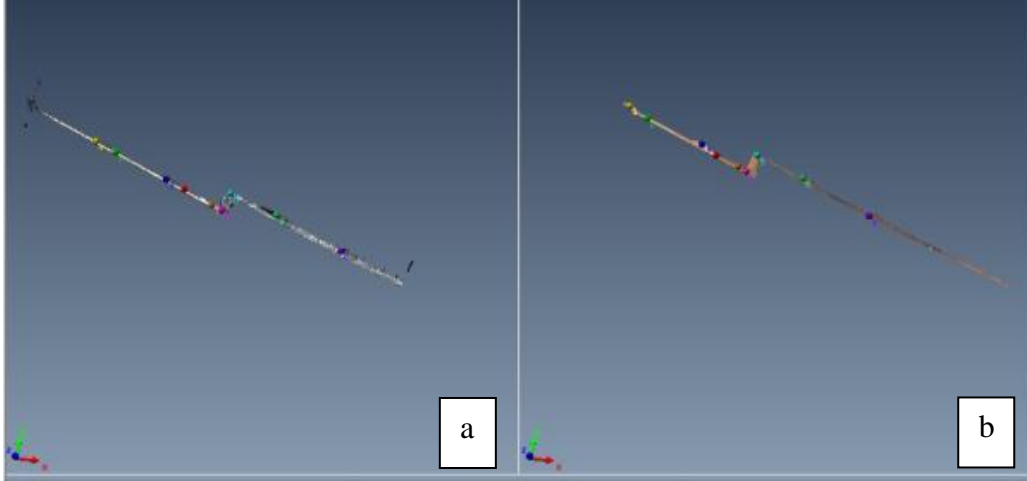
**Şekil 9.3.** Bir istasyonda yersel LİDAR gerçekleştirilen, Mart 2014 (mavi) ve Eylül 2013 (kırmızı) ölçümlerinin kuş bakışı görüntüsü.

Şekil 9.4’ de örnek olarak verilen istasyonda yapılan çakıştırma işleminden sonra elde edilen direklerin yakından görüntüleri yer almaktadır. Bu işlem yukarıda bahsedildiği gibi sayısal ortamda deformasyon haritası çizdirilerek yapılmıştır, böylece ölçümlerin kıyaslanmasında elle müdahaleler ile meydana gelebilecek olan hatalar ortadan kaldırılmıştır. Karşılaştırma işlemi sonucunda direkler üzerindeki deformasyon miktarına bağlı olarak oluşan renk skalasından ölçüm gerçekleştirilmiştir.



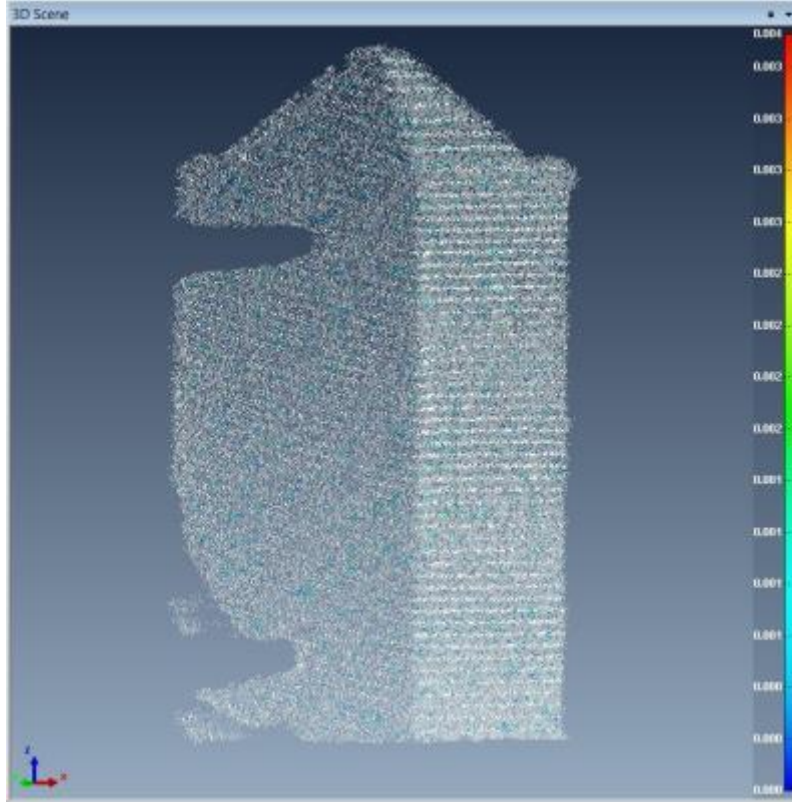
**Şekil 9.4.** a. Eylül 2013- Mart 2014 ölçümlerinin Polyworks 12 yazılımı ile oluşturulan deformasyon haritasına göre, Şekil 7.3’ deki 1 numaralı direğin yakından görünümü, b. Şekil 7.3’ deki 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

Duvarlar üzerinde gerçekleştirilen ölçüm işleminden bir örnek Şekil 9.5 a ve b’de gösterilmektedir. Bu örnekte, Mayıs 2013 ve Mart 2014 dönemlerine ait görüntüler üzerinde farklı renklerle gösterilen noktalar görüntülerin üst üste giydirilmesi aşamasında kullanılan belirleyici noktaları temsil etmektedir.



**Şekil 9.5. a.** Devamlı krip ölçümü yapılan bir duvardan alınan Mayıs 2013 ölçüm dönemine ait nokta bulutu plan görüntüsü. **b.** Aynı yapıya ait Mart 2014 ölçüm dönemine ait nokta bulutu plan görüntüsü.

Gerçekleştirilen ölçümlerde hata payının belirlenebilmesi için yerleştirilen beton direklerde aynı gün içerisinde, farklı bakış açıları ile art arda yapılan 4 ölçüm üst üste giydirilmiştir. Üst üste giydirilen görüntüler sonucunda yapılan ölçümlerdeki hata payı 0.001 metre = 1mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 9.6). Şekil 9.6’da direk üzerinde oluşan renk skalasının direk üzerindeki soluk ve eşit dağılımı direkte herhangi bir yer değiştirme olmadığını ifade etmektedir. Duvarlar üzerinde gerçekleştirilen ölçümler için ise hata payı  $\pm 4$  mm olarak daha önceden yapılmış çalışmalar ile belirlenmiştir (Karabacak vd. 2011).

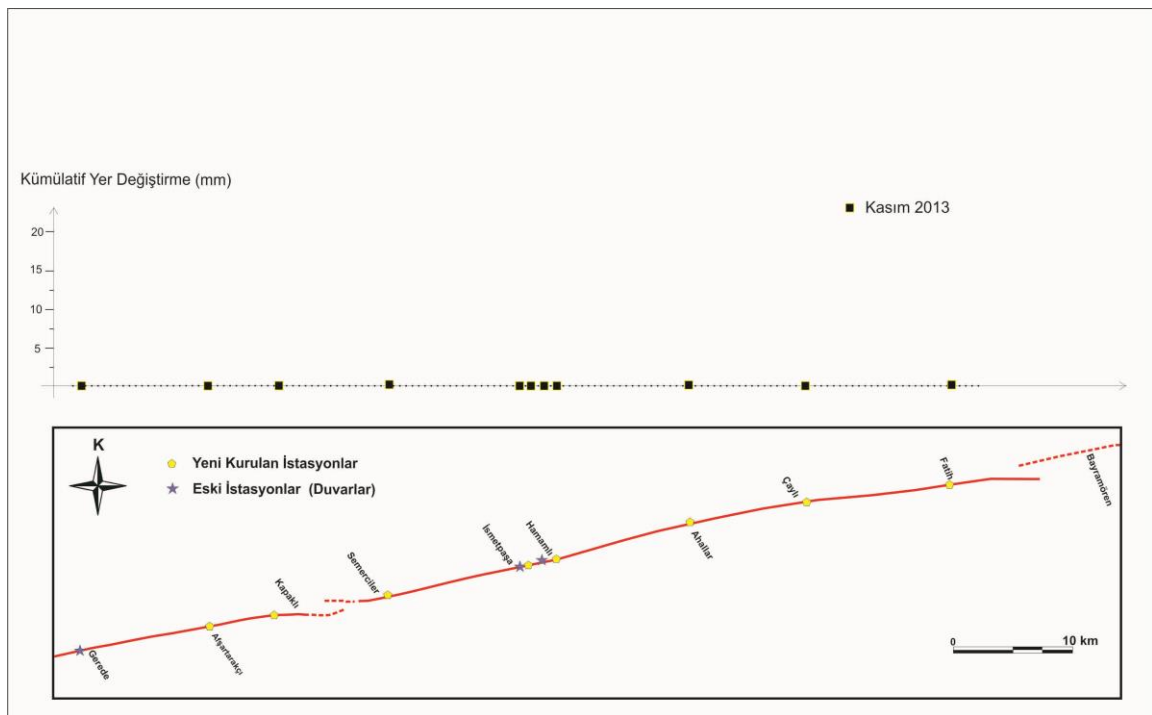


**Şekil 9.6.** Hata payı hesabı için aynı direktten art arda alınan 4 ölçümün üst üste giydirilmesi ile oluşan görüntü

Fay zonunun Gerede-Bayramören arasında kalan kesimi boyunca yerleştirilen beton direklerde ve daha önceden mevcut olan duvarlarda ilk kez Mayıs 2013’de ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümden sonra 7 ayrı kez daha ölçüm yapılmış (Çizelge 6.1) ve bu ölçümler birbirleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan bu kıyaslamalarda direklerin ve duvarların Mayıs 2013 tarihindeki konumları sıfır “0” kabul edilmiştir. Kıyaslamalar sonucunda fay zonu üzerindeki krip hareketinin zaman içerisindeki değişimi tespit edilmiştir.

## 9.1 Mayıs 2013 - Kasım 2013 Karşılaştırma

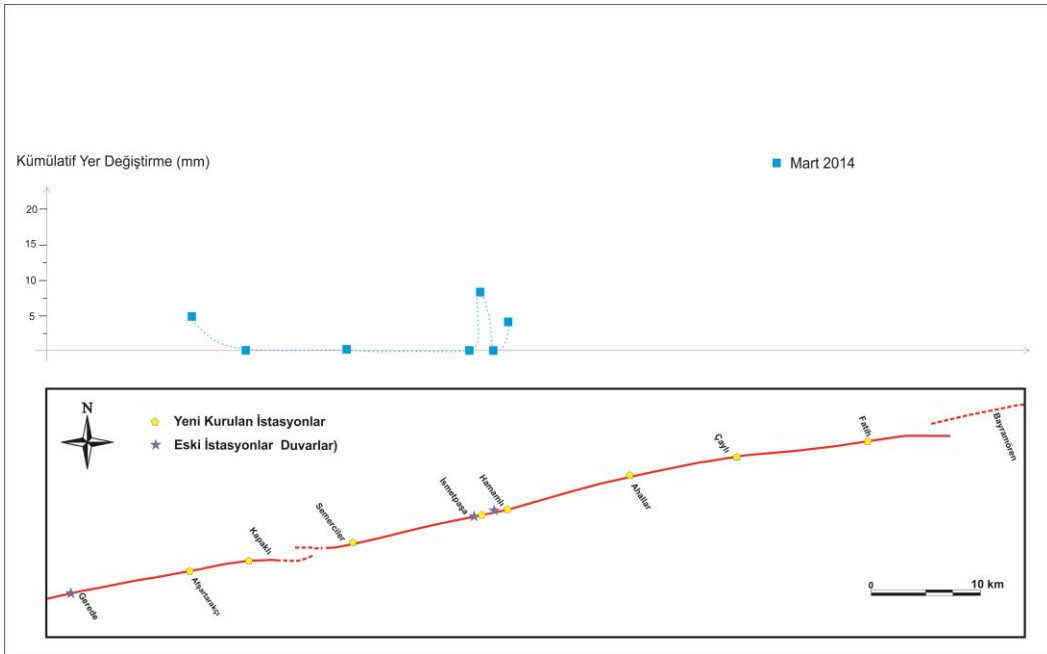
2013 yılının Kasım ayında yapılan arazi çalışmaları sonucunda çalışma alanında bulunan 8 adet direk ölçüm istasyonu ve 3 adet duvar olmak üzere toplam 11 lokasyondan veri elde edilmiştir. Bu veriler, Mayıs 2013 döneminde yapılan ölçümler ile karşılaştırıldığında hiçbir lokasyonda kripi hareketine bağlı farklılık gözlenmemiştir (Şekil 9.7).



Şekil 9.7. İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Kasım 2013 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik.

## 9.2 Mayıs 2013 - Mart 2014 Karşılaştırma

Mayıs 2013 ile Mart 2014 tarihlerinde yapılan ölçümler karşılaştırılmış ve Afşartarakçı, İsmetpaşa ve Hamamlı İstasyonlarında yer değiştirmeler tespit edilmiştir (Şekil 7.8). 2014 yılı mart ayında yapılan arazi çalışmalarında Ahallar, Çaylı ve Fatih istasyonlarına çetin kış koşulları sebebiyle ulaşılammıştır. Karşılaştırmalar ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek Açıklama A'da verilmiştir.

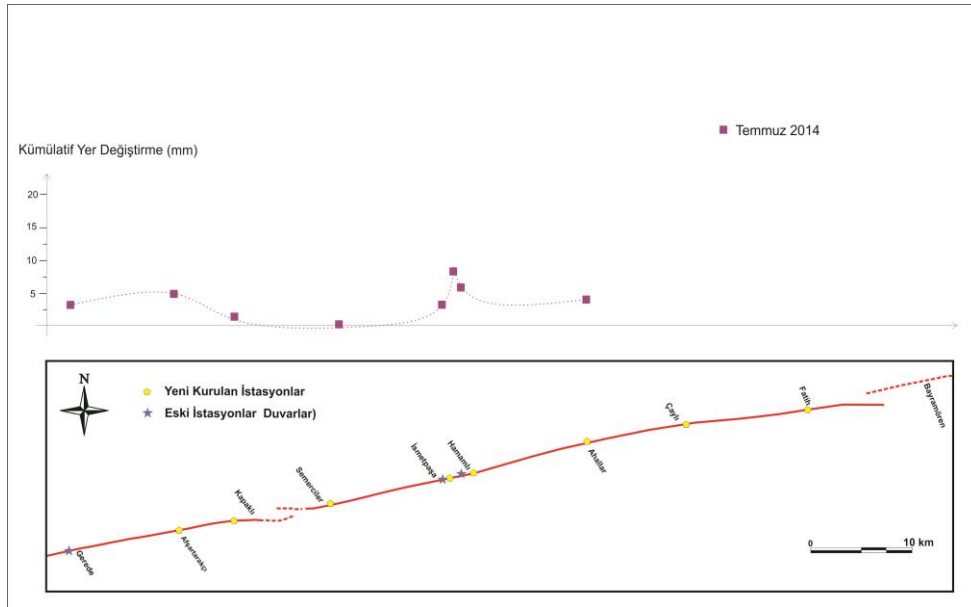


**Şekil 9.8.** İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Mart 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik



### 9.3 Temmuz 2014- Mayıs 2013 Karşılaştırma

2014 yılı Temmuz ayında yapılan ölçümler, 2013 yılı Mayıs ayında yapılan ölçümler ile üst üste giydirildiğinde her istasyonda farklı yer değiştirme miktarları tespit edilmiştir (Şekil 7.9). Karşılaştırmalar ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek Açıklama B’de verilmiştir.

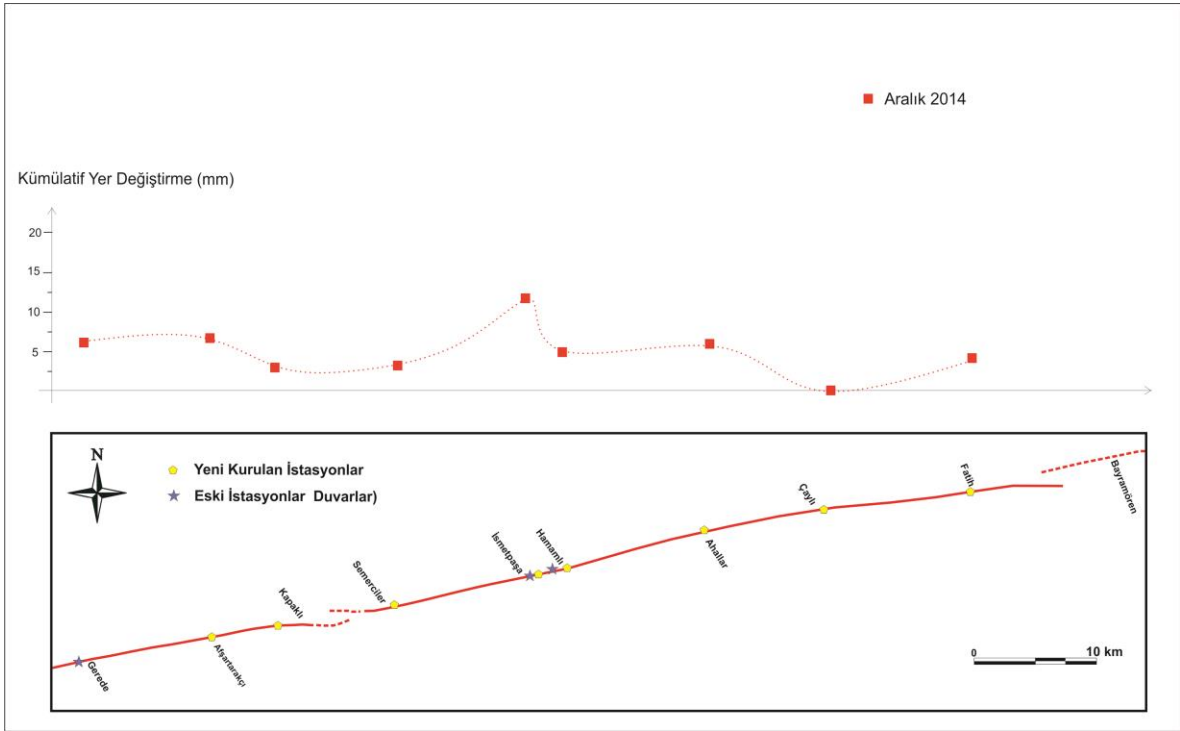


**Şekil 9.9.** İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik.



### 9.5 Aralık 2014 – Mayıs 2013 Karşılaştırma

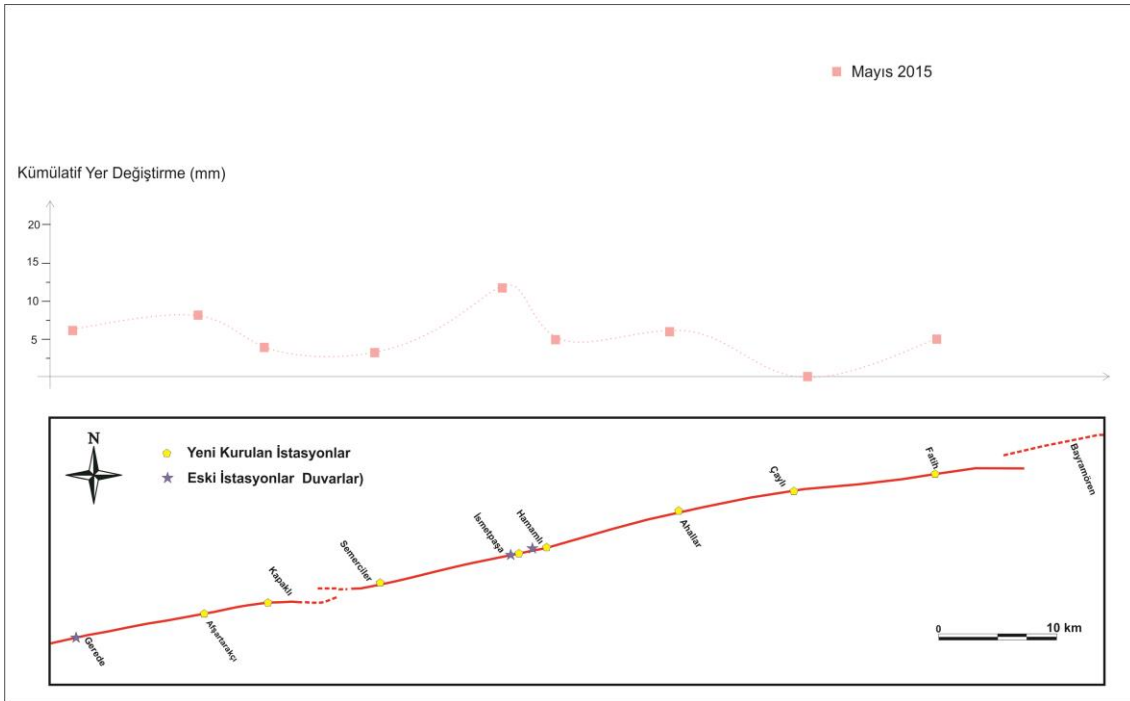
2014 yılı Aralık ayında istasyonlarda yapılan ölçümler ile 2013 yılı Mayıs ayında yapılan ölçümler karşılaştırıldığında Şekil 7.11'deki grafikte görülen yer değiştirme miktarları tespit edilmiştir. Karşılaştırmalar ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek Açıklama F'de verilmiştir.



Şekil 9.11. İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Aralık 2014 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik.

## 9.6 Mayıs 2015 - Mayıs 2013 Karşılaştırma

2015 yılı Mayıs ayında alınan ölçümler kendisinden tam 2 yıl önce ölçümler ile karşılaştırıldığında Şekil 7.12’de görülen grafikteki yer değiştirme miktarları bulunmuştur. Karşılaştırmalar ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek Açıklama G’de verilmiştir.

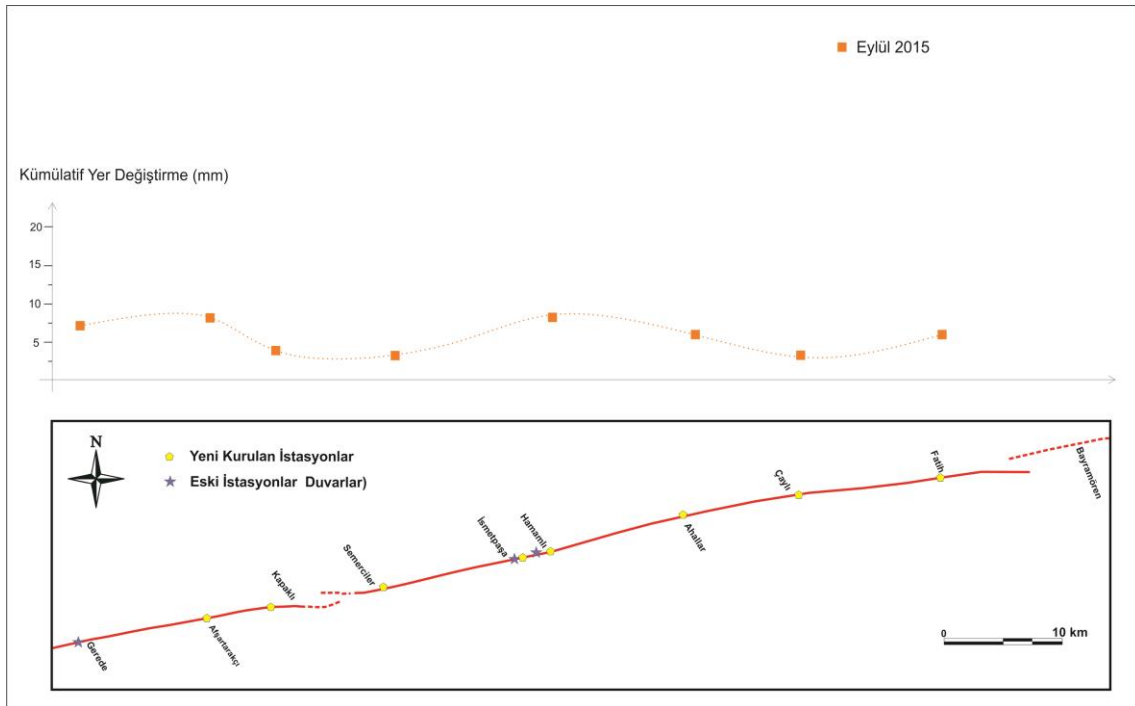


**Şekil 9.12.** İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Mayıs 2015 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik.

## 9.7 Eylül 2015 – Mayıs 2015 Karşılaştırma

Eylül 2015’de yapılan ölçümlerin Mayıs 2015’de yapılan ölçüm ile karşılaştırılması sonucunda Hamamlı ve Çaylı istasyonları dışında kalan 9 istasyonun hiçbirinde yer değiştirme tespit edilmemiştir.

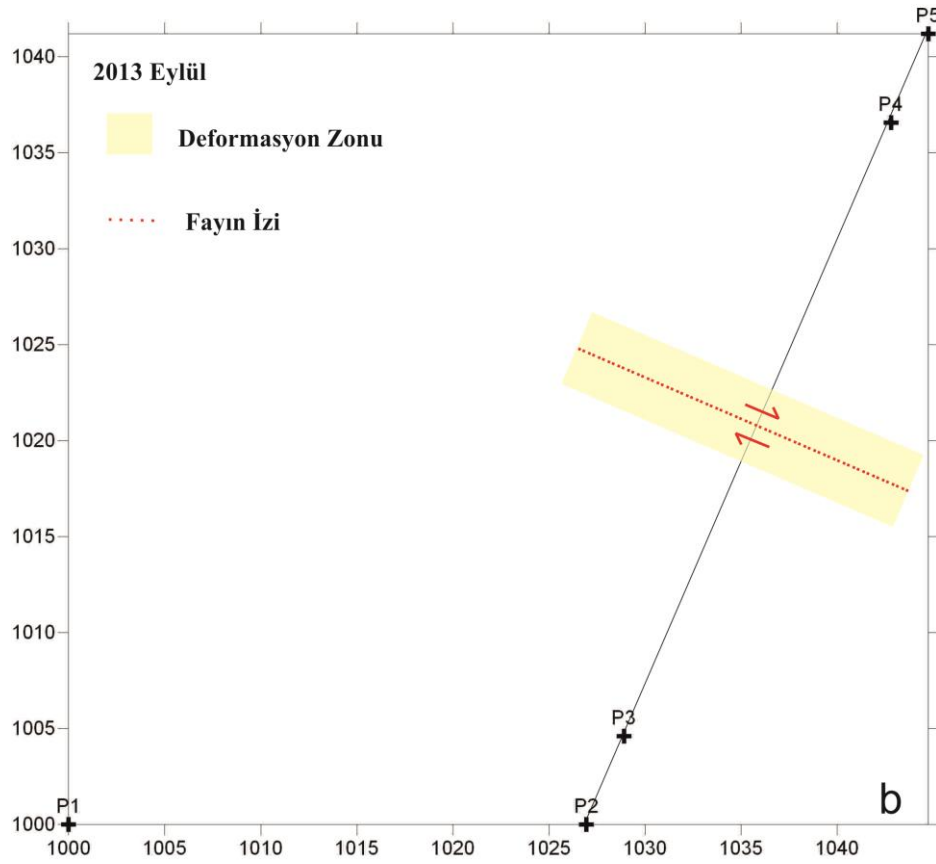
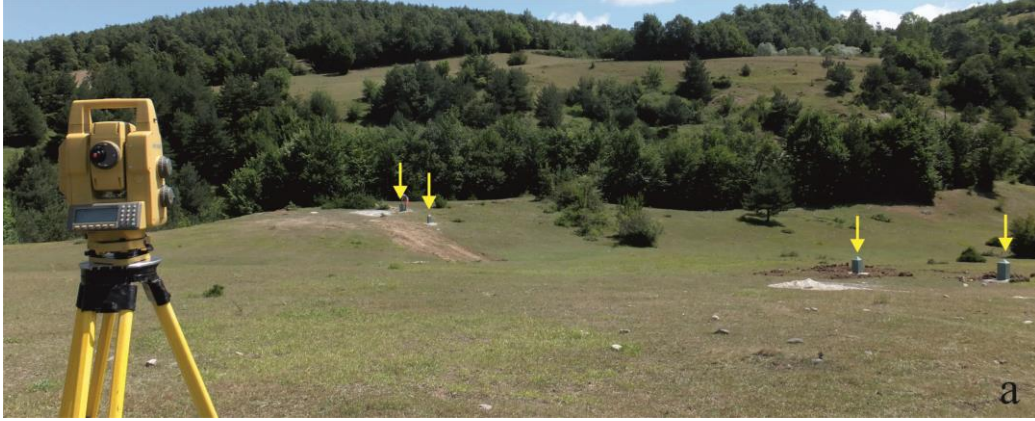
Tez çalışmasının son döneminde 2015 yılı Eylül ayı içerisinde yapılan ölçümler ile başlangıçta (Mayıs 2013) alınan ölçümler karşılaştırıldığında Şekil 9.13’deki grafikte gösterilen yer değiştirme değerleri bulunmuştur. Karşılaştırmalar ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek Açıklama I’de verilmiştir.



**Şekil 9.13.** İstasyonlarda Mayıs 2013 ile Eylül 2015 tarihleri arasında meydana gelen yer değiştirmeyi gösteren grafik.

## 10.TOTAL STATION ÖLÇÜMLERİ

Tez çalışmaları kapsamında kurulan krip ölçüm istasyonlarının konumları, LİDAR ölçümü yanısıra Total Station ile de ölçülmüştür. Beton direklerin üzerinde, merkezlerinde bulunan yuvaya reflektör sabitlenerek, sabit bir noktaya yerleştirilen Total Station'ın metrik koordinatlı veriler alması sağlanmıştır. Total Station ile belirli aralıklarda alınan ölçümler bu bölümde karşılaştırılmıştır. Total-Station ölçümleri Mayıs 2013, Mart 2014, Eylül 2014 ve Mayıs 2015 tarihlerinde yapılmıştır. Farklı zamanlarda alınan ölçümler Golden Software Surfer yazılımı kullanılarak koordinat düzlemine aktarılmış ve yerdeğiştirme miktarları tespit edilmiştir. Karşılaştırmalarda Mayıs 2013 ölçümü temel alınarak daha sonraki ölçümler Mayıs 2013 ölçümü ile karşılaştırılmıştır. Total-Station 'ın bulunduğu nokta "P1" olarak, beton direkler ise Total-Station'a yakınlık durumuna göre "P2, P3, P4ve P5 olarak adlandırılmışlardır ve ölçümler x ve y koordinatları üzerinde yapılmıştır (Şekil 10.1).



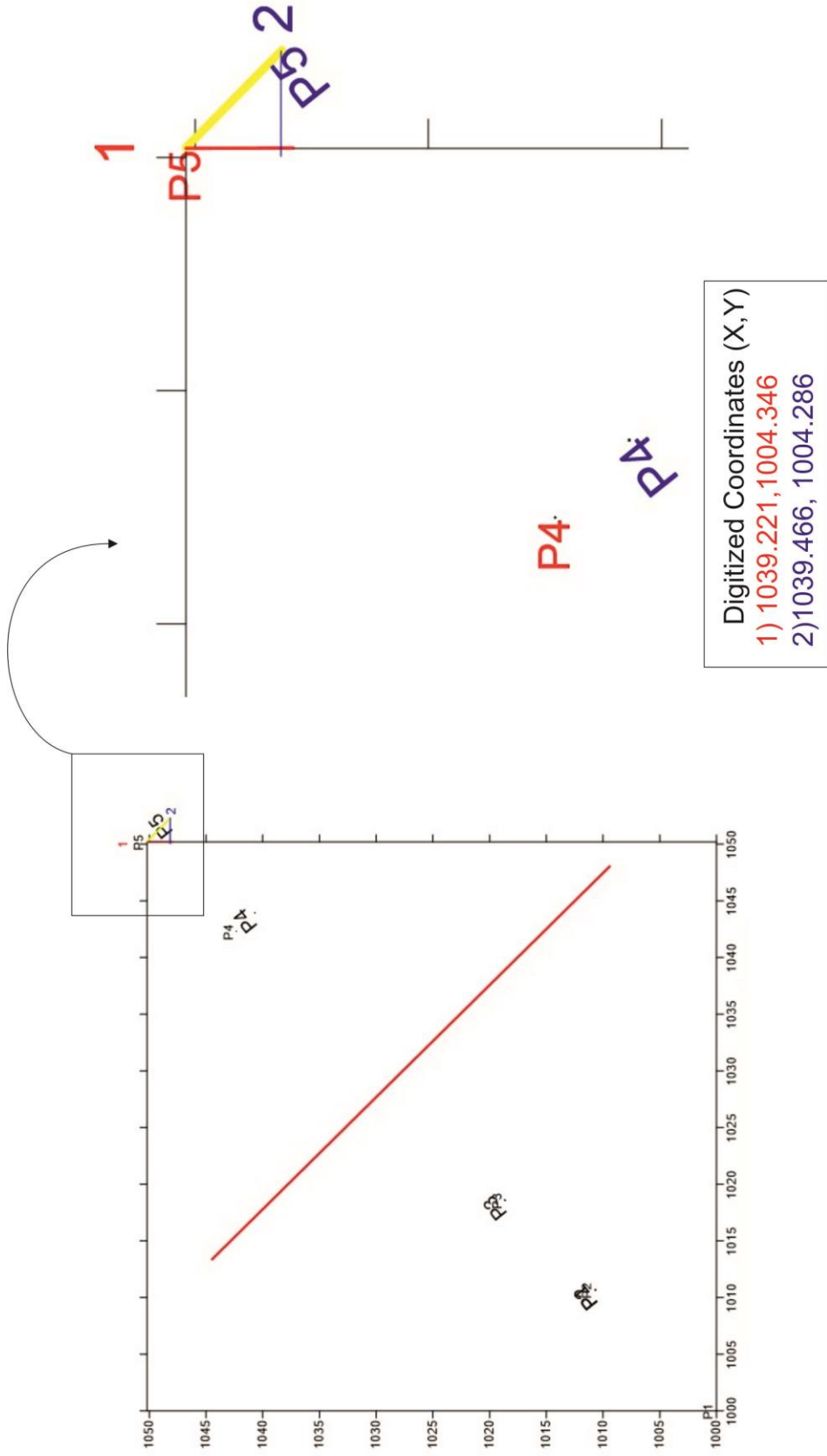
**Şekil 10.1.a.** Bir istasyondan Total-Station ölçümü. Sarı oklar beton direkleri göstermektedir. **b.** beton direklerin Total Station ile alınmış koordinatları (P1 noktası Total Station'ın kurulduğu yeri, P2,P3,P4 ve P5 noktaları beton direkleri göstermektedir).



### **10.1. Mayıs 2013- Mart 2014 Ölçümlerinin Karşılaştırılması**

Mayıs 2013 tarihinde yapılan ilk ölçüm ile Mart 2014 tarihinde yapılan 2.ölçüm arasında yaklaşık 10 aylık bir zaman vardır. Tez çalışması kapsamında yeni kurulan 8 istasyonda yapılan ölçümlerin karşılaştırılmaları aşağıda batıdan doğuya doğru anlatılmaktadır.

Her istasyonda yapılan ilk ölçümde Total-Station kurulumu için sabit bir nokta belirlenerek bu noktanın koordinatları 1000.0000, 1000.0000, 1000.000 olarak belirlenmiştir. Reflektör ise 4 beton direk üzerinde sırasıyla gezdirilerek ölçümler alınmıştır. Yapılan ölçümlerde fayın güney kesiminde bulunan P1 ve P2 noktaları birbirleri ile karşılaştırıldığında fayın kuzeyinde kalan P4 no'lu direkte meydana gelen yerdeğiştirme miktarı ölçülmüştür (Şekil 10.2).



**Şekil 10.2.** Bir istasyonda iki farklı dönemde alınan ölçümlerin Golden Software Surfer programında karşılaştırılması. Şekilde iki farklı dönemde alınan P2 ve P3 noktalarının üst üste çakıştığı, P4 ve P5 noktalarında ölçülen yer değiştirme görülmektedir. Tüm ölçümlerde yer değiştirme miktarı faya yaklaşıklık olarak paralel uzanan, şekilde sarı renk ile gösterilen doğrunun ölçülmesi ile elde edilmiştir.

Bu ölçüm;

P4 direğinin Mayıs 2013'deki konumu; x1: 1022.963, y1:1022,966 ve

P4 direğinin Mart 2014'deki konumu; x2:1023.055, y2:1023.232 kullanılarak basit bir geometrik işlem olan Pisagor Teoremi ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$x^2 = (x_2 - x_1)^2 = (0.092)^2 = 0.008464 \text{ m (batıya doğru)}$$

$$y^2 = (y_2 - y_1)^2 = (0.266)^2 = 0.070756 \text{ m (güneye doğru)}$$

Pisagor Teoremi kullanılarak toplam yerdeğiştirme miktarı (z; Şekil 8.2'de sarı renk ile gösterilen doğru) tespit edilirse;

$$z^2 = x^2 + y^2 = 0.07922$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

z=0. 281 m güneybatı yönünde hareket tespit edilmiştir.

10 aylık bu kısa periyotta meydana gelen yerdeğiştirme miktarın 0.281m ~ 28.1cm olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu değer çok büyük ve gerçeklikten uzak bir değerdir.

Total-Station ölçümlerinin karşılaştırılması ile elde edilen yer değiştirme miktarları cm mertebesinde veriler sağlamıştır. Dolayısı ile LIDAR ölçümleri ile milimetre hassasiyetinde elde edilen yer değiştirme miktarları Total-Station kullanılarak denestirilememiştir. Bu durum Total Station ile yapılan her ölçüm ve her lokasyon için geçerlidir.

**Çizelge 10.1** Total-Station cihazı ile ölçülen beton direklerin farklı dönemlerdeki metrik koordinatları.

	<i>İki farklı dönemde P4 Direği Konumları (X,Y)</i>			
İstasyon Adı	Mayıs 2013	Mart 2014	Mayıs 2013	Mayıs 2015
Aşfartarakçı	1022.963, 1022.966	1023.055 1023.232	1023.034, 1022.963	1023.109, 1023.072
Kapaklı	1050.070, 1031.657	1050.072, 1031.577	1008.050, 1063.411	1008.087, 1063.503
Semerciler	1093,866, 1018.978	1093.890, 1018.956	1085.188, 1010.033	1085.256, 1009.929
İsmetpaşa	1017.734, 1036.210	1017.813, 1039.128	1033.806, 999.997	1033.906, 999.999
Hamamlı	1081.567, 1035.165	1081.724, 1035.104	1140.018, 1026.674	1140.101, 1026.431
Ahallar		Kış koşulları sebebiyle ölçüm alınamamıştır.	1067.394, 1027.200	1067.434, 1026.912
Çaylı			1043.802 1026.895	1043.833, 1026.885
Fatih			1052.334, 1033.727	1052.516, 1033.452

Bu koordinatlar kullanılarak ve yukarıda anlatıldığı gibi Pisagor teoremi yardımı ile her istasyon için ayrı ayrı yer değiştirme miktarları hesaplanmıştır. Çizelge 8.2 yapılan hesaplar sonucunda meydana gelen yerdeğiştirme ölçülerini içermektedir.

**Çizelge 10.2** Yeni kurulan istasyonlarda meydana gelen yerdeğiştirme miktarları.

<i>İstasyon Adı</i>	<i>P4 direği Konumları</i>	<i>Mayıs 2013- Mart 2014 Karşılaştırma (m)</i>	<i>Mayıs 2013- Mayıs 2015 Karşılaştırma (m)</i>
<i>Afşartarakçı</i>	<i>Z</i>	<i>0.281 m</i>	<i>0.605m</i>
<i>Kapaklı</i>	<i>Z</i>	<i>0.020m</i>	<i>0.099m</i>
<i>Semerciler</i>	<i>Z</i>	<i>0.320m</i>	<i>0.124m</i>
<i>İsmetpaşa</i>	<i>Z</i>	<i>0.113m</i>	<i>0.605m</i>
<i>Hamamlı</i>	<i>Z</i>	<i>0.168m</i>	<i>0.102</i>
<i>Ahallar</i>	<i>Z</i>	<i>Kış koşulları sebebiyle ölçüm alınamamıştır.</i>	<i>0.256</i>
<i>Çaylı</i>	<i>Z</i>		<i>0.290</i>
<i>Fatih</i>	<i>Z</i>		<i>0.032</i>

## 11. BULGULAR VE TARTIŞMA

İsmetpaşa’da KAFZ üzerine 1957 yılında inşa edilen duvarın 1969 yılında kırıldığı fark edilmesinden sonra ülkemizde krip üzerine çalışmalar başlamıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda İsmetpaşa’da bulunan duvar üzerinde arazide gözlemler yapılmış, kripin etki derinliğinin ve uzunluğunun belirlenmesi için değişik tekniklerden (kripmetre, triangulasyon, trilaterasyon, Total-Station, GPS, Insar) yararlanarak modeller üretilmiştir (Ambraseys 1970, Aytun 1982, Eren 1984, Deniz vd., 1993, Altay ve Sav 1991, Çakır vd., 2005, Kutoğlu ve Akçin 2006, Kutoğlu vd., 2008, Kutoğlu vd., 2010, Fialko vd., 2011, Karabacak vd., 2011, Deguchi 2011, Özener vd., 2012, Kaneko vd., 2013 ve Çetin vd., 2014). İsmetpaşa dışında fay üzerinde yüzey gözlemleri yapmak amacıyla bazı lokasyonlarda kripmetre ile veriler toplanmıştır (Örneğin; Altay ve Sav, 1991) ancak bu tür çalışmalar kısa ömürlü olmuştur, sadece İsmetpaşa’daki çalışmalar kesintisiz devam etmektedir. Bu çalışma kapsamında KAFZ’nun Gerede-Bayramören arasında kalan bölümü üzerinde İsmetpaşa dışında kripe ait yüzey verileri olup olmadığı araştırılmıştır, elde edilen veriler aşağıda dört farklı başlık altında değerlendirilmiştir.

### 11.1 Yüzey Verilerinin Değerlendirilmesi

#### 11.1.1 Makro gözlemler

Çalışma kapsamında Gerede-Bayramören arasında yapılan ayrıntılı arazi çalışmalarında aşağıda sıralanan gözlemler yapılmıştır.

- a) Gerede yerleşim yerinde fay üzerinde bulunan duvarlarda kırık ve çatlaklar tespit edilmiştir (Şekil 5.12).
- b) Kapaklı Köyü’nde fayın izi üzerinde bulunan evlerin duvarlarında çatlaklar tespit edilmiştir (Şekil 5.15).
- c) Semerciler Köyü batı girişinde bir meyve bahçesini çevreleyen tahta çitte sağ yanal yamulma tespit edilmiştir (Şekil 5.16).

- d) İsmetpaşa yerleşim alanında 1969 yıllardan beri bilinen Karayolları Bakım İstasyonu duvarının (Şekil 5.17) yanısıra evlerin duvarlarında da hasarlar tespit edilmiştir (Şekil 5.18 ve 5.19).
- e) Hamamlı Köyü'nde bulunan ahırın duvarında ve içerisindeki yemlikte geçmişte tespit edilen hasar, tez çalışması kapsamında da izlenmiştir (Şekil 5.20).
- f) Hamamlı Köyü'nün 2 km doğusunda yaklaşık 7 metre ötelenmiş bir tarla sınırı tespit edilmiştir (Şekil 5.21).
- g) Ahallar Köyü'nü 3 km kuzeydoğusunda fay tarafından kesilmiş olan sırtlar tespit edilmiştir (5.24).
- h) Kuzören Köyü'nün mezarlığı fayın izi üzerinde yer almaktadır (Şekil 5.25). Mezarlıkta yapılan gözlemlerde mezarların rotasyon ve tiltlenmelere maruz kaldığı fark edilmiştir.
- i) Çaylı ile Güvem Köyleri arasında bulunan tarla sınırlarında sağ yanal ötelenmeler ve bir adet belverme gölcüğü tespit edilmiştir (Şekil 5.26).
- j) İncegöz Köyü'nde hasara uğramış bir bahçe duvarı tespit edilmiştir (Şekil 5.27).
- k) Örencik Köyü'nün doğusunda sağ yanal ötelenmiş tarla sınırları tespit edilmiştir (Şekil 5.28).
- l) Kıran Köyü içerisinde fay uzanımı üzerindeki bir evin tabanında hasar gözlenmiştir (Şekil 5.29).
- m) Fatih-Yeni Mahalle içerisinde fay uzanımı üzerinde bulunan bir evin bahçe duvarında hasar tespit edilmiştir (Şekil 5.30)

Fayın izi üzerinde yapılan ayrıntılı gözlemler, yüzey deformasyonlarının İsmetpaşa'daki duvar ile sınırlı olmadığı, fay boyunca farklı lokasyonlarda değişik türde deformasyonların (kırılma, çatlama, ötelenme, rotasyon vb. gibi) olduğunu göstermektedir. Fay boyunca tespit edilen deformasyonların miktarları İsmetpaşa'daki duvarda görülen deformasyon ile karşılaştırıldığında daha azdır. Bu durum deformasyona uğrayan yapının yaşı ile ilgili olabileceği gibi, o lokasyonda fay üzerindeki hareket oranı ve ortam koşulları ile de ilgili olabilir.

Bu lokasyonlardaki kripi hızı ve ortam koşulları takip eden bölümlerde tartışılacaktır. Ancak, yapıların yaşları dikkate alındığında İsmetpaşa'daki duvarın



diğerlerinden daha önce yapıldığı dikkat çekmektedir. Örneğin, Gerede'deki lisenin bahçe duvarı 1977, Kapaklı Köyü'ndeki ev ise 2000'li yılların başlarında yapılmıştır.

Hamamlı'nın 3 km kuzeydoğusunda 1300'lü yıllarda yapılmış olan Şeyh Ali Semerkandi Türbesi ve bu türbenin içerisinde bir de su kuyusu bulunmaktadır. Türbe duvarlarındaki yazılardan elde edilen verilere göre, 1326 ile 1389 tarihleri arasında yaşamış olan Sultan Murat, tarım yapılmakta olan Hamamlı ve çevresinde kuraklık yaşandığını söyleyerek Şeyh Ali Semerkandi'den su bulmasını istemiş, Şeyh Ali ise bu türbe içerisinde esasını yere vurarak tabandan su çıkarmış. Bu rivayete dayanarak bu bölgede 1300 lü yıllardan bu yana tarım yapıldığı, 1326 ile 1389 yılları arasında bir tarihte de bu su kuyusunun yapılmış olduğu sonucuna varılabilir. Bu su kuyusunun yaklaşık 1 km batısında, Hamamlı'nın 2 km doğusunda bulunan tarla sınırının LİDAR ile yapılan hassas ölçüm sonucunda (Şekil 5.21), 7,961 metre ötelendiği tespit edilmiştir. Bölgede 1300'lü yıllardan beri tarım yapıldığı bilgisine dayanarak aynı tarla sınırının 1668 depreminden önce de var olduğu ve ötelendiği düşünülebilir. Bu durumda 7,961 metre olan bu ötelenme 1668, 1944 ve 1951 depremleri tarafından deforme edilmiş olabilir. Bu durumda tarla sınırındaki 7.961 metrelik ötelenme yaklaşık son 700 yıldaki toplam ötelenmeyi yansıtmaktadır. Literatür çalışmalarına dayanarak 1944 ve 1951 depremlerinde fayın bu kesimi üzerinde yaklaşık 5 metre civarında atım meydana geldiği bilinmektedir. Bu tarla sınırının 1668 depreminden sonra oluşturulduğu kabul edilirse, bu durumda tarla sınırında görülen 2 metre civarındaki atım fazlalığı, krip hareketinin 1944 depreminden önce de fayın bu kesimi üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir.

Kuzören mezarlığında üzerinde yapılış tarihleri yazılı olanların 1960'li yıllardan sonra yapıldığı görülmektedir. Ancak mezarlarda kırılmadan ziyade rotasyon görüldüğü için ayrıca mezarların konumları fayın uzanımına dik olmadığı için mezarlarda görülen deformasyonların duvardaki kırılma ile karşılaştırılması sağlıklı olmayacaktır. Mezarlarda görülen mevcut deformasyonlar şimdilik fayın üzerinde hareket olduğunu gösteren arazi verileridir.

### 11.1.2 Aletsel veriler

Tez kapsamında KAFZ'nun Gerede – Bayramören arasında kalan kesimi üzerinde 2013 yılı Mayıs ayı içerisinde 8 adet yeni kurulan istasyon ile birlikte daha önceden yapılmış olan 3 ayrı duvar olmak üzere toplam 11 lokasyonda yersel LIDAR ve Total Station ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. İstenilen hassasiyette sonuçların elde edilemediği Total-Station ölçümlerinden tez çalışmasının bu bölümünde bahsedilmeyecektir. LIDAR ile yapılan çalışmalar ise; hareketin sıfır kabul edildiği Mayıs 2013 ölçümleri ile daha sonraki periyotlarda alınan her bir ölçümün birbirleri ile karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. LIDAR'ın hata payı yeni kurulan ve beton direklerden oluşan istasyonlar için  $\pm 1$  mm, mevcut duvarlar için ise;  $\pm 4$  mm olarak alınmıştır. Çizelge 11.1'de her bir istasyonda Mayıs 2013 yılından itibaren zamana bağlı yer değiştirmeler görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında Mayıs 2013-Eylül 2015 tarihleri arasında yapılan LİDAR ölçümlerinin yanısıra 2007 yılı Haziran ayında LİDAR ile İsmetpaşa asfalt şantiyesi duvarında yapılan ölçüm karşılaştırılmış ve 9 yıllık dönemde 50 mm, dolayısıyla 1 yılda  $5.55 \pm 4$  mm yer değiştirme tespit edilmiştir. Bu değer 2013-2015 yılları arasında yine aynı duvarın LİDAR ile taranması ve karşılaştırılması sonucunda elde edilen yıllık  $6 \pm 4$  mm'lik krip değeri ile uyumludur ve ölçümleri doğrular niteliktedir.

**Çizelge 11.1.** Tez kapsamında her bir istasyonda elde edilen ölçüm sonuçları. Ölçüm sonuçlarının alınmadığı tarihlerde ölçümün alınmayış sebebi aşağıda verilmektedir.

İstasyonlar	Ölçülen Toplam Yer Değiştirme Miktarı (mm)							
	Mayıs 2013	Kasım 2013	Mart 2014	Temmuz 2014	Eylül 2014	Aralık 2014	Mayıs 2015	Eylül 2015
<b>Gerede</b>	0± 4	0± 4	a	3± 4	5± 4	6± 4	6± 4	7± 4
<b>Afşartarakçı</b>	0± 1	0± 1	5± 1	5± 1	6± 1	7± 1	8± 1	8± 1
<b>Kapaklı</b>	0± 1	0± 1	0± 1	2± 1	3± 1	3± 1	4± 1	4± 1
<b>Semerciler</b>	0± 1	0± 1	0± 1	0± 1	2± 1	3± 1	3± 1	3± 1
<b>İsmetpaşa Duvar</b>	0± 4	0± 4	0± 4	3±4	12±4	12± 4	12± 4	e
<b>İsmetpaşa Direkler</b>	0± 1	0± 1	8± 1	8± 1	8±1	d	d	d
<b>Hamamlı Duvar</b>	0± 4	0± 4	0± 4	6± 4	c	c	c	c
<b>Hamamlı Direkler</b>	0± 1	0± 1	4± 1	b	5± 1	5± 1	5± 1	8± 1
<b>Ahallar</b>	0± 1	0± 1	a	4± 1	6± 1	6± 1	6± 1	6± 1
<b>Çaylı</b>	0± 1	0± 1	a	b	0± 1	0± 1	0± 1	3± 1
<b>Fatih</b>	0± 1	0± 1	a	b	3± 1	4± 1	5± 1	6± 1

**a.**Kış koşulları sebebiyle ölçüm alınamamıştır, **b.**Gözlem istasyonlarının etrafında bulunan ekinlerin boylarının çok yüksek olması sebebi ile beton direkler görülememektedir, **c.**Gözlem istasyonunun önünde ölçümü engelleyecek boyutlarda saman balyaları yığılmıştır, **d.** Gözlem istasyonundaki direklerden biri veya birkaçı yıkılmıştır, **e.** Ölçüm sonucu alınan veri değerlendirme aşamasında düzgün açılmamıştır.

Karşılaştırmalar sonucunda elde edilen veriler kendi içlerinde değerlendirildiğinde fay üzerindeki kaymanın sürekli olmadığı, aralıklarla gerçekleştiği görülmektedir. Örneğin, İsmetpaşa Duvar istasyonunda Mayıs 2013-Mart 2014 arasında (ilk 10 ay) hiç hareket gözlenmemiş, Mart 2014-Temmuz 2014 tarihleri arasında 3 mm, Temmuz 2014-Eylül 2014 arasında 9 mm hareket gözlenmiş, Eylül 2014-Mayıs 2015 arasında yine hiç hareket gözlenmemiştir (Şekil 11.1).

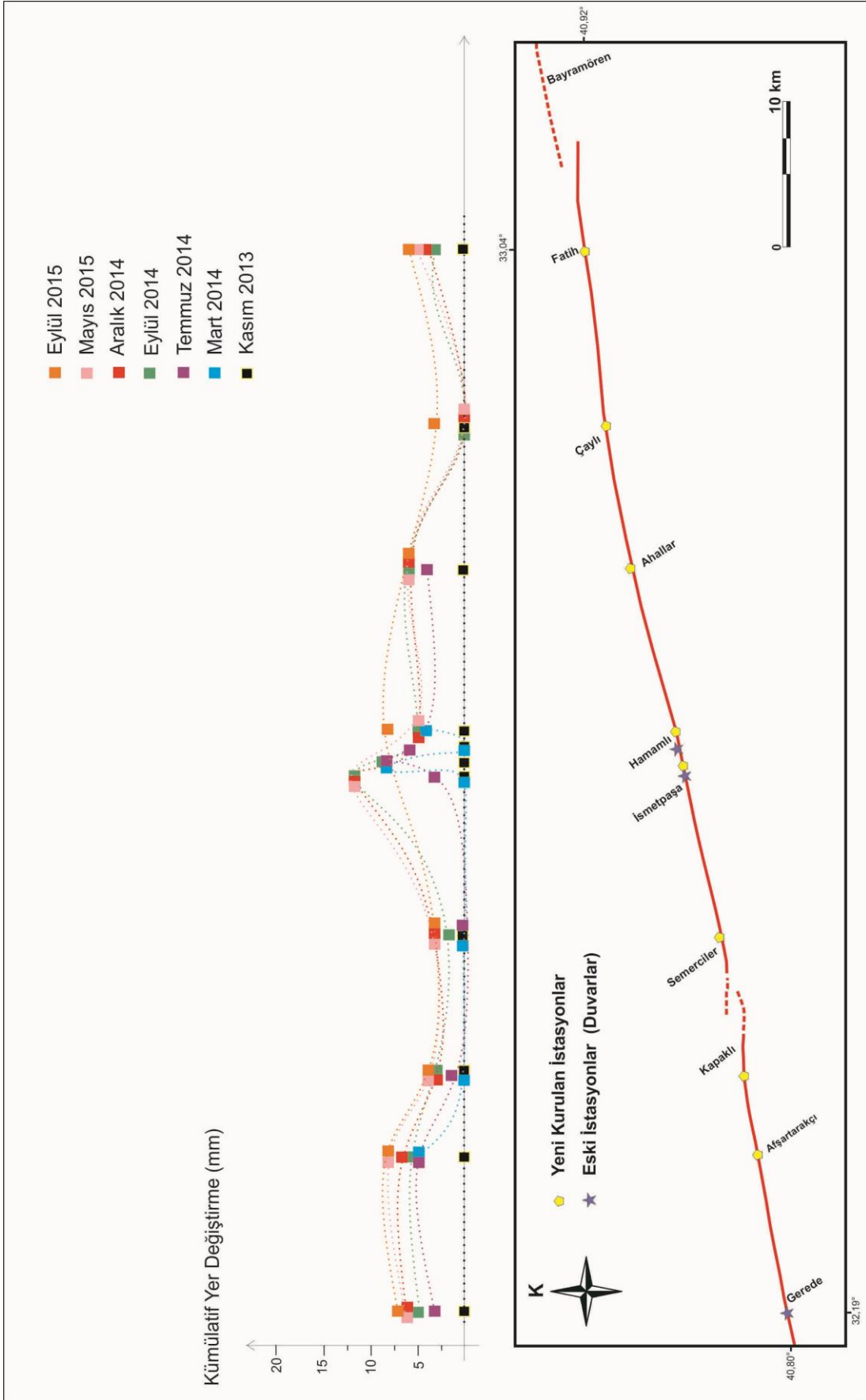


**Şekil 11.1.** Gerede – Bayramören arasında bulunan istasyonlarda elde edilen yerdeğiştirme miktarlarının zamanına göre değişimi. Grafiklerde boş görülen zaman aralıklarında Çizelge 9.1 ‘de verilen koşullar sebebiyle ölçüm alınmamıştır.

## 11.2 Krip Hızının Fay Zonu Üzerindeki Dağılımı

KAFZ'nun Gerede – Bayramören arasındaki alanda gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlara bakıldığında bütün istasyonlarda zaman içinde değişik dönemlerde hareket olduğu görülmektedir. Kapaklı, Semerciler ve Çaylı istasyonlarında ölçülen değerlerin diğer istasyonlardan daha az olduğu görülmektedir (Şekil 11.2). Fayın izinin ayrıntılı haritasına bakıldığında (Şekil 11.2 ve Ek 1 ), fayın Kapaklı ve Semerciler arasında sola sıçrama, Çaylı istasyonu yakınlarında ise sola hafif bir büküm yaptığı görülmektedir. Fay üzerindeki hareket sağ yanal fayın sola büküm ve sıçrama yaptığı alanlarda oluşacak sıkışmaya bağlı azalmaktadır. Bu nedenle, bu istasyonlardaki hareketin diğer istasyonlara göre daha az olması muhtemelen fayın geometrisi ile ilgilidir.

Çalışma kapsamında en yüksek yer değiştirme İsmetpaşa Duvar istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 11.3). Bu istasyonun Gerede-Samsun karayoluna uzaklığı 45 m, demiryolu hattına uzaklığı ise 65 m dir (Şekil 11.4). Karayolu ve demiryolunu kullanan taşıtların duvarda sarsıntıya neden olup olmadığını anlamak amacıyla duvar boyunca Instantel Bluster marka titreşim ölçer aletle ağır taşıtlar ve tren geçişleri sırasında ölçümler yapılmış ancak trafiğin duvarda titreşime neden olmadığı görülmüştür. Duvarın yaklaşık 50 m doğusunda beton direkler kullanılarak kurulan istasyonda da (istasyon zarar görene kadar alınan ölçümlerde) diğer istasyonlara göre daha yüksek yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Bu tez kapsamında 28 aylık kısa sayılabilecek bir dönem boyunca izleme yapılabilmektedir, elbette bu lokasyonun uzun süre takibi sonucu daha sağlıklı yorumlar yapılabilir. Ancak mevcut veriler İsmetpaşa lokasyonunda kripin maksimum olduğunu göstermektedir (Şekil 11.2).



Şekil 11.2. Gerede-Bayramören arasında istasyonlarda elde edilen LIDAR ölçüm sonuçlarına ait grafik

### 11.3. Bölgede Meydana Gelen Depremlerin Krip Üzerine Etkileri

Kripin belirli bir süre suskun olup daha sonra arttığı durumlarda bu hareketin mikro deprem üretip üretmediğini anlamak amacıyla çalışma alanı ve yakın çevresindeki deprem aktivitesi incelenmiştir. Kandilli Rasathanesi'nin kaydettiği depremlere bakıldığında 2 Mayıs 2015 tarihinde çalışma alanı içerisinde iki adet deprem (İmamlar M:4.1 ve Ozanköy M: 2.7) olduğu görülmektedir. Bu depremler Şekil 11.3'de harita ve grafikler üzerinde gösterilmektedir. Şekil 11.3'deki grafiklerde deprem oluş tarihinden önce ve sonraki krip hızı değişimleri incelendiğinde depremlerin istasyonlarda herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 11.3). Bu durum, ya mevcut ağın daha küçük depremleri kayıt edecek yeterli hassasiyette olmadığını ya da fay üzerindeki krip hareketinde gözlenen birkaç aylık suskunluk sonucu hareket olması durumunda mikro deprem üretilmediği şeklinde yorumlanabilir. Bu belirsizlik ancak bölgede kurulacak daha hassas mikrodeprem ölçüm ağı ile açıklığa kavuşturulabilir.

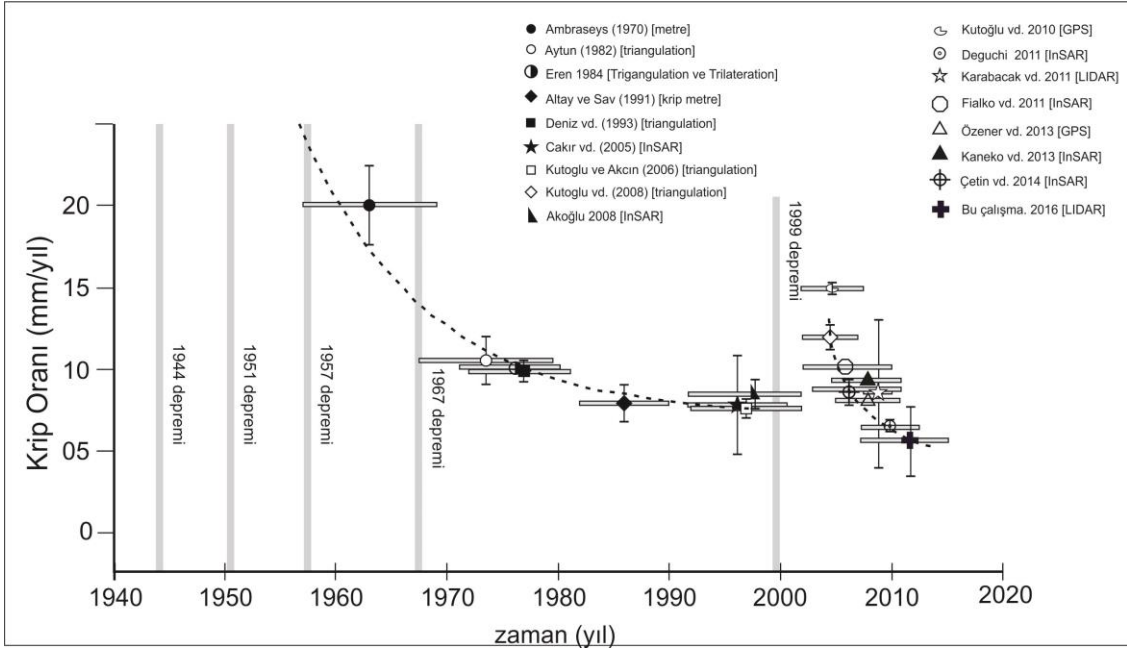




Çakır vd. (2012), KAFZ'nun İsmetpaşa kesimi civarında gözlenen, onlarca veya yüzlerce yıl süren asismik yüzey kaymasının fay üzerinde oluşan büyük depremler tarafından tetiklenebileceği sonucunu önermektedir. Bu sav Şekil 11.3'de görülen İsmetpaşa'da günümüze kadar yapılan ölçümler ile de desteklenmektedir. 1999 depremlerine kadar olan ölçüm sonuçlarının Çakır vd. (2005) tarafından bir parabolik eğri üzerine oturduğu tespit edilmiştir. 1999 depremi sonrasında yapılan ölçümlere bakıldığında ise yine benzer bir üstel eğrinin çizilebildiği görülmektedir (Şekil 11.4). Bu durumda 1999 depremleri gibi büyük depremlerin krip hareketini tetiklediği açıkça görülmektedir.

Ayrıca İsmetpaşa'da 1999 depremlerinden sonra meydana gelen krip hareketindeki artışın depremlerin merkez üslerine İsmetpaşa'ya oranla çok daha yakın olan İzmit'te krip hareketinin başlamasına neden olduğu düşünülmektedir (Çakır vd., 2012). Aynı çalışmada yapılan bir diğer yorumda ise; meydana gelen deprem ve onu takip eden postsismik olayın uzun dönemli krip hareketi döngüsü içerisinde kısa bir dönem olarak kaldığı ve krip miktarını arttırıcı yönde rol oynadığından bahsedilmektedir. Krip hızının depremler ve postsismik hareketler aracılığı ile arttığı yönündeki görüş Ben-Zion vd.(1993) tarafından da desteklenmektedir.

Savage vd. (2005) ise krip hareketinin gözlemlendiği farklı fay zonları üzerinde yaptığı çalışmalarında, ölçtüğü krip değerlerini bir grafiğe koyduğunda değerlerin tıpkı Çakır vd. (2005)'de olduğu gibi düzgün azalan bir üssel eğri üzerine oturduğunu tespit etmiştir. Bu eğri sünek makaslama sonunda newtonian tipi (Deformasyon hızının kayma gerilmesiyle doğru orantılı olduğu akışkanlar) davranış gösteren krip hareketnin büyük depremler ile duraklasa da yeniden başlayıp üstel olarak azalarak on yıllar boyunca devam ettiğini göstermektedir.



Şekil 11.4. İsmetpaşa Duvar istasyonunda günümüze kadar yapılan çalışmalar ile elde edilen krip hareketi miktarları.

#### 11.4. Jeolojik Yapının Krip Üzerine Etkileri

Krip ile ilgili günümüze kadar yapılmış olan çalışmaların bir kısmında jeoloji-krip ilişkisi ele alınmıştır (Allen, 1968; Amiguet vd., 2012; Malservisi vd., 2003; Becken ve Ritter, 2012; Murase vd., 2013; Gratier vd., 2013; Şentürk vd., 2015). Bu tez çalışması kapsamında da bölgede görülen krip hareketini, bölgenin deprem aktivitesinin yanısıra jeoloji ile de ilişkilendirerek farklı yorumlar yapılmıştır. Öncelikle her ölçüm lokasyonunun ayrıntılı jeoloji haritaları çizilmiştir (Bkz. Bölüm 5.2.2). Çalışma alanında fay zonu boyunca mevcut olan birimler incelendiğinde bölge geneline Senozoik (Günümüz - 65.4 My) ve Mesozoik (65.5 - 251.4 My) yaşlı kayaçların hakim olduğu görülmektedir (Şekil 11.5). Bölgedeki genç çökeller, Pliyo-Kuvaterner yaşlı, dasit-andezitik-bazaltik kayaçlar ile aglomera-tüf olarak adlandırılan magmatik ve volkanik kökenli kayaçlar Miyosen-Eosen yaş aralığına sahiptirler. Çalışma alanı içerisindeki kireçtaşları, kırıntılı kayaçlar, kumtaşı, şeyl, ofiyolitik melanj ve bir kısım aglomera, lav ve tüfitler de Mesozoik zaman dilimi içerisinde kalan Jura-Kreatase alt bölümlerinde oluşan kayaçlardır.

Hemen her istasyonda farklı farklı kayaç türleri KAFZ tarafından karşı karşıya getirilmiştir. Dolayısı ile kurulan beton direk istasyonlarındaki direklerin fayın kuzeyinde olan kısımları başka, fayın güneyinde olan kısımları başka tür kayaçlar içerisinde yer almaktadır.

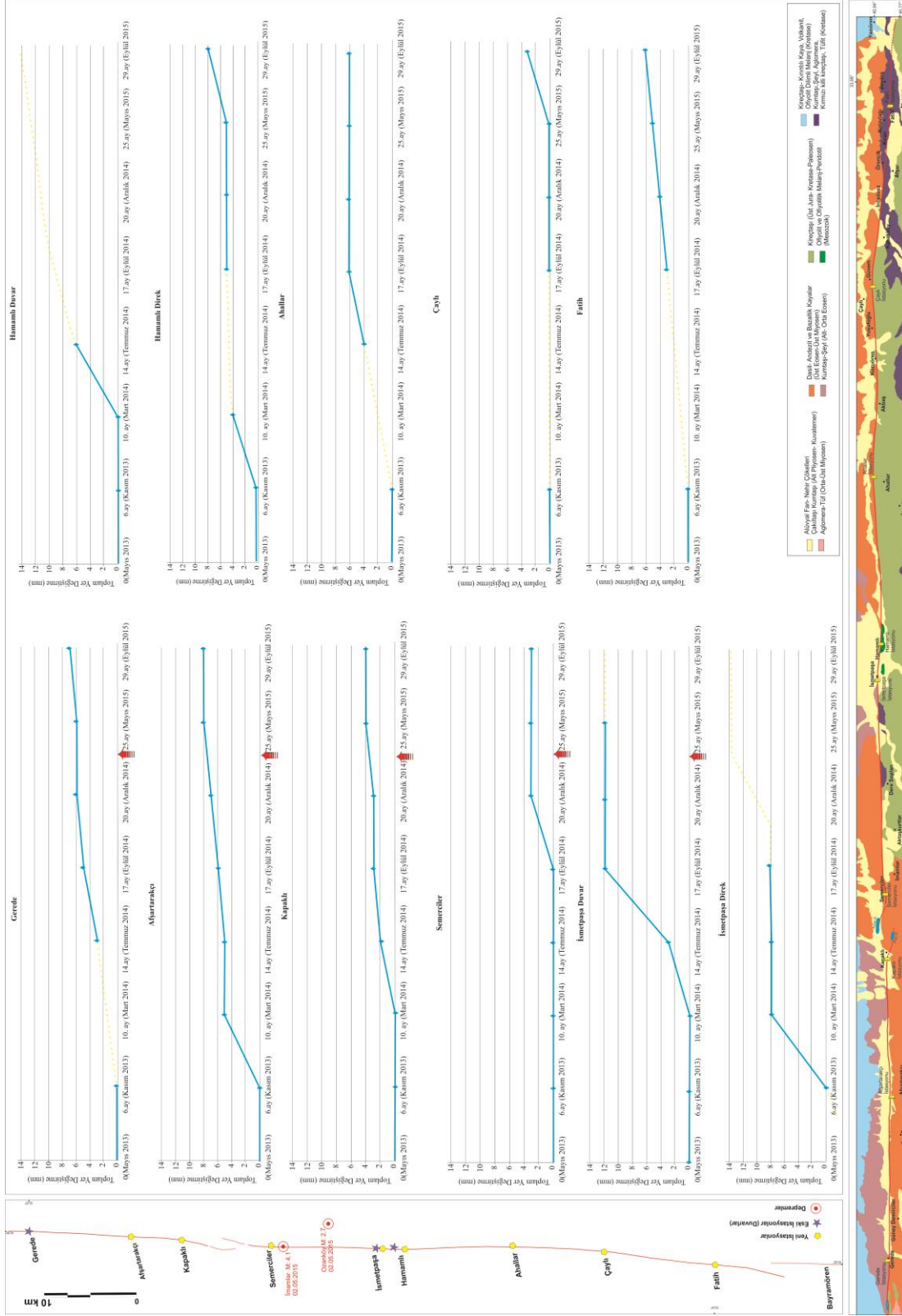
pılan ayrıntılı jeolojik haritalar ile krip miktarı ilişkisi değerlendirildiğinde; fay zonunun kuzey ve güneyinde karşılıklı sedimanter birimlerin varlığının sözkonusu olduğu alanlarda krip miktarının en fazla, fay zonu üzerinde sedimanter ve metamorfik birimlerin karşılıklı geldiği alanlarda krip hızının biraz daha az ve fay zonunun bir ya da her iki tarafında magmatik birimlerin karşılıklı geldiği alanlarda ise krip hareket hızının en az olduğu tespit edilmiştir. Özetle krip hareketinin görüldüğü jeolojik birimler krip miktarına göre çokdan aza doğru sıralanırsa; Sedimanter, Metamorfik ve Mağmatik birimler olarak sıralanırlar. İsmetpaşa ve Hamamlı istasyonları ve yakın çevrelerinde bulunan serpantin ve manyezit birimlerinin de krip hareketini arttırıcı etkisi olduğu düşünülmektedir.

Literatürde krip hızının ofiyolitik melanj birimlerinin gözlemlendiği alanlarda arttığına dair birçok çalışma bulunmaktadır. Allen (1968)'in yapmış olduğu çalışma, jeoloji-krip ilişkisini ele alan ilk çalışmalardan biridir. Allen (1968) bu çalışmasında San Andreas Fay Zonu'nda (SAFZ) bulunan Franciscan serpantinlerinin krip hareketini arttırıcı yöndeki etkisinden bahsetmiştir. Amiguet vd. (2012); metamorfik bir birim olan foliasyonlu serpantin ve klorit yataklarının varlığının krip hareketinin görülme ihtimalini arttırdığından, Malservisi vd. (2003) yaptığı çalışmasında fayların yakın çevresindeki litosferin türünün krip hareketi ile ilişkili olduğundan söz etmektedir. Becken ve Ritter (2012), serpantin ve serpantinden türeyen talk gibi kayaçların ya da diğer zayıf minerallerin ve manto kökenli jeolojik birimlerin krip hareketinin görülmesinde önemli rol oynadığından bahsetmektedir. Murase vd. (2013) Tayvan Longitudinal Vadisi Fayı civarında bulunan Lichi melajının krip hızını arttırdığını belirtmektedir.

Gratier vd. (2013) ise krip-jeoloji ilişkisini tartıştığı çalışmasında; marn, şeyl gibi polimineralli kayaçların kolayca krip davranışı gösterebilen kayaçlar olduğundan, monomineralli ve bozunmamış kayaçların ise; krip hareketine karşı direnç gösterdiğinden bahsetmektedir. Kireçtaşı örneğini vererek aynı tür kayacı bozunmuş-kırıklanmış ya da masif oluşunun dahi krip hızına etkisinin olduğundan söz etmektedir.

Şentürk vd. (2015) Doğu Anadolu Fay Zonu'nda yapılan çalışmalar ile tespit edilen krip hareketinin gözleendiği bölgenin jeolojisini inceleyerek, bölgedeki baskın zayıf fillosilikat mineraller ile karakterize olan kırılğan ofiyolitik ve volkanik kayaçların krip hareketi ile ilişkilendirilebileceğinden bahsetmektedir.

Jeoloji kontrolünün yanısıra İsmetpaşa ve Hamamlı'da gözlenen yüksek krip hızı bölgedeki akışkanların yoğunluğu ile de ilişkili olabilir. Krip ile akışkanların varlığı arasındaki ilişkiye geçmişte yapılan birçok çalışmada da değinilmiştir. Örneğin; Becken ve Ritter (2012); yüksek basınçlı akışkanların, Amiguet vd. (2012); hidrotermal alterasyonun krip hızını arttırıcı yönde etmenler olduğundan söz etmektedirler. Roeloffs (2001) ise SAF, Parkfield Segmenti'nde (California) görülen krip hareketinin yağış miktarı ve diğer mevsimsel etkiler ile ilişkili olduğunu belirtmektedir. Tez çalışması kapsamında yapılan ölçümlerin sonucunda bahar dönemlerine karşılık gelebilecek akışkanların yoğun olduğu dönemlerde krip hızında tutarlı bir artış ya da azalış tespit edilmemiştir.



## 12. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Fay uzanımları üzerinde deprem olmaksızın meydana gelen, krip olarak adlandırılan yavaş yer değiştirmelerin fayların yıllık kayma miktarlarından ayırt edilmesi son derece güçtür. Bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlar, tarihsel ve aletsel dönem depremlerinin incelendiği çalışmalarda elde edilen paleosismolojik sonuçların daha sağlıklı yorumlanabilmesine katkı sağlayacağı gibi; jeolojik, jeomorfolojik ve aletsel verilerden yararlanarak kayma hızı modellenmesi yapan araştırmacılar için de yararlı olacaktır.

Tez çalışmaları kapsamında Gerede – Bayramören yerleşim yerleri arasında kurulan istasyonlarda yapılan LIDAR ölçümleri kripin batıda Gerede ile doğuda Fatih istasyonları arasında, fayın en az 85 km’lik kısmı üzerinde devam ettiğini göstermektedir. Tez dönemi içerisinde 8 defa tekrarlanan arazi ölçümleri her gözlem istasyonunda 3’er aylık dönemlerde krip hareket hızının değişiminin anlaşılmasını, krip hızının fay boyunca sabit olmadığına ortaya konulmasını sağlamıştır. Maksimum krip hızı yaklaşık  $6\pm 4$  mm/yıl olarak İsmetpaşa Duvar istasyonunda elde edilmiştir ve bu değer daha önceki çalışmalarda farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında onlarla uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 9.3).

KAFZ’nun yıllık kayma hızının  $22\pm 3$  mm/yıl olduğu göz önüne alınırsa (Mc Clusky vd. 2000), günümüzde görülen krip hareketi fay üzerindeki yıllık kayma hızının yaklaşık % 30’unu karşılamaktadır. Bu nedenle KAFZ’nun Gerede Bayramören arasında kalan kesiminde gerilme birikimi devam etmektedir ve büyük deprem oluşma potansiyeli bulunmaktadır. Tez çalışmaları ile kayma hızı miktarının ne kadarının yüzey kırığı oluşturan depremler, ne kadarının ise deprem olmaksızın meydana gelen, krip olarak adlandırılan yavaş kayma hareketi tarafından karşıladığı ortaya konulmuştur. Böylece krip hareketinin gözlemlendiği bölgelerde meydana gelebilecek deprem büyüklüğü ve tekrarlanma aralığının daha sağlıklı tahmin edilmesi ile özellikle nüfusun ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde deprem hasarlarını en aza indirmek amacıyla daha sağlıklı planlama yapılabilecektir.



Tez içerisinde dönemsel olarak gözlenen krip hareketinin bölgede meydana gelen büyüklüğü 5'den küçük olan depremlerin meydana gelmesinde etkisinin olup olmadığı ya da depremlerden etkilenip etkilenmediği tartışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre çalışma dönemi içerisinde, çalışma alanında meydana gelen, büyüklüğü M:2.7 ve M:4.1 olan depremler ile krip hareketi arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir (Şekil 9.3). Ancak 1999 depremlerinin İsmetpaşa'da görülen krip hareketini tetiklemiş olduğu bilinmektedir. Bölgede uzun zamandan beri gözlenen krip hareketinin 1944 ve 1951 depremlerinden önce var olup olmadığı kesin olarak bilinmediği için bu depremler ile krip hareketi arasında ilişki kurulamamıştır. Ayrıca çalışma alanı jeolojisinin krip hızı ile ilişkisi tartışılmış ve İsmetpaşa civarında en yüksek krip hızının ölçülüyor olması bölgedeki serpantin ve manyezit birimlerinin varlığı ile ilişkilendirilmiştir.

Tez içerisinde anlatılan ölçüm ve gözlemler KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında günümüzde devam eden krip hareketinin postsismik hareketler ile olan ilişkisinin anlaşılmasında yeterli değildir. Geçmişte yapılan çalışmalara göre tespit edilen en uzun postsismik deformasyon süresi SAFZ üzerinde 1906 yılında meydana gelmiş olan San Francisco depremine aittir. Kenner ve Seagall (2000) tarafından tespit edilen bu süre  $36 \pm 16$  yıldır. KAFZ'nun Ladik- Taşova arasında Karabacak vd. (2011) tarafından var olduğu öne sürülen krip hareketi, yapılan en güncel çalışma olan Tunçel (2015) tarafından postsismik deformasyon olarak yorumlanmıştır. Dolayısı ile Tunçel (2015) KAFZ Ladik Taşova'da 70 yıl süren postsismik deformasyon hareketinden söz etmektedir. Sonuç olarak Gerede-Bayramören arasında görülen hareketin Ladik-Taşova arasında olduğu gibi yaklaşık 70 yıllık bir postsismik hareket mi yoksa bu segment üzerinde olan depremlerden tamamen bağımsız bir hareket mi olduğu hakkında kesin yargıya varmak elimizdeki bilgiler ışığında henüz mümkün değildir. Mevcut hareketin postsismik mi yoksa asismik krip hareketi mi olduğunu anlayabilmek için bölgedeki hareketin uzun yıllar boyunca izlenmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması sonrasında KAFZ'nun Gerede-Bayramören arasında görülen krip hareketi davranışlarının daha iyi anlaşılması amacıyla ileride yapılacak çalışmalarda;

Krip hareketi yağış miktarı gibi mevsimsel etkiler, bölgede akışkanların varlığı, akışkan basınçları, hidrotermal alterasyon gibi süreçler ile de ilişkilendirilmeye çalışılmalı,

Krip hareketinin gözlem istasyonlarının kurulduğu alanlardaki yüzey jeolojisi ile ilişkilendirilmesinin yanısıra yüzey örtüsünün altında bulunan jeolojik birimlerin de dikkate alınacağı çalışmalar yürütülmelidir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aagaard, B. T., Graves, R. W., Rodgers, A., Brocher, T. M., Simpson, R. W., Dreger, D., Petersson, N.A., Larsen, S.C., Ma, S., Jachens, R. C., 2010, Ground-motion modeling of Hayward fault scenario earthquakes, Part II: Simulation of long-period and broadband ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(6), 2945-2977.
- Akoğlu, M.A., 2008, Analysis and Modelling of Earthquake Surface Deformation with SAR Interferometry: Case Studies From Turkey and The World, PhD Thesis, İstanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Science.
- Aksoy, M.E., Meghraoui M., Çakır, Z., Ferry, M., Uçarkuş, G., 2010, Short-term and long-term slip rate along the westernmost segment of the North Anatolian Fault using paleoseismic trenching and drainage offsets, EGU2010-12447, EGU, Vienna, General Assembly – 2010
- Allen, C. R., Z. Luo, H. Qian, X. Wen, H. Zhou, W. Huang, 1991, Field study of a highly active fault zone: the Xianshuihe fault of southwestern China, *Geol. Soc. Am. Bull.* 103, 1178–1199.
- Allen, C.R., 1968, The Tectonic Environments of Seismically Active and Inactive Areas Along the San Andreas Fault System, California Institute of Technology, Division of the Geological Sciences Contribution No. 1469.
- Allen, C.R., Wyss, M., Brune, J.N., Grantz, A. and Wallace, R. E., 1972, Displacements on the Imperial, Superstition Hills and San Andreas Faults Triggered by the Borrego Mountain Earthquake, U.S. Geological Survey Professional Paper, 87, 87-104.
- Allis, R. G., ve Y. Shi, 1995, New insights to temperature and pressure beneath the central Southern Alps, New Zealand, *N. Z. J. Geol. Geophys.*, 38, 585–592.
- Altay, C. ve Sav, H., 1991, Continuous creep measurement along the North Anatolian Fault Zone. *Turk. Jeol. Kurul. Bul.* 6, 77-84.
- Altunel, E., Ergintav, S., Çakır, Z., Karabacak, V. 2009, Kuzey Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen yüzey kript hareketlerinin “Yersel Lidar” kullanılarak ölçülmesi ve modellenmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 200615036.
- Ambraseys, N. N., White, D., 1997, The seismicity of the Eastern Mediterranean region 550-1 BC: a re-appraisal. *Journal of earthquake engineering*, 1(4), 603-632. Ambraseys ve Melville 1995,
- Ambraseys, N. N., Melville, C. P., 1995, Historical evidence of faulting in Eastern Anatolia and Northern Syria. *Annals of Geophysics*, 38(3-4).

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ambraseys NN, Finkel C.F., 1991, Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea region. *Terra Nova* 3:527—39.
- Ambraseys NN, Finkel C.F., 1995, The seismicity of Turkey and Adjacent Areas—A historical review, 1500—1800. *Eren İstanbul*. 240 pp.
- Ambraseys, N. & Finkel C., 1987, Seismicity of Turkey and neighbouring regions 1899–1915, *Ann. Geophys.*, 5B, 701–726.
- Ambraseys, N., 1988, Engineering seismology, *J. Earthq. Eng.* 30  
Ambraseys, N. & Tchalenko, J., 1972. Seismotectonic aspects *Struct. Dyn.*, 17, 1–106.
- Ambraseys NN. 1975, Studies in historical seismicity and tectonics. In *Geodynamics Today—A Review of Earth's Dynamic Processes*, pp. 7--16. London: R. Soc.
- Ambraseys, N., 2009, Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900, Cambridge University Press. 947pp. doi:10.1017/S0016756810000452.
- Ambraseys NN. 2002a. The seismic activity of the Marmara Sea region over the last 2000 years. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92:1—18
- Ambraseys, N.N, 1970. Some Characteristic Features of the Anatolian Fault Zone, *Tectonophysics*, 9,143-165.
- Ambraseys, N.N.,1989, Temporary seismic quiescence: SE Turkey.*Geophysical Journal International*, 96(2), 311-331.
- Ambraseys, N.N. & Jackson, J.A., 1998, Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International* 133, 390-406.
- Amiguet, E., Reynard, B., Caracas, R., Van de Moortèle, B., Hilairret, N., Wang, Y., 2012. Creep of phyllosilicates at the onset of plate tectonics. *Earth Planet. Sci. Lett.* 345–348, 142–150.
- Angelier, J., Chu, H.T., Lee, J.C., 1997, Shear concentration in a collision zone: Kinematics of the Chihshang fault as revealed by outcrop-scale quantification of active faulting, Longitudinal Valley, eastern Taiwan, *Tectonophysics*, 274(1–3), 117–143.
- Argand, E., 1924, La Tectonique de l'Asie. C. R. Congrès Gtol Intern. XIII. sess. Belgique, 1922, fasc. I.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Arni, P., 1939, Doğu Anadolu ve mücavir mıntakalarının tektonik ana hatları. M.T.A. Yayınl., seri B, no. 4, Ankara.
- Ayhan, M. E., Koçyiğit, A., 2010, Displacements and kinematics of the February 1, 1944 Gerede earthquake (North Anatolian Fault System, Turkey): Geodetic and geological constraints. *Turkish J. Earth Sci.* 19, 285–311.
- Aytun, A., 1972, İsmetpaşa istasyonu civarında krip ölçümü, Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu, Bildiriler Kitabı.sf: 114-125.
- Aytun, A., 1982, Creep Measurements in the İsmetpaşa region of the North Anatolian Fault zone, Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction in the North Anatolian Fault, Braunschweig /Wiesbaden,279-292.
- Azzaro, R., Branca, S., Giammanco, S., Gurrieri, S., Rasa, R., Valenza, M., 1998, New evidence for the form and extent of the Pernicana Fault System (Mt. Etna) from structural and soil-gas surveying, *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 84,143-152.
- Azzaro, R., Mattia, A., Puglisi, G., 2001, Fault creep and kinematics of the eastern segment of the Pernicana Fault ( Mt. Etna, Italy) derived from geodetic observations and their tectonic significance, *Tectonophysics* 333, 401-415.
- Barka, A., Reilinger, R., 1997, Active Tectonics of Eastern Mediterranean Region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annals of Geophysics*, Vol.40, No.3.
- Barka A., Akyüz S., Altunel E., Sunal G., Çakır Z, 2000a, The August 17, 1999 İzmit earthquake, M=7.4, Eastern Marmara region, Turkey: study of surface rupture and slip distribution.
- Barka A, Kadinsky-Cade K., 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* 7:663—84.
- Barka A. 1992. The North Anatolian Fault zone. *Ann. Tecton.* 6:164—95
- Barka, A.A., 1981, Seismotectonic aspects of the North Anatolian Fault Zone, PhD Thesis, University of Bristol.
- Barka A. 1996. Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 86:1238—54.
- Bawden, G.W., Kayen, R., Silver, M.H., Brandt, J.T., Collins, B.D., 2004, Evaluating tripod Lidar as an earthquake response tool. *Eos. Trans., AGU*, 85, Fall Meet. Suppl. Abstract.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Becken, M. ve Ritter, O., 2012, Magnetotelluric studies at the San Andreas Fault zone: implications for the role of fluids, *Surveys in Geophysics* 33, 65-105,doi: 10.1007/s10712-011-9144-0.
- Bellian, J.A., Kerans, C., Jennette, D.C., 2005, Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. *Journal of Sedimentary Research*. 75, 166-176.
- Ben-Zion, Y., & Rice, J. R. (1993). Earthquake failure sequences along a cellular fault zone in a three-dimensional elastic solid containing asperity and nonasperity regions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98(B8), 14109-14131.
- Bergougnan H., 1976, Structure de la Chaîne pontique dans le Haut-Kelkit (Nord-Est de l'Anatolie). *Bull. Soc. Géol. Fr.* 18:675—86.
- Bilham, R., Suszek, N., Pinkney, S., 2004, California creepmeters. *Seismol. Res. Lett.* 75, 481-492.
- Bilham, R., Whitehead, S., 1997, Subsurface creep on the Hayward fault, Fremont, California. *Geophysical research letters*, 24(11), 1307-1310.
- Biryol, C.B., 2004, Neotectonics and Evolution of the Eskipazar Basini Karabük, Turkey, A Thesis Submitted to the graduate school of Natural and Applied Sciences Middle East Technical University.
- Blumenthal M.M., 1948, Bolu Civarı ile Aşağı Kızılırmak Mecrası Arasındaki Kuzey Anadolu Silsilelerinin Jeolojisi. *Maden Tetk. Arama Enst. Yayın, Ser. B*, No. 13, Ankara.
- Blumenthal, M. M., 1946, Die neue geologische Karte der Türkei und einige ihrer stratigraphisch-tektonischen Grundzüge. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 39, no. 2.
- Bodin, P., Bilham, R., Behr, J., Gomberg, J. and Hudnut, K. W., 1994. Slip triggered on southern California faults by the 1992 Joshua Tree, Landers, and Big Bear earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 806-816.
- Bokelman, G.H.R. ve Kovach, R.L., 2003, Long term creep rate changes and their causes, *Geophys, Res. Lett.*, 30, 1445.
- Bonnafe, F., Jennette, D., Andrews, J., 2007, A method for acquiring and processing ground-based lidar data in difficult to access outcrops for use in three dimensional, virtual reality models. *Geosphere*. 3, 6, 501-510.
- Borgia, A., Ferrari, L., Pasquare, G., 1992, Importance of gravitational spreading in the tectonic evolution of Mount Etna, *Nature* 357(6375), 231-236.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bouchon, M. ve Karabulut, H., 2008, The aftershock signature of supershear earthquakes. *science*, 320(5881), 1323-1325. Bozkurt E, Guest ed. 2001, Special issue Neotectonics of Turkey. *Geodin. Acta* 14(No. 1--3) 212 pp.
- Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey—a synthesis. *Geodinamica acta*, 14(1-3), 3-30.
- Brown, R. D., Jr., Wallace, R. E., 1968, Current and historic fault movement along the San Andreas fault between Paicines and Camp Dix, California, in *Proc. of the Conf. on Geologic Problems of the San Andreas Fault System*, Stanford Univ. Pub. Geol. Sci. 11, 22–39.
- Brune, J. N. ve Allen, C.R., 1967b, A low-stress-drop, low-magnitude earthquake with surface faulting: the Imperial, California, earthquake of March 4, 1966: *Seismol. Soc. America Bull.*, v. 57, no. 3, p. 501-514.
- Brunn, J. H., 1960, Les zones Helleniques internes et leur extension. Reflexions sur l'orogenese alpine. *Bull. Soc. Giol. France*, 7e serie, t. II.
- Brunn, J. H., 1961, Les sutures ophiolitiques. Contribution à l'etude des relations entre phenomenes magmatiques et orogeniques. *Rev. Geogr. et Geol. Dyn.*, vol. IV, fasc. 3, Paris.
- Bulut, F., Bohnhoff, M., Eken, T., Janssen, C., Kılıç, T., & Dresen, G. (2012). The East Anatolian Fault Zone: Seismotectonic setting and spatiotemporal characteristics of seismicity based on precise earthquake locations. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B7).
- Bürgmann, R., Rosen, P.A., Fielding, E.J., 2000, Synthetic Aperture Radar Interferometry to measure Earth's surface topography and its deformation, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28, 169-209.
- Bürgmann, R., Ergintav, S., Segall, P., Hearn, E., H., McClusky, S., Reilinger, R. E., Woith, H., Zschau, J., 2002, *Bulletin of the Seismological Society of America* February 2002 vol. 92 no. 1 126-137.
- Bürgmann, R., Hilley, G., Ferretti, A., Novali, F., 2006, Resolving vertical tectonics in the San Francisco Bay Area from permanent scatterer InSAR and GPS analysis. *Geology*, 34(3), 221-224.
- Burke, D. B., Helley, E. J., 1973, Map showing evidence for recent fault activity in the vicinity of Antioch, Contra Costa County, California: US Geol. Survey Misc. *Field Studies Map MF-533*, scale, 1(24,000).
- Burtford, R. O. ve P. W. Harsh, 1980, Slip on the San Andreas fault in central California from alinement array surveys, *Bull. Seism. Soc. Am.* 70, 1233–1261.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Burton P. W., McGonigle R., Makropulos K. C., Üçer S. B., 1984. Seismic risk in Turkey, the Aegean and the eastern Mediterranean, *Geophys. J. R. astr. soc.*, 78, 475–506.
- Canitez, N., 1962, Gravite ve sismolojiye gore Kuzey Anadolu'da Arz kabugunun yapisi. *Istanbul Tek. Üniv. Maden Fak. Yavuin, Istanbul*, 87.
- Canitez, N., Üçer SB., 1967, A Catalogue of Focal Mechanism Diagrams for Turkey and Adjoining Areas, *İTÜ Maden Fak., Arz Fiziği Enst. Yayın No. 25*. 111 pp.
- Canitez, N., 1968, Türkiye ve civarında deprem odak hareketleri ve gerilme dağılımları, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Doçentlik tezi, İstanbul.
- Canik, B., 1997, Mühendislik Jeolojisi Ders Notları, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Döner Sermaye İşletmesi Yayınları.
- Carpenter, B.M., Marone, C., Saffer, D.M., 2011, Weakness of the San Andreas Fault revealed by samples from the active fault zone: *Nature Geoscience*, v. 4, p. 251–254, doi:10.1038/ngeo1089.
- Cavalié, O., Lasserre, C., Doin, M.P., Peltzer, G., Sun, J., Xu, X., Shen, Z., 2008, Measurement of interseismic strain across the Haiyuan fault (Gansu, China), by InSAR, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 275, nos. 3/4, 246–257, doi: 10.1016/j.epsl.2008.07.057.
- Cavalié, O., Jónsson, S., 2014, Block-like plate movements in eastern Anatolia observed by InSAR. *Geophysical Research Letters*, 41(1), 26-31.
- Champanois, J., Fruneau, B., Pathier, E., Deffontaines, B., Lin. K. C., Hu, J. C., 2012, Monitoring of active tectonic deformations in the longitudinal valley (eastern Taiwan) using persistent scatterer InSAR method with ALOS PALSAR data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 337, 144–155.
- Chang, S. H., Wang, W. H., Lee, J. C., 2009, Modelling temporal variation of surface creep on the Chihshang fault in eastern Taiwan with velocity-strengthening friction, *Geophys. J. Int.*, 176(2), 601–613.
- Cluff, L. S., Steinbrugge, K. V., 1966, Hayward fault slippage in the Irvington–Niles districts of Fremont, California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 56, 257–279.
- Collettini, C., A. Niemeijer, C. Viti, Marone, C., 2009, Fault zone fabric and fault weakness, *Nature*, 462, 907–910.
- Çakir, Z., Akoglu, A.M., Belabbes, S., Ergintav, S., Meghraoui, M., 2005, Creeping along the Ismetpasa section of the North Anatolian fault (Western Turkey): Rate and extent from InSAR. *Earth and Planetary Science Letters*. 238, 225-234.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çakir, Z., Ergintav, S., Özener, H., Dogan, U., Akoglu, A. M., Meghraoui, M., & Reilinger, R., 2012, Onset of aseismic creep on major strike-slip faults. *Geology*, 40(12), 1115-1118.
- Çakir, Z., Akoglu, A. M. 2008, Synthetic aperture radar interferometry observations of the M= 6.0 Orta earthquake of 6 June 2000 (NW Turkey): Reactivation of a listric fault. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9(8).
- Cakir, Z., Aslan, G., Dogan, U., Kaya, Ş., Ergintav, S., Oz, D., Celik, M.F., 2015, Surface Creep Along the 1999 Izmit Earthquake's Rupture (Turkey) from InSAR, GPS and Terrestrial LIDAR. In *2015 AGU Fall Meeting*. Agu.
- Çetin, E., Cakir, Z., Meghraoui, M., Ergintav, S., Akoglu, A.M., 2014, Extent and distribution of aseismic slip on the Ismetpas ,a segment of the North Anatolian Fault (Turkey) from Persistent Scatterer InSAR, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 15, doi:10.1002/2014GC005307.
- D'Alessio, M. A., I. A. Johanson, R. Bürgmann, D. A. Schmidt, M. H. Murray 2005, Slicing up the San Francisco Bay Area: block kinematics and fault slip rates from GPS-derived surface velocities, *J. Geophys. Res.*, 110(B06403), doi:10.1029/2004JB003496.
- Deguchi, T., 2011, Detection of fault creep around NAF by InSAR time series analysis using PALSAR data, In: *Proceedings of SPIE* 8179, <http://dx.doi.org/10.1117/12.898478>, 81790, .
- Demirtaş, R., 2000, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Abant-Gerede arasında kalan bölümünün neotektonik özellikleri ve paleosismisitesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 191s.
- Deniz, R., Aksoy, A., Yalın, D., Seeger, H., Franke, P., Hirsch, O., Bautsch, P., 1993, Determination of crustal movements in Turkey by terrestrial geodetic methods. *J. Geodyn.* 18, 13-22.
- Dewey JF, Şengör AMC., 1979, Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geol. Soc. Am. Bull.* 90:84–92
- Doğan, A., Kondo, H., Emre, Ö., Awata, Y., Özalp, S., Tokay, F., Yıldırım, C., 2002, stable creeping and distant triggered slips by the 1999 İzmit Earthquake along the Ismetpaşa Section, North Anatolian Fault Zone, Turkey, *EOS, Trans. AGU Fall Meeting, Supplement*, 83, S11B-1156.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Duquesnoy, T., E. Barrier, M. Kasser, M. Aurelio, R. Gaulon, R. S. Punongbayan, C. Rangin, B. C. Bautista, E. Delacruz, M. Isada, S. Marc, J. Puertollano, A. Ramos, M. Prevot, M. Dupio, I. Eto, F. G. Sajona, D. Rigor, F. G. Delfin, and D. Layugan, 1994, Detection of creep along the Philippine fault: first results of geodetic measurements on Leyte Island, central Philippines, *Geophys. Res. Lett.* **21**, 975–978.
- Egeran E.N., 1947, Tectonique de la Turquie et Relations entre les Unités Tectoniques et les Gîtes Métallifères de la Turquie: Georges Thomas, Nancy, IX+197 pp.+16 photographs+4 foldout plates
- Egeran N, Lahn E, compilers, 1942--1946. Türkiye Jeolojik Hartası, scale 1:800,000. *Maden Tetk. Arama Enst., Ankara.* 8 sheets
- Egeran N, Lahn E. 1944. Note sur la carte sismique de la Turquie au 1:2.400.000. *Maden Tetk. Arama Enst. Mecmuası*, year 9, No. 2/32, pp. 279--89+ one foldout map.
- Ekercin, S., Üstün, B., 2004. A new technology in remote sensing: LIDAR. *Journal of Geodesy and Geoinformation.* 91, 34-38.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., 2011a, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Bolu (NK 36-14) Paftası, Seri No:19, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı 2011b, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Çankırı (NK 36-15) Paftası, Seri No:24, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Eren, K. 1984, Strain analysis along the North Anatolian Fault by using geodetic surveys, *Bull. Geodesique*, pp.137-149.
- Ergintav, S., Şaroğlu, F., Çakır, Z, Doğan, U., Karabulut, H., Özener, H., Doğru, A., 2014 a, Hazar Gölü- Palu Arasında Doğu Anadolu Fay Zonu Boyunca Gözlenen Krip Olayının Çok Disiplinli Araştırılması, Tübitak 114Y 250 no'lu Proje Özeti.
- Ergintav, S., Cakir, Z., Dogan, U., Cakmak, R., Floyd, M., King, R. W., McClusky, S., Reilinger, R. E. (2013, December). Seismic Potential of the North Anatolian Fault in the Sea of Marmara, Turkey. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 1, p. 2569).
- Ergintav, S., Doğan, U., Gerstenecker, C., Cakmak, R., Belgen, A., Demirel, H., Aydın, C., Reilinger, R., 2007, A snapshot (2003–2005) of the 3D postseismic deformation for the 1999, M<sub>w</sub>= 7.4 İzmit earthquake in the Marmara Region, Turkey, by first results of joint gravity and GPS monitoring. *Journal of Geodynamics*, 44(1), 1-18.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ergintav, S., McClusky, S., Hearn, E., Reilinger, R., Cakmak, R., Herring, T., Özener, H., Lenk, O., Tari, E., 2009, Seven years of postseismic deformation following the 1999, M= 7.4 and M= 7.2, Izmit-Düzce, Turkey earthquake sequence. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 114(B7).
- Eyidoğan H, Utku Z, Güçlü U, Değirmenci E. 1991, Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900--1988). *İstanbul Tek. Üniv. Maden Fak., Jeofizik Mühendisliği Böl.*, [II]+198 pp.
- Eyidoğan, H., Jackson, J., 1985, A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969–70 in western Turkey: Implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust. *Geophysical Journal International*, 81(3), 569-607.
- Fialko, Y., Kaneko, Y., Tong, X., Sandwell, D.T., Furuya, M., 2011, Investigation of interseismic deformation along the central section of the North Anatolian fault (Turkey) using InSAR observations and earthquake-cycle simulations, AGU Fall Meeting Abstracts.
- Frizzell, V. A., Brown R. D., 1976, Recently active breaks along the Green Valley fault, Napa and Solano counties, California, U.S. Geol. Surv. Misc. Field Invest. Map MF-743, scale 1:24,000.
- Funning, G. J., R. Bürgmann, A. Ferretti, F. Novali, A. Fumagalli, 2007, Creep on the Rodgers Creek fault, northern San Francisco Bay area from a 10 year PS-InSAR dataset, *Geophys. Res. Lett.*, 34(19), L19306, doi:10.1029/2007GL030836.
- Galehouse, J. S., & Lienkaemper, J. J. (2003). Inferences drawn from two decades of alignment array measurements of creep on faults in the San Francisco Bay region. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93(6), 2415-2433.
- Gratier, J.-P., Thouvenot F., Jenatton L., Tourette A., Doan M.-L, Renard F., 2013, Geological control of the partitioning between seismic and aseismic sliding behaviours in active faults: Evidence from the Western Alps, France, *Tectonophysics*, 600, 226–242.
- Gratier, J.P., Richard, J., Renard, F., Mitterpergher, S., Doan, M.L., Di Toro, G., Hadizadeh, J., Boullier, A.M., 2011, Aseismic sliding of active faults by pressure solution creep: Evidence from the San Andreas Fault Observatory at Depth, *Geology*, December 2011, v. 39, p. 1131-1134, first published on October 21, 2011, doi:10.1130/G32073.1
- Gropelli, G., Tibaldi, A., 1999, control of rock rheology on deformation style and slip-rate along the activa Pernicana Fault, Mt Etna, Italy, *Tectonophysics* 305, 521-537.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Guidoboni, E, Comastri A, Traina G. 1994. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century. Roma: Ist. Naz. Geofis. 504 pp.
- Guidoboni, E., Comastri, A., Boschi, E., 2005, The “exceptional” earthquake of 3 January 1117 in the Verona area (northern Italy): A critical time review and detection of two lost earthquakes (lower Germany and Tuscany). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 110(B12).
- Harsh, P. W., E. H. Pampeyan, and J. M. Coakley, 1978. Slip on the Willits fault (abstract), *Earthquake Notes* 49, 22.
- Hearn, E.H., McClusky, S., Ergintav, S., Reilinger, R.E., 2009, Izmit earthquake postseismic deformation and dynamics of the North Anatolian Fault Zone: *Journal of Geophysical Research*, v. 114, B08405, doi:10.1029/2008JB006026.
- Herece E., Akay E. 2003, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası/ Atlas of North Anatolian Fault (NAF). Maden Tetk. Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın. Ser. 2, Ankara, [IV]+61 pp.+ 13 appendices as separate maps
- Hooper, D., Coughlan, J., Mullen, M., 2008, Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Articles*, 2.
- Hsu, Y. J., Avouac, J. P., Yu, S. B., Chang, C. H., Wu, Y. M., Woessner, J., 2009a, Spatio-temporal slip, and stress level on the faults within the western foothills of Taiwan: Implications for fault frictional properties, *Pure Appl. Geophys.*, 166(10–11), 1853–1884.
- Hubert-Ferrari A, Armijo R, King GCP, Meyer B, Barka A., 2002, Morphology, displacement, and slip rates along the North Anatolian Fault, Turkey. *J. Geophys. Res.* 107:2235.
- Janson, X., Kerans, C., Bellian, J.A., Fitchen, W., 2007, Three dimensional geological and synthetic model of Early Permian redeposited basinal carbonate deposits, Victorio Canyon, West Texas. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 91, 10, 1-32.
- Jiracek, G.R., Gonzalez, V.M., Caldwell, T.G., Wannamaker, P.E., Kilb, D., 2007, Seismogenic, electrically conductive, and fluid zones at continental plate boundaries in New Zealand, Himalaya, and California, USA. In: Okaya D, Stern T, Davey F (eds) A continental plate boundary: tectonics at South Island, New Zealand, *Geophysical Monograph Series AGU*, vol 175, pp 347–369.
- Johanson, I. A., Fielding, J.E., Rolandone, F., Bürgmann, R., 2006, Coseismic and Postseismic Slip of the 2004 Parkfield Earthquake from Space-Geodetic Data, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 96(4B), S269–S282, doi:10.1785/0120050818.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Johanson, I. A., Bürgmann, R., 2005, Creep and quakes on the northern transition zone of the San Andreas fault from GPS and InSAR data, *Geophys. Res. Lett.*, 32(14), doi:10.1029/2005GL023150.
- Johnson, K. M., 2006, Frictional Properties on the San Andreas Fault near Parkfield, California, Inferred from Models of Afterslip following the 2004 Earthquake, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 96(4B), S321–S338, doi:10.1785/0120050808.
- Jolivet, R., Bürgmann, R., Houlié, N., 2009, Geodetic exploration of the elastic properties across and within the northern San Andreas Fault zone, *Earth and Planetary Science Letters*, 288(1-2), 126–131, doi:10.1016/j.epsl.2009.09.014. [online] Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X09005470>.
- Jouanne, F., Audemard, A. Frack., Beck, C., Welden, A. V., Ollarves, R., Reinoza, C., 2011, Present-day deformation along the El Pilar Fault in eastern Venezuela: Evidence of creep along a major transform boundary, *Journal of Geodynamics* 51 (2011) 398–410.
- Kaneko, Y., Fialko, Y., Sandwell, D.T., Tong, X. and Furuya, M., 2013, Interseismic deformation and creep along the central section of the North Anatolian Fault (Turkey): InSAR observations and implications for rate-and-state friction properties, *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, Vol., 118, 1-15.
- Kaneko, Y., Avouac, J.-P., Lapusta, N., 2010, Towards inferring earthquake patterns from geodetic observations of interseismic coupling, *Nat. Geosci.*, 3, 363–369.
- Karabacak, V., Altunel, E., Çakır, Z., 2011, Monitoring aseismic surface creep along the North Anatolian Fault (Turkey) using ground-based LIDAR, *Earth and Planetary Science Letters*, 304, 64-70.
- Karabacak, V., Altunel, E., Yönlü, Ö., Akyüz, H. S., Yalçiner, C. Ç., Altınok, S., 2008, Aktif faylanmaya bağlı fizyografik özelliklerin ölçülmesinde yeni bir yöntem: “Yersel LİDAR” teknolojisi, *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (UJS-2008)*, Çanakkale.
- Karabacak, V., Altunel, E., Akyüz, H. S., Yönlü, Ö., Kıyak, N. G., Yalçiner, C. Ç., Meghraoui, M., 2007, 1899 Menderes depremi yüzey kırığı üzerinde paleosismolojik ve jeomorfolojik çalışmalar, ATAG-11 (Aktif Tektonik Araştırma Grubu 11. Çalıştay) Bildiri Özleri Kitabı, TÜBİTAK-MAM, İzmit.
- Karabacak, V., Yönlü, Ö., Altunel, E., Kıyak, N.G., Akyüz, S., Yalçiner, C.Ç., 2012, Paleoseismic behavior of the East Anatolian Fault Zone between Gölbaşı and Türkoğlu: implications on 900 years of seismic quiescence, *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region, IESCA-2012*, İzmir, Turkey, 01-05 October 2012.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kayen, R., 2004. Ground-Based LIDAR. *GEER*, 10-07-2004 Meeting.
- Kemeny, J., Turner, K., 2008, Ground-Based LiDAR Rock Slope Mapping and Assessment, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division, Publication No. FHWA-CFL/TD-07-0xx. 2008, 7.
- Kennedy, B.M., Kharake, Y.K., Evans, W.C., Ellwood, A., DePaolo, D.J., Thordsen, J., Mariner, R.H., 1997, Mantle fluids in the San Andreas Fault system, California. *Science* 278:1278–1281.
- Kenner, S., Segall, P., 2000, Postseismic deformation following the 1906 San Francisco earthquake, *J. Geophys. Res.*, 105, 13, 195- 1, 209.
- Ketin İ, Rösli F., 1953, Makroseismische Untersuchungen über das nordwest-anatolische Beben vom 18 März 1953. *Eclogae Geol. Helv.* 46:187—208.
- Ketin İ., 1948, Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. *Geol. Rund.* 36:77—83.
- Ketin, İ. 1969, Kuzey Anadolu Fayı Hakkında, *MTA Dergisi Sayı: 72, Sayfa 1-27.*
- Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *M.T.A. Dergi no. 66, s. 20-34, Ankara.*
- Ketin, İ., 1959, Türkiye'nin orojenik gelişmesi. *M.T.A. Derg.*, no. 53, Ankara.
- Kober L., 1921, *Der Bau der Erde. Gebrüder Borntraeger. Berlin [II]+324 pp.+1 foldout plate.*
- Kober, L., 1942, *Tektonische Geologie. Borntraeger.*
- Kocaefe, S., 1981. Bali Anadolu aktüel tektoniği ve Ege. Anadolu plakacıkları arasındaki yapısal ilişkinin saptanması, *Doktora Tezi, HU Ankara.*
- Koçyiğit A., 1988, Tectonic setting of the Geyve Basin: Age and total displacement of the Geyve Fault Zone. *METU J. Pure Appl. Sci.* 21:81--104
- Koçyiğit A., 1989, Suşehri basin: an active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics* 167:13—29.
- Koçyiğit A., Deveci, Ş., Biryol, B., Arca, S., Aktürk, Ö., Ayhan, E., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Aktuğ, B., Açıkgöz, M., Çetin, H., Günaydın, O., Aytun, A., 2005, Kuzey Anadolu Fay Sisteminin (KAFS) İsmetpaşa-Gerede ve Mengen arasındaki kesiminin deprenselliği, TÜBİTAK Yer, Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu 102Y053 no'lu Proje Sonuç Raporu.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kondo, H., Awata, Y., Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F., Yıldırım, C., Yoshioka, T., Okumura, K., 2005, Slip distribution, fault geometry, and fault segmentation of the 1944 Bolu-Gerede earthquake rupture, North Anatolian Fault, Turkey, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95(4), 1234-1249.
- Kozacı, O., Dolan, J.F., Finkel, C.F., Hartleb, R., 2007, Late Holocene slip rate for the North Anatolian fault, Turkey, from cosmogenic <sup>36</sup>Cl geochronology: Implications for the constancy of fault loading and strain release rates. *Geology*. 35, 10, 867-870.
- Kozacı, Ö., Dolan, J. F., & Finkel, R. C., 2009, A late Holocene slip rate for the central North Anatolian fault, at Tahtaköprü, Turkey, from cosmogenic <sup>10</sup>Be geochronology: Implications for fault loading and strain release rates. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 114(B1).
- Kropschot SJ, 2000, Implications for Earthquake Risk Reduction in the United States from the Kocaeli, Turkey, earthquake of August 17, 1999. *U.S. Geol. Surv. Circ. 1193*. 64 pp.
- Kutoglu, H.S., Akcın, H., 2006, Determination of the 30-year creep trend on the İsmetpaşa segment of the North Anatolian Fault using an old geodetic network. *Earth Planets and Space*. 58, 8, 937-942.
- Kutoğlu, H.Ş., Akçın, H., Görmüş, K.S., Kemaldere, H., 2009, Kuzey Anadolu Fayı İsmetpaşa Segmenti’de Gerçekleştirilen Jeodezik Çalışmalar, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara
- Kutoglu, H. S., Akcin, H., Gundogdu, O., Gormus, K. S., Koksall, E., 2010, Relaxation on the İsmetpaşa segment of the North Anatolian Fault after the Golcuk M w= 7.4 and Duzce M w= 7.2 shocks. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10(12), 2653-2657.
- Kutoglu, H. S., Akcin, H., Kemaldere, H., Gormus, K. S., 2008, Triggered creep rate on the İsmetpaşa segment of the North Anatolian Fault. *Natural Hazards and Earth System Science*, 8(6), 1369-1373.
- Kutoglu, H. S., Akcin, H., 2006, Determination of the 30-year creep trend on the İsmetpaşa segment of the North Anatolian Fault using an old geodetic network. *Earth, planets and space*, 58(8), 937-942.
- Le Pichon X, Şengör AMC, Demirbağ E, Rangin C, İmren C., 2001, The active Main Marmara Fault. *Earth Planet. Sci. Lett.* 192:595—616.
- Le Pichon, X., Kreemer, C., 2010, The Miocene-to-present kinematic evolution of the Eastern Mediterranean and Middle East and its implications for dynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 38, 323-351.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lee, J. C., Angelier, J., Chu, H. T., Hu, J.C., Jeng, F.S., 2001, Continuous monitoring of an active fault in a plate suture zone; a creepmeter study of the Chihshang fault, eastern Taiwan, *Tectonophysics* 333, 219–240.
- Lee, J.C., Angelier, J., Chu, H.T., Hu, J.C., Jeng, F.S., 2005. Monitoring active fault creep as a tool in seismic hazard mitigation. Insights from creepmeter study at Chihshang, Taiwan. *C. R. Geosci.* 337, 1200–1207.
- Lee, G. H., Nicholls, R. J., & Birkemeier, W. A., 1998, Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina, USA, 1981–1991. *Marine geology*, 148(3), 163-177.
- Lienkaemper, J.J., Galehouse, J.S. and Simpson, R.W., 1997, Creep Response of the Hayward fault in North Oakland and major rupturing in prehistoric earthquakes, *Geophysical Research letters*, 26, 1949-1952.
- Lienkaemper, J.J., Williams, P.L., 1999, Evidence for surface rupture in 1868 on the Hayward fault in north Oakland and major rupturing in prehistoric earthquakes. *Geophys. Res. Lett.* 26, 1949-1952.
- Lisowski, M., Prescott, W. H., 1981, Short-range distance measurements along the San Andreas fault system in central California, 1975 to 1979. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 71(5), 1607-1624.
- Lo Giudice, E., Rasa, R., 1992, Very shallow earthquakes and brittle deformation in active volcanic areas: the Etnean region as example, *Tectonophysics* 202, 257-268.
- Louderback, G.D., 1942, Faults and earthquakes: *Seismological Society of America Bulletin*, v.32, p. 305-330.
- Louie, J. N., Allen C. R., Johnson D. C., Haase P. C., Cohn S. N., 1985, Fault slip in southern California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 75, 811–833.
- Mallet, R., 1862, Great Neapolitan Earthquake of 1857—The First Principles of Observational Seismology. Vol. II. London: Chapman & Hall. viii+399 pp.+3 foldout plates (Reprinted 1987 *Storia Geofisica Ambiente*, Bologna)
- Malservisi, R., Gans, C., Furlong, K. P. , 2003, Numerical modeling of strike-slip creeping faults and implications for the Hayward fault, California. *Tectonophysics*, 361(1), 121-137.
- Malservisi, R., Furlong, K. P., Gans, C. R., 2005, Microseismicity and creeping faults: Hints from modeling the Hayward fault, California (USA). *Earth and Planetary Science Letters*, 234(3), 421-435.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Manaker, D. M., Bürgmann R., Prescott W. H., Langbein J., 2003, Distribution of interseismic slip rates and the potential for significant earthquakes on the Calaveras fault, central California, *J. Geophys. Res.*, 108(B6), 2287.
- McClusky S, Balassanian S, Barka A, Demir C, Ergintav S, Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzonouis, A., Parasisis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Veis, G., 2000, Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern mediterranean and Caucasus. *J. Geophys. Res.* 105:5695—719.
- McFarland, F. S., Lienkaemper, J. J., & Caskey, S. J. (2009). Data from theodolite measurements of creep rates on San Francisco Bay region faults, California: 1979-2012. US Geol. Surv. Open-File Rept, 1119.
- McKenzie DP. 1972, Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 30:109—85
- Meghraoui, M., Aksoy, M. E., Akyüz, H. S., Ferry, M., Dikbaş, A., Altunel, E, 2012, Paleoseismology of the North Anatolian Fault at Güzelköy (Ganos segment, Turkey): Size and recurrence time of earthquake ruptures west of the Sea of Marmara. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13(4).
- Mekik, C., Kutoğlu, H., Görmüş, K.S., 2013, WIT Transactions on The Built Environment, Vol 132, doi:10.2495/ERES130211.
- Mencin, D., Bilham, R. G., Ozener, H., Aktug, B., Dogru, A., Ergintav, S., Cakir, Z., Aytun, A., 2014, Continuous creep measurements on the North Anatolian Fault, American Geophysical Union, Fall Meeting 2014, abstract T34B-07.
- Moore DE, Rymer M.J., 2007, Talc-bearing serpentinite and the creeping section of the San Andreas Fault. *Nature* 448:795–797.
- Murase, M., Matta, N., Lin, C.H., Chen, W.S., Koizumi, N., 2013, An episodic creep-slip event detected by precise levelling surveys in the central part of the Longitudinal Valley Fault, eastern Taiwan, in 2011–2012, *Tectonophysics* (2013), doi: 10.1016/j.tecto.2013.07.027
- Murray, M. H., Segall P., 2001, Modeling broadscale deformation in northern California and Nevada from plate motions and elastic strain accumulation, *Geophys. Res. Lett.*, 28(22), 4315–4318.
- Nagihara, S., 2006, Use of Ground-Based LIDAR in Geomorphic and Surface Stratigraphic Studies. GCAGS /GCSSEPM, September 25-27, Lafayette.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nalbant S., McClusky J., Steacy S., Barka A., 2002, Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey, *Earth and Planetary Letters*, 195 (2002), pp. 291–298.
- Naumann, E., 1896, Die Grundlinien Anatoliens und Centralasiens. *Geographische Zeitschrift*, 2(1. H), 7-25.
- Niemi, T.M., Kayen, R., Zhang, H., Dunn, C.R., Doolin, D.M., 2004, LIDAR Imagery of the San Andreas Fault Zone at the Vedanta and Olema Ridge Paleoseismic Trench Sites, Pt. Reyes, CA. *Eos. Trans., AGU, Fall Meet. Suppl. Abstract*.
- Ogawa, Y., Honkura, Y., 2004, Mid-crustal electrical conductors and their correlations to seismicity and deformation at Itoigawa-Shizuoka tectonic line, Central Japan. *Earth Planets Space* 56: 1285–1291.
- Okay A, Tüysüz O. 1999, Tethyan sutures of northern Turkey. In *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*, Geol. Soc. London, Spec. Publ. 156, ed. B Durand, L Jolivet, F Horváth, M Séranne, pp. 475--515
- Okumura, K., Yashioka, T., Kuşçu, İ., 1994, surface faulting on the North Anatolian Fault in these two millennia, In: *Proceedings of the workshop on Paleoseismology*, U.S. Geol.Surv., Open File Report, 94-568, 143 p.
- Optech, 2006, The basics: LIDAR, or laser radar: <http://optech.ca/aboutlaser.htm>
- Oral, M. B., Reilinger, R. E., Toksöz, M. N., Kong, R. W., Barka, A. A., Kınık, İ., Lenk, O., 1995, Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean, *EOS Transac.*, 76(9).
- Öcal N., 1966, Geometrical solutions of fault-plane problem of the destructive earthquakes occurred in Anatolia in the period 1938--1955. *Z. Geophys. Jg. 32*(Heft 5/6):293-309.
- Özaksoy, V., 2000, Çerkeş-Ilgaz Segmenti'nde Kuzay Anadolu Fay Zonu'nun Sismotektoniği, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özaksoy, V., Gökten E., Demirtaş, R., 1998, Kuzey Anadolu Fayı Gerede Segmenti doğu kesiminde aktif tektonik çalışmalar: İsmetpaşa trenchi ön sonuçları, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu Birinci Toplantısı, ATAG-1 Makaleler*, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, s.88-94, İstanbul.
- Özalaybey S, Ergin M, Aktar M, Tapırdamaz C, Biiçmen F, Yörük A., 2002, The 1999 İzmit earthquake sequence in Turkey: seismological and tectonic aspects. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92:376—86

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özbakır, A.D., Özeren, M.S., Ergintav, S., Karabulut, H., 2014, Post-seismic deformation following 1999 Izmit and Düzce earthquakes, Turkey: implications for constraining subcrustal rheology, *Geophysical Research Abstracts* Vol.16, EGU 2014-14143.
- Özener, H., Doğan, U., Çakır, S., Ergintav, S., Doğru, A., Turgut, B., Yılmaz, O., 2012, Kuzey Anadolu Fayı İsmetpaşa Krip Hızının GPS ile Belirlenmesi, 16. Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG) Çalıştayı, 18-19 Ekim, 2012, İstanbul.
- Özener, H., Doğru, A., Turgut, B., 2013, Quantifying aseismic creep on the İsmetpaşa segment of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by 6 years of GPS observations, *J. Geodyn.*, doi:10.1016/j.jog.2012. 08.002
- Özmen, B., 1999, Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğunun bölgesel düzenlenmesi. *Deprem Araştırma Bülteni* 82:5–83
- Öztürk, A., 1968, Çerkeş-Eskipazar-Gerede Bölgesinin Jeolojisi (The Geology of the Çerkeş-Eskipazar-Gerede Region). PhD Thesis, Ankara University (unpublished, in Turkish with English abstract)
- Parsons, T., 2002, Post-1906 stress recovery of the San Andreas fault system calculated from three-dimensional finite element analysis, *J. Geophys. Res.*, 107(B8), 2162, doi:10.1029/2001JB001051.
- Pavoni N., 1961, Die Nordanatolische Horizontalverschiebung. *Geol. Rund.* 51:122—39.
- Petrasccheck, W. E., 1954-55, Anadolu ve Güneydoğu Avrupası metal provenşler arasındaki münasebetler. *M.T.A. Derg.*, no. 46/47, Ankara.
- Pınar N., 1953, Etude géologique et macrosismique du tremblement de terre de Kurşunlu (Anatolie septentrionale) du 13 août 1951. *Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul, Sér. A* 18:142
- Pınar,N., 1977, Hamamlı Köyü (Eskipazar Çankırı) Manyezit Madeni Jeoloji Raporu, 6563 no'lu MTA raporu.
- Pınar, N., Lahn, E., 1952, La position tectonique de l'Anatolie dans le Systeme orogenique Mediterranéen. *C. R. Congr. Geol. Int.*, XIX, sess., section XV, fasc. XVII, pp. 171-180, Alger 1954.
- Pollitz, F. F., Nyst, M., 2004, A physical model for strain accumulation in the San Francisco Bay Region - Pollitz - 2004 - *Geophysical Journal International* - Wiley Online Library,

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Polonia, A., Gasperini, L., Amorosi, A., Bonatti, E., Bortoluzzi, G., Cagatay, N., Capotondi, M.H., Görür, N., McHugh, C., Seeber, L., 2004, Holocene slip rate of the North Anatolian Fault beneath the Sea of Marmara. *Earth and Planetary Science Letters*, 227(3), 411-426.
- Poyraz, F., Tatar, O., Hastaoğlu, K. Ö., Tiryakioğlu, İ., Gürsoy, Ö., Koçbullut, F., Türk, T., Demirel, M., Duman, H., Çiğer, A.F., Gül, D., 2015, Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 17-28.
- Prescott, W. H., Savage J. C., Svarc J. L., Manaker, D., 2001, Deformation across the Pacific-North America plate boundary near San Francisco, California, *J. Geophys. Res.*, 106(B4), 6673–6682.
- Pucci, S., De Martini, P. M. Pantosti, D., 2008, Preliminary slip rate estimates for the Düzce segment of the North Anatolian Fault Zone from offset geomorphic markers, *Geomorphology*, 97, 538-554.
- Radbruch, D. H., Bonilla, M. G., Lennet, B. J., Blanchard, F. B., Laverty, G. L., Cluff, L. S., Steinbrugge, K. V., 1966, Tectonic creep in the Hayward fault zone California: US. Geological Survey, Circular, (525), 13.
- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksoz, M.N., 1997, Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *J. Geophys. Res.* 102:9983--99
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*. 111, 1-26.
- Rice, J.R., 1992, Fault stress states, pore pressure distributions, and the weakness of the San Andreas Fault. In: Evans B, Wong T-F (eds) *Fault mechanics and transport properties of rocks*. Academic, San Diego, CA, pp 475–503.
- Roeloffs, E. A., 2001, Creep rate changes at Parkfield, California 1966-1999: seasonal, precipitation induced, and tectonic. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 106(B8), 16525-16547.
- Rogers, T.H., Nason, R.D., 1971. Active fault displacement on the Calaveras fault zone at Hollister, *Seism. Soc. Am. Bull.*, 61, 399–416.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rust, D., Nieri, M., 1996, The boundaries of large scale collapse on the flanks of Mount Etna, Sicily, InÇ McGuire, WçC. Jones, A.P.,Neuberg J.(Eds.), Volcano Instability on the Earth and other Planets.Geological Society Special Publication 110, 193-208.
- Ryder, I., Bürgmann, R., 2008, Spatial variations in slip deficit on the central San Andreas Fault from InSAR - Ryder - 2008 - Geophysical Journal International - Wiley Online Li-brary, Geophys. J. Int., 175(3), 837–852.
- Savage, J. C., Svarc, J. L., Yu, S.-B., 2005, Postseismic relaxation and transient creep, J. Geophys. Res., 110, B11402, doi:10.1029/ 2005JB003687.
- Savage, J. C., Lisowski, M., 1993, Inferred depth of creep on the Hayward fault, central California. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 98(B1), 787-793.
- Schimdt, D.A., Bürgmann, R., Nadeau, R.M., d’Alessio, M.A., 2005, Distribution of aseismic slip-rate on the Hayward fault inferred from seismic and geodetic data. Journal of Geophysical Research. 110, B08406, doi:10.1029/2004JB003397.
- Schulz, S. S., Wallace, R. E., 1989, The San Andreas Fault. US Department of the Interior, Geological Survey.
- Seidlitz, W.von, 1931, Diskordanz und Orogenese der Gebirge am Mittelmeer. Gebrüder Borntraeger.
- Seymen İ., 1975, Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği: Dr. Eng., İstanbul Tek. Üniv., Maden Fak., XIX+192 pp.+2 foldout maps
- Sharp, R. V., 1973, Map showing recent tectonic movement on the Concord fault, Contra Costa, and Solano counties, California, U.S. Geol. Surv. Misc. Field Invest. Map MF-505, scale 1:24,000.
- Sipahioğlu, S., 1984, Kuzey Anadolu Fay zonu ve çevresinin deprem etkinliğinin incelenmesi. Deprem Araştırma Dairesi Bülteni, 45, 5-139.
- Soysal H, Sipahioğlu S, Kolçak D, Altınok Y., 1981, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (M. Ö. 2100-M.S. 1900). Türk. Bilim. Tek. Araştırma Kurumu, Mat.-Fiz. Biyol. Bilim. Araştırma Grubu, İstanbul. 87 pp.
- Staiger, R., 2003, Terrestrial laser scanning technology, systems and applications, 2. FIG Regional Conference, December 2–5, Marrakech, Morocco (2003)
- Staub, R., 1924, Der Bau der Alpen, Bern.
- Stein RS, Barka AA, Dieterich JH., 1997, Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. Geophys. J. Int. 128:594--604

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Steinbrugge, K. V., Zacher, E. G., 1960, Creep on the San Andreas fault [California]: Fault creep and property damage, *Bull. Seism. Soc. Am.* 50, 389–396.
- Steinbrugge, K.V., 1957, Building damage on the San Andreas fault: report dated February 18, 1957, published by the Pacific Fire Rating Bureau for private circulation.
- Strabon, 2005, *Geographika, Antik Anadolu Coğrafyası (Kitap: XII-XIII-XIV)*, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, s. 384, ISBN: 975-7538-20-5.
- Straub, C., Kahle, H. G., Schindler, C., 1997, GPS and geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B12), 27587-27601.
- Şaroğlu F, Emre Ö, Boray A., 1987, Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri: Maden Tetk. Arama Genel Müdürlüğü Jeol. Etüd. Dairesi Başkanlığı, Ankara, III+394 pp.+11 maps in pocket (Open File Rep.)
- Şaroğlu F, Emre Ö, Kuşçu İ. 1992. Türkiye Diri Fay Haritası (Active Fault Map of Turkey), scale 1:2,000,000, one sheet. Maden Tetk. Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Şaroğlu, F., Herece, E., Sarıaslan, M., & Emre, Ö., 1995, Yeniçağa-Gerede-Eskipazar arasının jeolojisi ve Kuzey Anadolu Fayı'nın genel özellikleri. MTA Derleme, 9873.
- Şaroğlu, F., 1988, Age and Offset of the North Anatolian Fault, *Metu Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol.21, No.1-3, pp 65-79.
- Şaroğlu, F., Bingöl, E., Büyükköse, N., 1989, Excursion along the North Anatolian Seismic Zone Turkey, The 25th General Assembly of the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior.
- Şengör AMC, Yılmaz Y, Ketin İ., 1982, Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permo-Triassic Paleo-Tethys? Reply. *Geol. Soc. Am. Bull.* 93:932--36
- Şengör AMC. 1979a. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London* 136:269--82
- Şengör AMC. 1996. Kuzey Anadolu Fayı'nın Keşfi ....: *Bilim Tek.*, No. 338, pp. 8--15
- Şengör, A.M.C., ve Kidd, W.S.F., 1979. Post-collisional tectonics of the Turkish – Iranian plateau and comparison with Tibet, *Tectonophysics*, 55, 361-376.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Şengör, A.M.C, Görür, N., Şaroglu, F., 1985, Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a case Study: Strike-Slip Deformation. Basin Formation, and sedimentation. Edited by Biddle, K.T, and Mineralogists Special Publi. No. 37, 227-264.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., Imren, C., Sakiç, M., Eyidogan, H., Görür, N., Le P,chon, X., Rangin, C., 2005, The North Anatolian fault: A new look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112. Şentürk, S., Çakır, Z., Ergintav, S., Doğan, U., Çetin, S., Akoğlu, A., Meghroui, M., Karabulut, H., 2015, Surface Creep Along the East Anatolian Fault (Turkey) Revealed by InSAR Time Series: Implications for Seismic Hazard and Mechanism of Creep, AGU Fall Meeting Abstract.
- Şentürk, S., Çakır, Z., Ergintav, S., Doğan, U., Çetin, S., Akoğlu, A., Meghraoui, M., Karabulut, K., 2015, Surface Creep Along the East Anatolian Fault (Turkey) Revealed by In SAR Time Series: Implications for Seismic Hazard and Mechanism of Creep, AGU Fall Meeting Abstract, G21A-1006.
- Taşman, C. E., 1944, Gereede-Bolu depremi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 31(31).
- Taymaz, T., Tan, O., 2001, Source parameters of June 6, 2000 Orta-Çankırı and December 15, 2000 Sultandağı-Akşehir earthquakes (Mw=6.0) obtained from inversion of teleseismic body wave forms. See Taymaz 2001, pp. 96--107
- Tchalenko, J.S., 1970, Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geol. Soc. Am. Bull.* 81:1625-40.
- Ten Dam, A., Tolun, N., 1961, *Structura e geologia della Turchia*. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, vol. LXXX, fasc. III.
- Thatcher, W., 1979, Systematic inversion of geodetic data in central California. *Journal of Geophysical Research.* 84, 2283-2297.
- Thatcher, W., 1990, Present-Day Crustal movements and the mechanics of cyclic Deformation, The San Andreas Fault System, California: US Geological Survey Professional Paper 1515.
- Thomas, M. Y., Avouac, J. P., Champenois J., Lee, J. C. Kuo, L. C., 2014, Spatio-temporal evolution of seismic and aseismic slip on the Longitudinal Valley Fault, Taiwan, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2013JB010603, in press.
- Tocher, D., 1960, Creep on the San Andreas fault: Creep rate and related measurements at Vineyard, California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 50, 396-404.
- Tocher, D. 1958, Earthquake energy and ground breakage. *Bulletin of the seismological society of America*, 48(2), 147-153.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tokay M., 1973, Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler. In Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simp., 29--31 Mart 1972, Ankara, pp. 12--29. Tebliğler: M. T. A. Enst., Ankara
- Toksöz, M.N., Shakal, A.F., Michael, A. J., 1979, Space time migration of earthquakes along the North Anatolian Fault Zone and seismic gaps, *Pure App. Geophys.*, 117,1258-1270.
- Tunçel, E., 2015, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Ladik Taşova Segmenti, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Türkoğlu, E., Unsworth, M., Çağlar, I., Tuncer, V., Avsar, U., 2008, Lithospheric structure of the Arabia-Eurasia collision zone in eastern Anatolia: magnetotelluric evidence for widespread weakening by fluids? *Geology* 36:619–622.
- Uçarkış, G., 2010, Active faulting and earthquake scarps along the North Anatolian fault in the Sea of Marmara,
- Unsworth, M.J., 2010, Magnetotelluric studies of active continent–continent collisions. *Surv Geophys*31:137–161.
- Wang, L., Wang, R., Roth, F., Enescu, B., Hainzl, S., Ergintav, S., 2009, Afterslip and viscoelastic relaxation following the 1999 M7.4 Izmit earthquake from GPS measurements: *Geophysical Journal International*, v. 178, p. 1220–1237, doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04228.x.
- Warr, L. Cox, N. S., 2001, Clay mineral transformations and weakening mechanisms along the Alpine fault, New Zealand, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 186, 85–101.
- Wesson, R. L., 1988, Dynamics of fault creep. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 93(B8), 8929-8951.
- Wijkerslooth, P., 1942, Türkiye ve Balkanlar'daki krom cevheri zuhurati ile bunların bu ülkelerin büyük tektoniğine olan münasebetleri, M.T.A. Mecm., no. 26, Ankara.
- Yaltrak, C, Sakıncı, M., Aksu, A.E., Hiscott, R.N., Galleb, B., Ülgen, U.B., 2002, Late Pleistocene uplift history along the southwestern Marmara Sea determined from raised coastal deposits and global sea-level variations, *Mar. Geol.* 190:283—305.
- Yavaşoğlu, H., Tani E., Tüysüz, O., Çakır, Z., Ergintav, S., 2011, Determining and modeling tectonic movements along the central part of the North Anatolian Fault (Turkey) using geodetic measurements,, *Journal of Geodynamics*, Volume 51, Issue 5, May 2011, Pages 339-343.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Yerli, B., Veen Ten, J., Sintubin, M., Karabacak, V., Yalçınmer, C.Ç., Altunel, E., 2010, Assessment of seismically induced damage using LIDAR: The ancient city of Pınara (SW Turkey) as a case study, Geological Society of America Special Papers, V.471, p.157-170.
- Yönlü, Ö., Altunel E., Karabacak, V., 2010, Offset archaeological relics in the western part of the Büyük Menderes graben (western Turkey) and their tectonic implications, Geological Society of America Special Papers, V.471, p.269-279.
- Zabcı, C., 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tez Çalışması, Kuzey Anadolu Fayı'nın Ilgaz (Çankırı- Karlıova (Bingöl) Arasında Kalan Kesiminin Morfokronoloji Tabanlı Son Beşbin Yıllık Kayma Hızı Tarihçesi ve Depremselliği.
- Zabcı,C., Akyüz,H.S., Karabacak, V., Sançar,T., Altunel,E., Gürsoy, H, Tatar O, 2011,"Palaeoearthquakes on the Kelkit Valley segment of the North Anatolian Fault, Turkey: Implications for the surface rupture of the historical 17 August 1668 Anatolian Earhquake", Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 20, No. 4, 07/2011, s. 411-427.

**EK AÇIKLAMALAR****LİDAR ÖLÇÜMLERİ VE ÖLÇÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ek Açıklama – A: Mayıs 2013- Mart 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – B: Temmuz 2014-Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama –C: Eylül 2014-Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – D: Aralık 2014- Eylül 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – E: Aralık 2014- Temmuz 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – F: Aralık 2014-Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – G: Mayıs 2015-Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – H: Mayıs 2015- Haziran 2007 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama – I: Eylül 2015- Mayıs 2015 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Ek Açıklama –İ:Eylül 2015-Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

## Ek Açıklama – A: Mayıs 2013- Mart 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

### *Gerede Stadyum Duvarı*

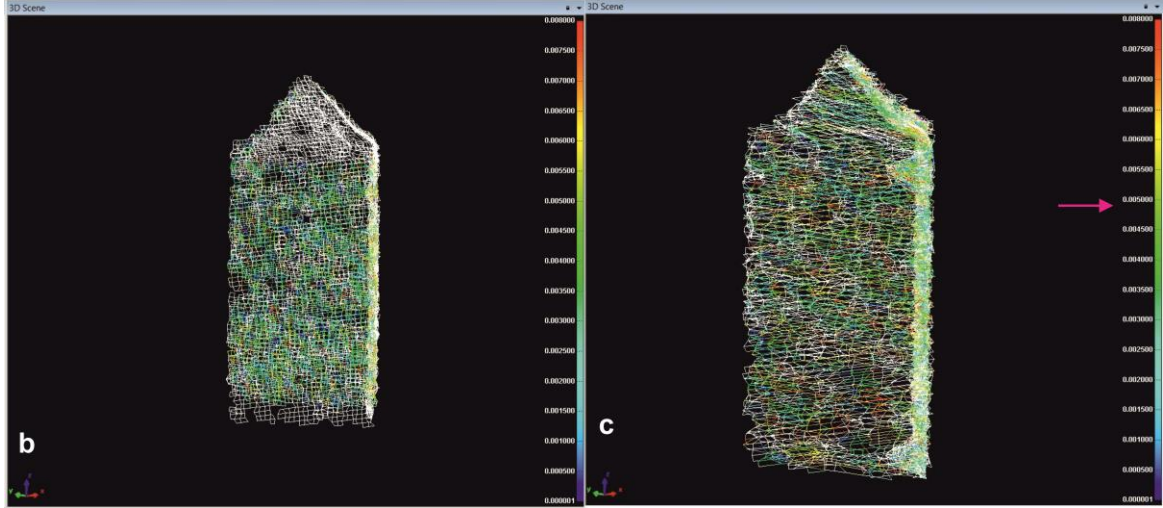
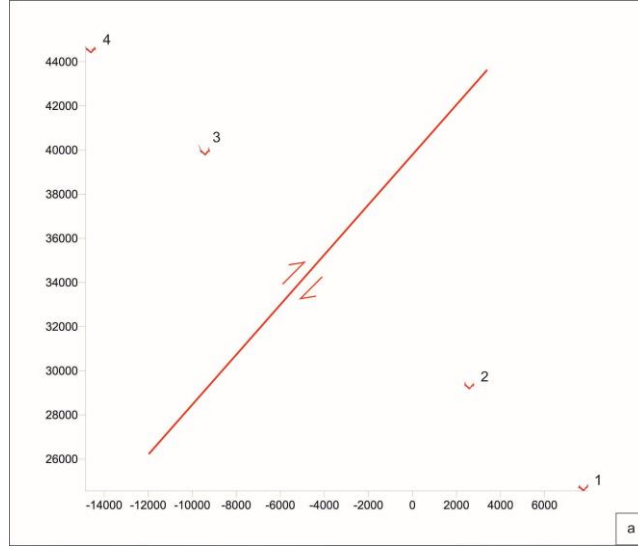
2014 yılının Mart ayında yapılan arazi çalışmalarında Gerede ilçesi stadyum duvarı tamamen kar ile kaplı olduğundan; Ahallar, Çaylı ve Fatih istasyonlarının bulunduğu vadinin yolu ise kış koşulları sebebi ile kapalı olduğundan bu istasyonlardan ölçüm alınamamıştır (Şekil A.1). Ancak diğer 7 istasyonda LİDAR taramaları yapılmıştır. Böylece Mayıs 2013 ile Mart 2014 tarihlerinde yapılan ölçümler karşılaştırılmış ve Afşartarakçı, İsmetpaşa ve Hamamlı istasyonlarında yer değiştirmeler tespit edilmiştir. Ek açıklama A'da bu ölçümler ve yapılan karşılaştırmaların sonuçları batıdan doğuya doğru verilmektedir.



**Şekil A.1.** Mart 2014'de Gerede stadyum duvarının görünümü.

### Afşartarakçı İstasyonu

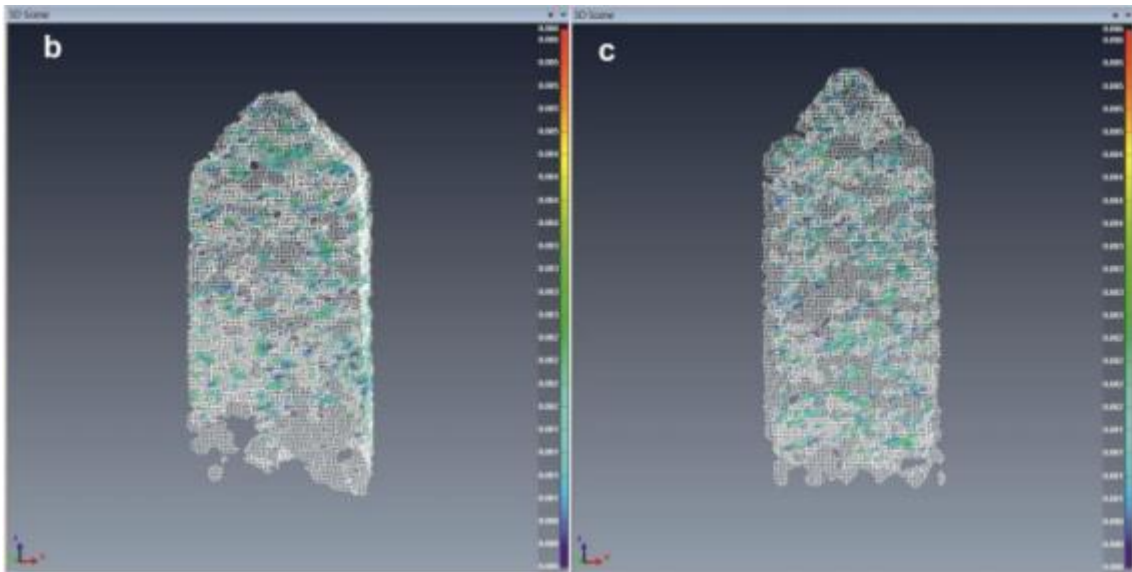
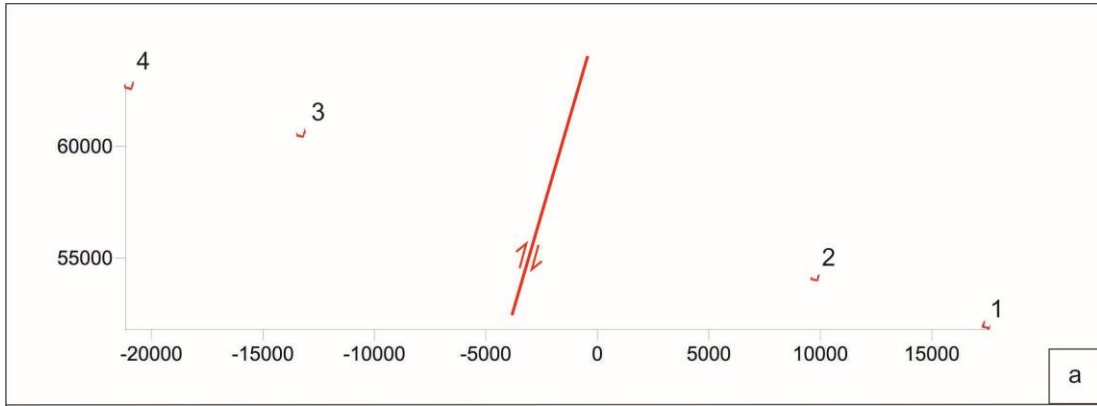
Afşartarakçı istasyonunda Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 5 mm yer değıştirme hesaplanmıştır (Şekil A.2).



**Şekil A.2.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Elde edilen yer değıştirme miktarı yeşil oklar ile gösterilen kısımdan elde edilmiştir **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** ii-1 numaralı direğin yakından görünümü.

### Kapaklı İstasyonu

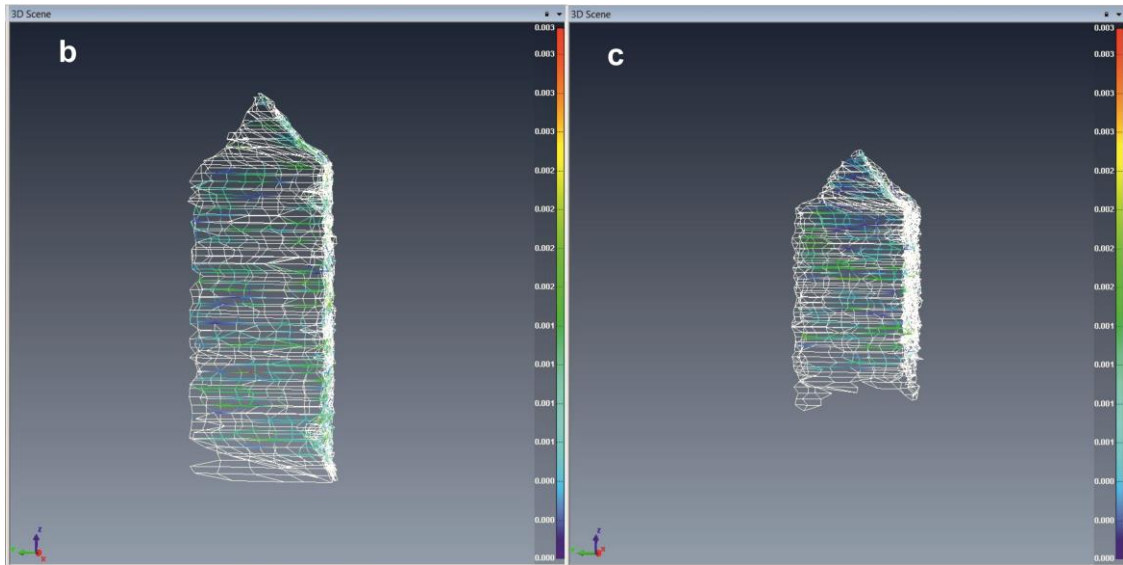
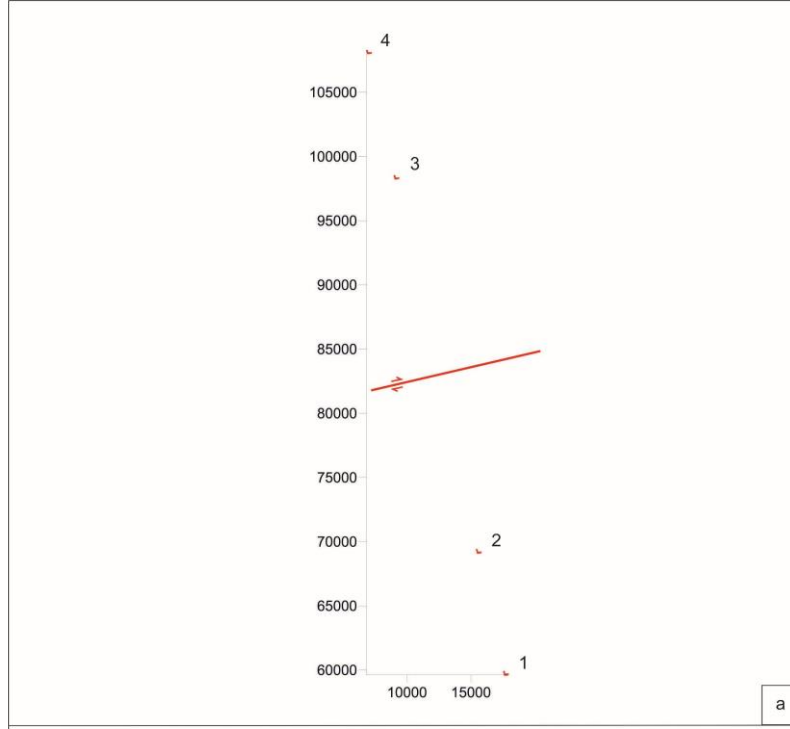
Kapaklı istasyonunda Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda herhangi bir yer değiştirme görülmemiştir (Şekil A.3).



**Şekil A.3. a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü.

### Semerciler İstasyonu

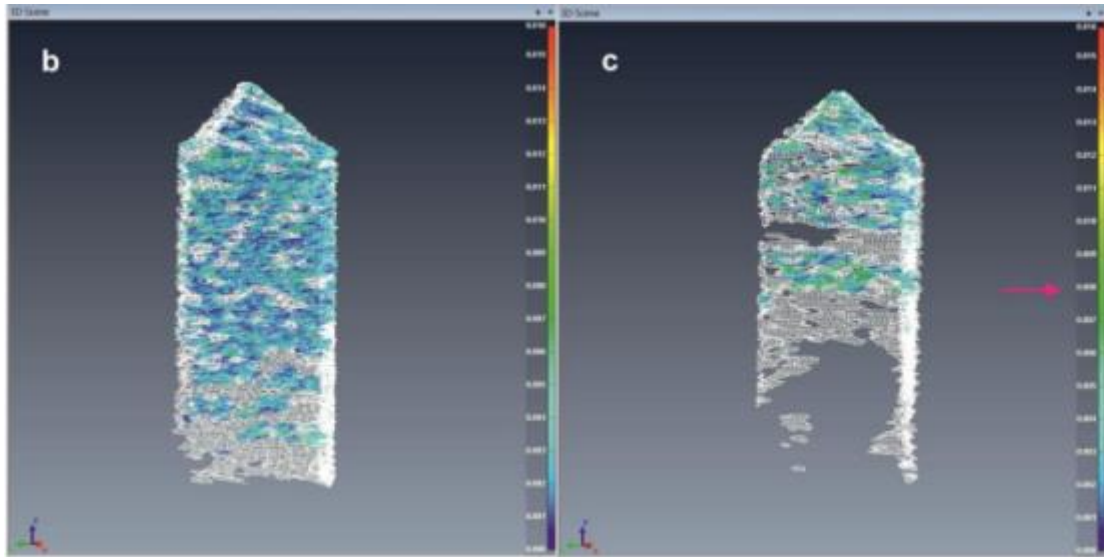
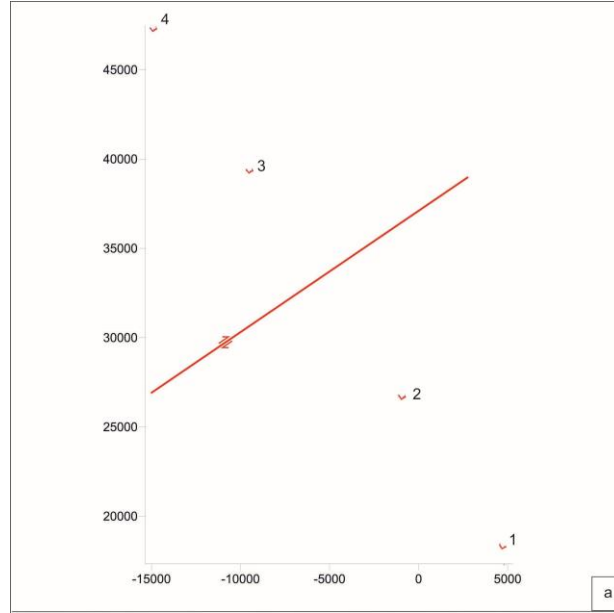
Semerciler istasyonunda Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda herhangi bir yer değiştirme görülmemiştir (şekil A.4).



**şekil A.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü.

### İsmetpaşa İstasyonu

İsmetpaşa beton direk istasyonunda Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 8.00 mm yer değıştirme hesaplanmıştır (Şekil A.5).

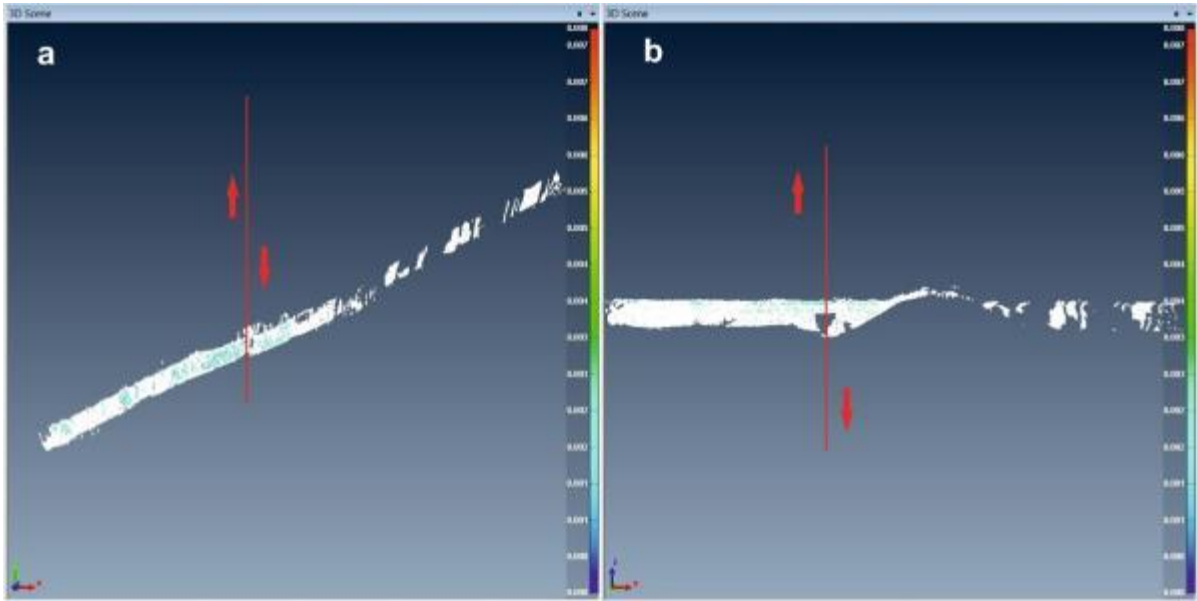


**Şekil A.5.a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Yer değıştirme miktarı yeşil oklar ile gösterilen kısımdan elde edilmiştir. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü.



*İsmetpaşa İstasyonu Asfalt İstasyonu Duvarı*

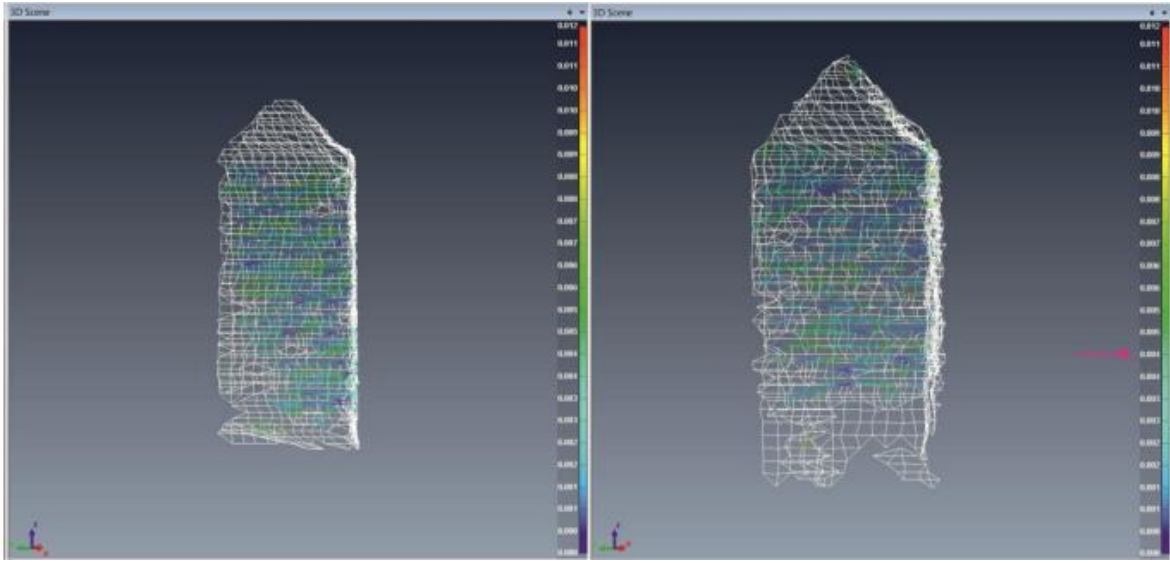
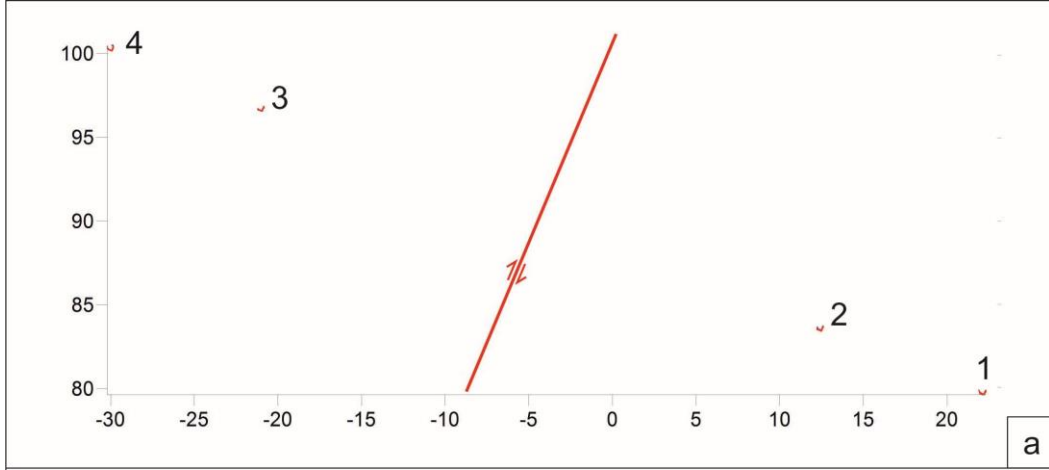
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında herhangi bir yer değiştirme görülmemiştir (Şekil A.6).



**Şekil A.6.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2013- Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **a.** Duvarın kuş bakışı görünümü **b.** Duvarın yandan görünümü.

### Hamamlı İstasyonu

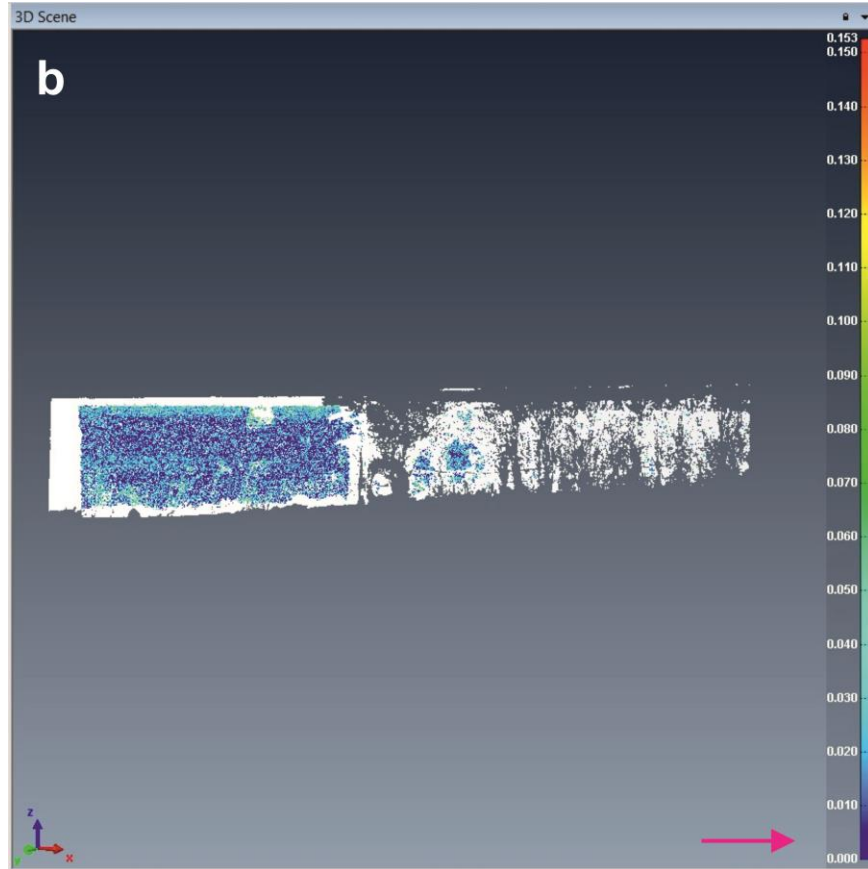
Hamamlı istasyonunda Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 4 mm yer değıştirme hesaplanmıştır (Şekil A.7).



**Şekil A.7.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Yer değıştirme miktarı yeşil oklar ile gösterilen kısımdan elde edilmiştir. **b.** 3 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü.

### *Hamamlı İstasyonu Ahır Duvarı*

Hamamlı' daki ahır duvarında yapılan Mayıs 2013 - Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında herhangi bir yer değıştirme görülmemiştir (Şekil A.8).



**Şekil A.8.** Hamamlı' daki ahır duvarında yapılan Mayıs 2013- Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.

### *Ahallar , Çaylı ve Fatih İstasyonları*

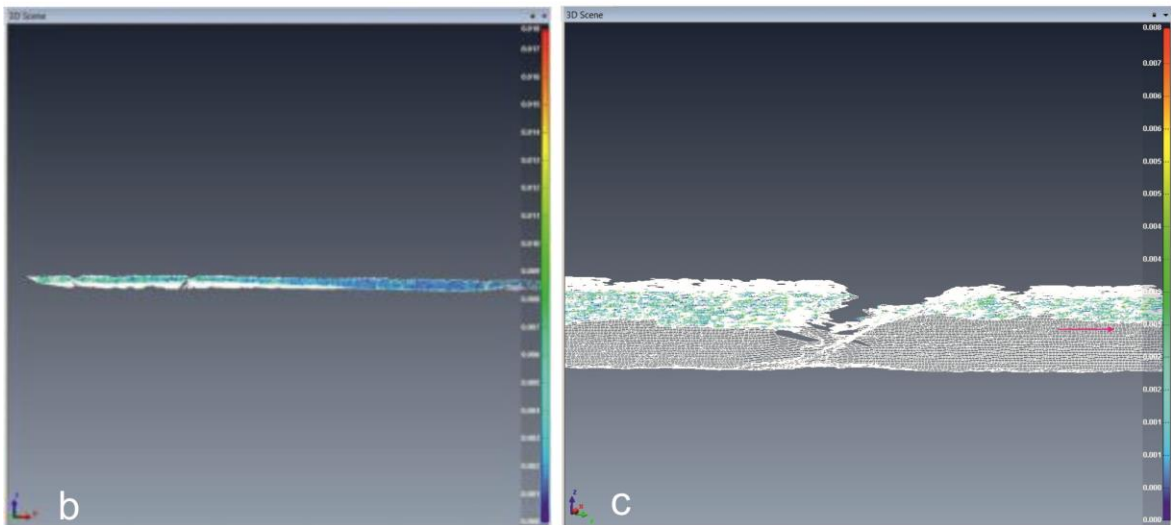
2014 yılı mart ayında yapılan arazi çalışmalarında Ahallar, Çaylı ve Fatih istasyonlarına çetin kış koşulları sebebiyle ulaşılammıştır

### Ek Açıklama –B: Temmuz 2014- Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

2014 yılı Temmuz ayında yapılan ölçümler, 2013 yılı Mayıs ayında yapılan ölçümler ile üst üste giydirildiğinde her istasyonda farklı farklı yer değiştirme miktarları tespit edilmiştir.

#### *Gerede Stadyum Duvarı*

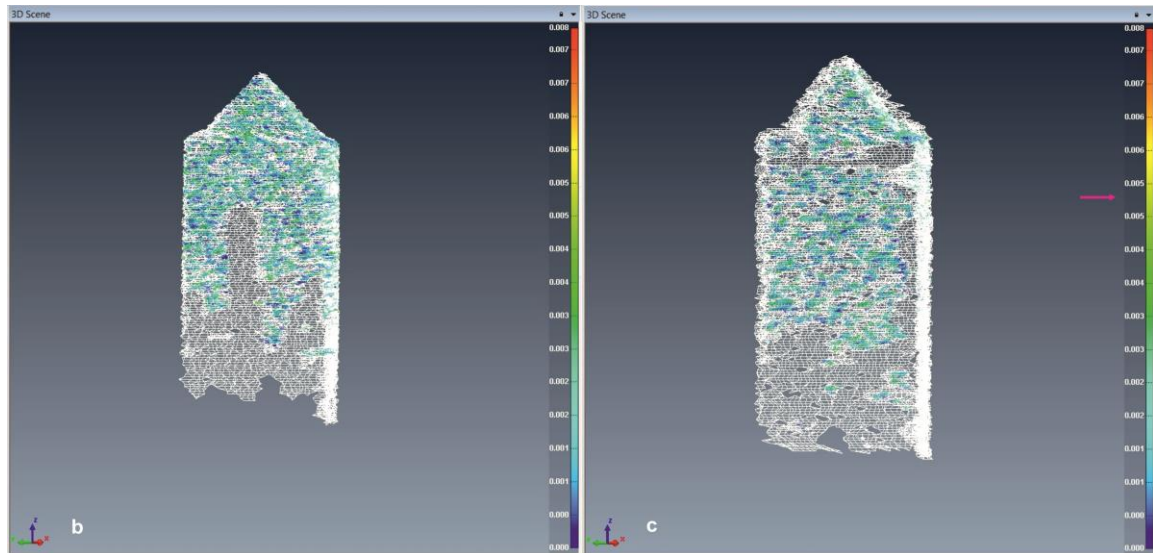
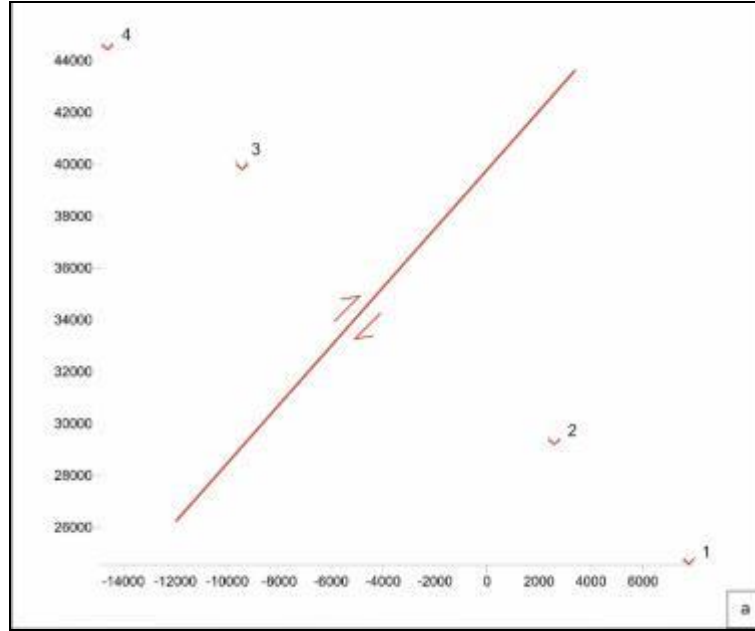
Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarı üzerinde Mayıs 2013 ve Temmuz 2014 tarihlerinde alınan ölçümler karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 14 aylık süre içinde toplam 3 mm'lik bir yer değiştirme olduğu gözlenmiştir (Şekil B.1).



**Şekil B.1.a.** Gerede Stadyum duvarı b. Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **b ve c.** Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten ve yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

*Afşartarakçı İstasyonu*

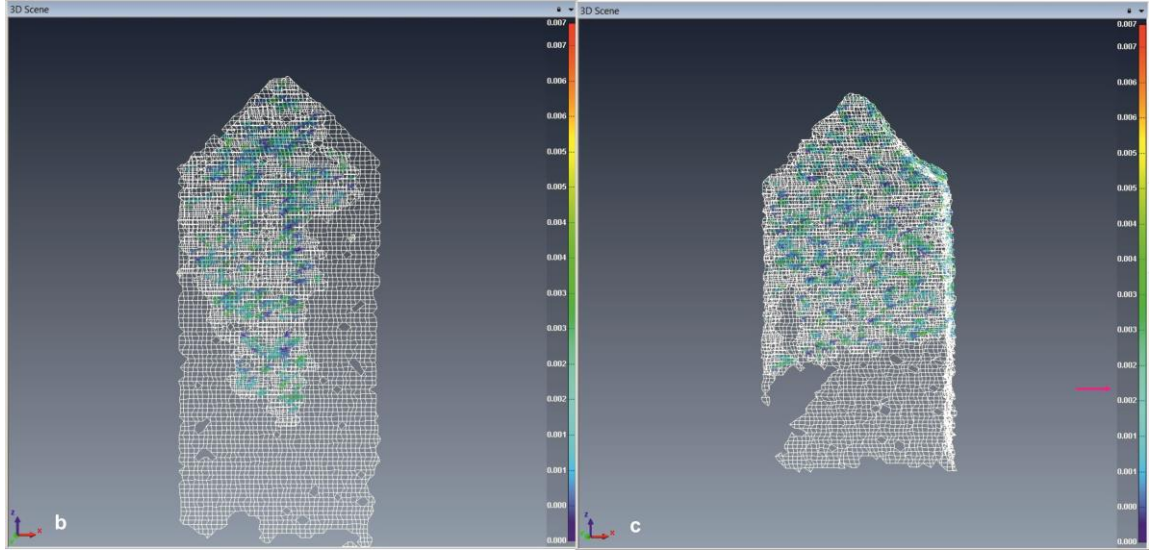
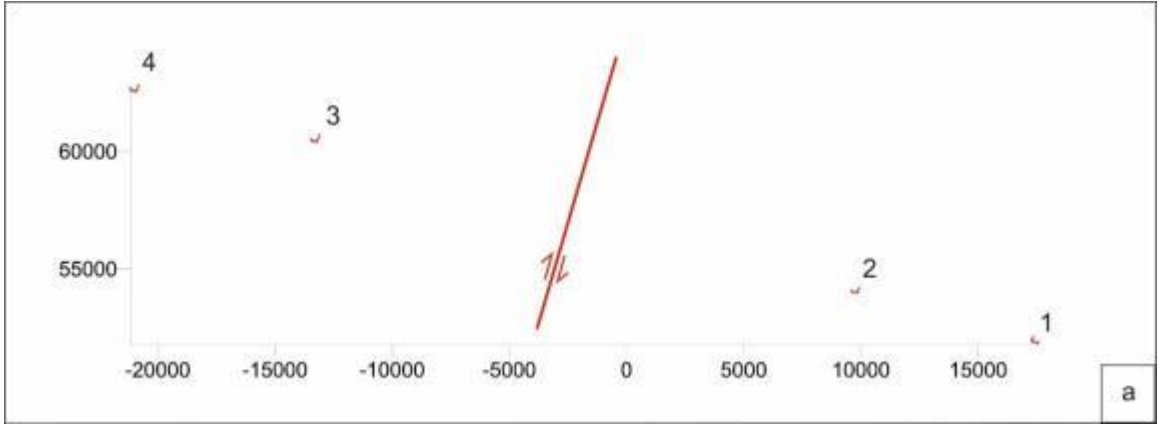
Afşartarakçı istasyonunda Mayıs 2013 – Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 14 aylık süre içerisinde 5 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil B.2).



**Şekil B.2. a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Kapaklı İstasyonu

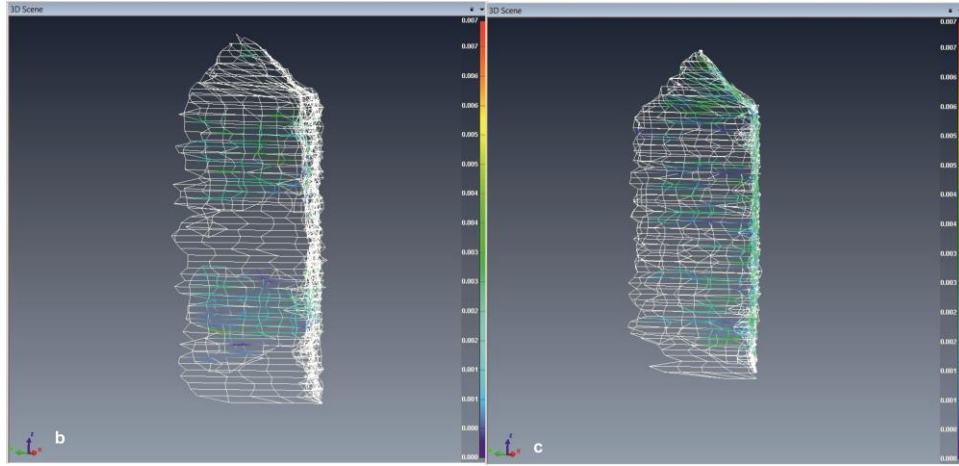
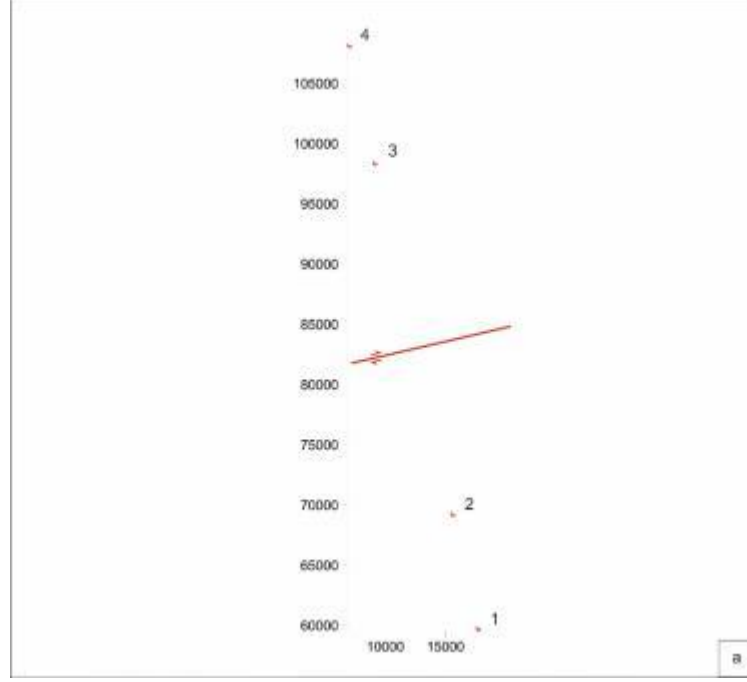
Kapaklı istasyonunda Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 2 mm lik bir yer değıştirme gözlenmektedir (Şekil B.3).



**Şekil B.3.** a. Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. b. 1 numaralı direğin yakından görünümü, c. 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

### Semerciler İstasyonu

Semerciler istasyonunda Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümleri (Şekil B.4 a,b ve c) karşılaştırıldığında bu lokasyonda herhangi bir yer değıştirme gözlenmemiştir.

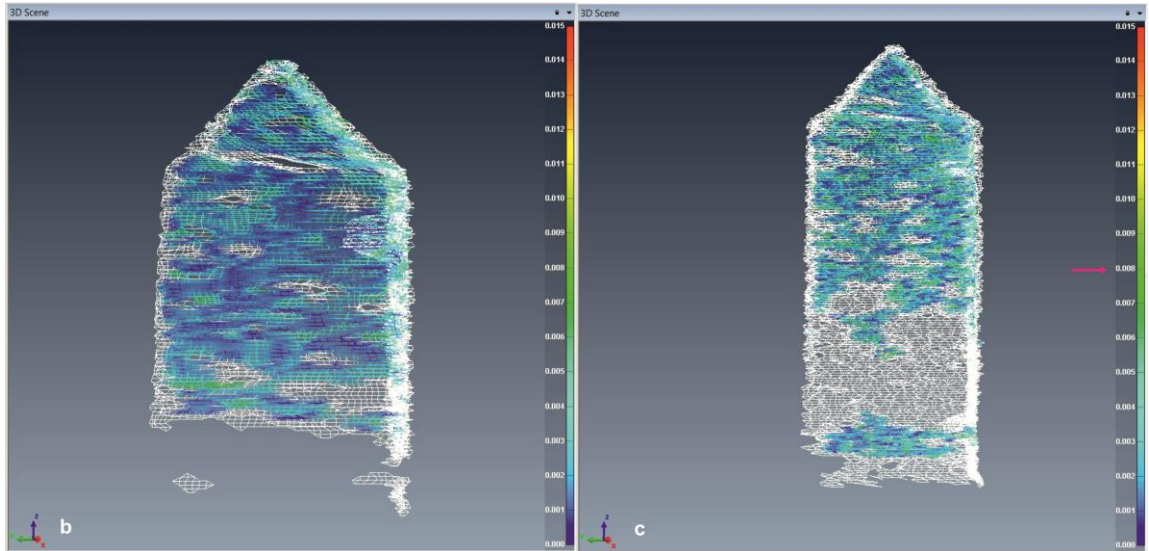
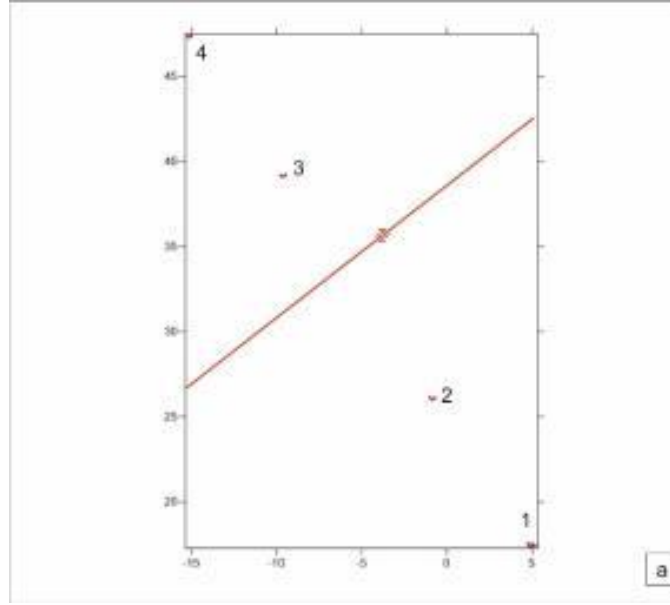


**Şekil B.4.** a. Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. b. 2 numaralı direğin yakından görünümü, c. 3 numaralı direğin yakından görünümü.



### İsmetpaşa İstasyonu

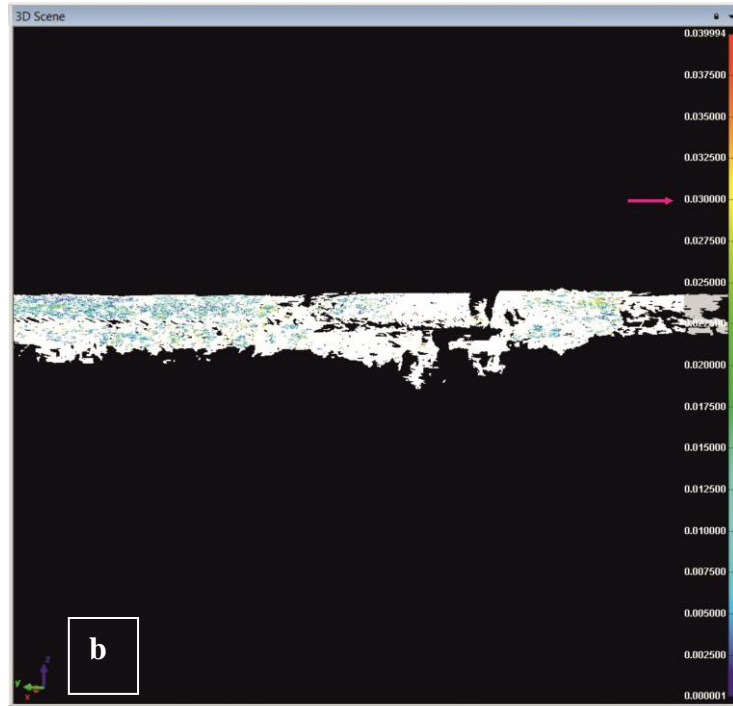
İsmetpaşa beton direk istasyonunda Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümleri (Şekil B.5 a,b ve c) karşılaştırıldığında bu lokasyonda 14 aylık periyotta 8 mm'lik yer değıştirme gözlenmiştir.



**Şekil B.5. a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.  
*İsmetpaşa İstasyonu Asfalt Şantiyesi Duvarı*



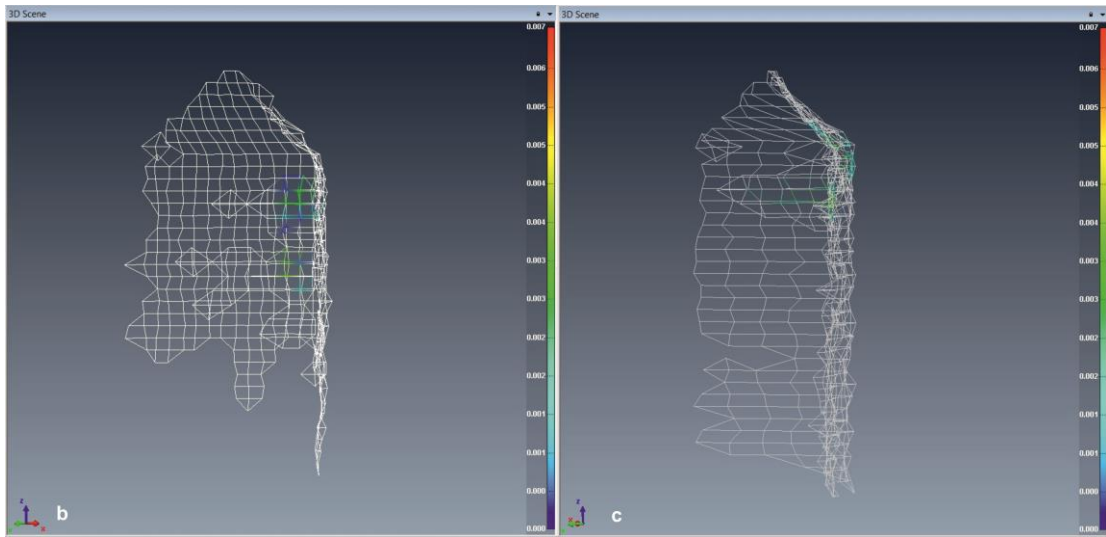
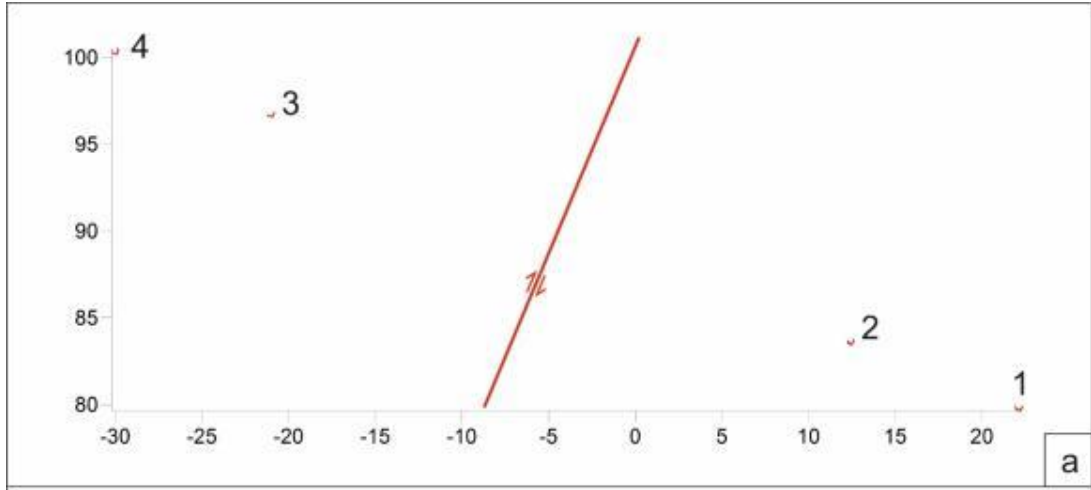
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 14 aylık süre içerisinde 3 mm'lik bir yer değiştirme görülmüştür (Şekil B.6 a ve b).



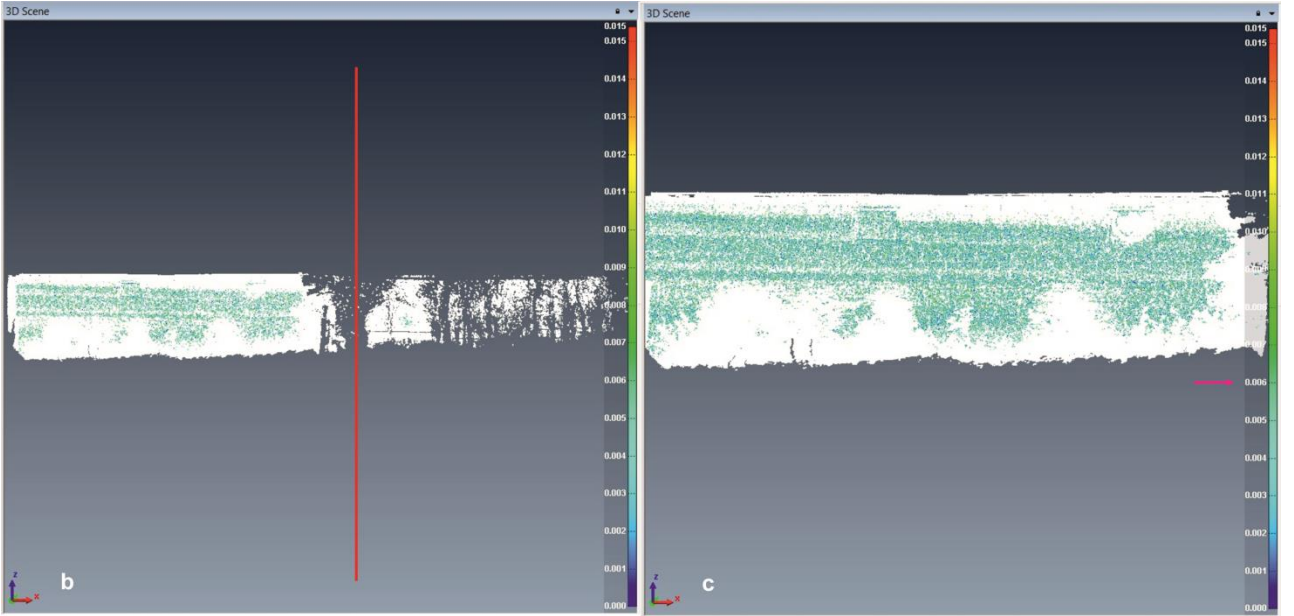
**Şekil B.6 a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, **b.** bu duvarda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. Pembe ok duvarda meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Hamamlı İstasyonu

Hamamlı istasyonunda Temmuz 2014’de yapılan ölçümler tarlalardaki ekinlerin sıklığı ve boylarının uzun olması sebebiyle oldukça seyreklerdir (Şekil B.7 a, b ve c). Bu seyrek veriler de 2013 yılı Mayıs ayında yapılan ölçümler ile karşılaştırılmıştır ancak karşılaştırmalar sonucu sağlıklı veriler elde edilememiştir. Hamamlı’nın doğusunda yeni kurulmuş olan bu istasyonun yanı sıra Hamamlı Köyü içerisinde bulunan bir duvarda da krip ölçümleri yapılmaktadır. Mayıs 2013 ölçümleri ile Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 6 mm yer değiştirme tespit edilmiştir (Şekil B.8. a ve b).



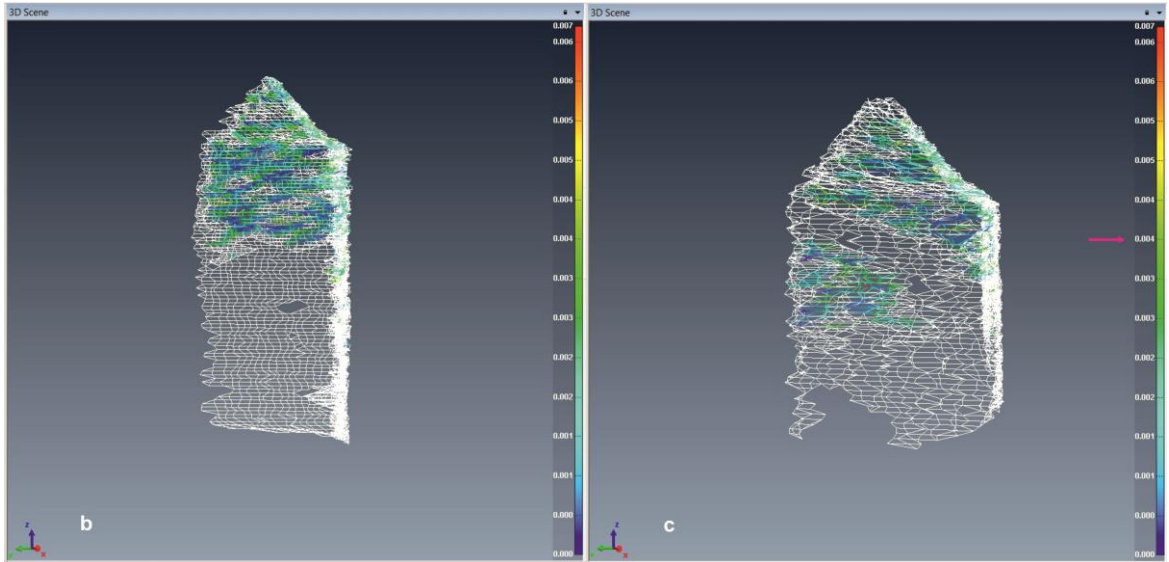
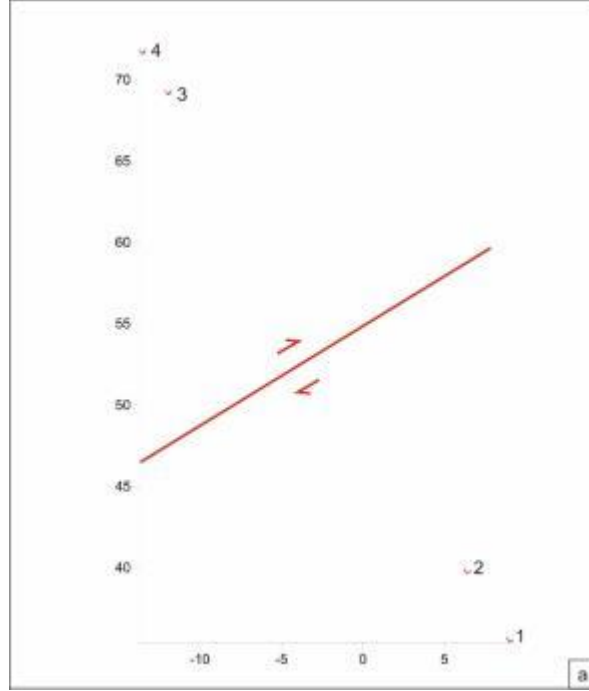
**Şekil B.7 a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.



**Şekil B.8 a.** Hamamlı Köyü içerisinde ölçüm yapılan duvar. **b.** Ölçülen duvarın Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 tarihindeki ölçümlerinin üst üste giydirilmesi ile elde edilen görüntü. **c.** Duvarın yakından görünümü. Pembe ok duvarda görülen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Ahallar İstasyonu

Ahallar istasyonunda Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 14 aylık periyotta 4 mm lik yer değıştirme tespit edilmiştir (Şekil B.9 a,b ve c).



**Şekil B.9.a.** Ahallar istasyonunda yapılan Mayıs 2013 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.





### *Fatih İstasyonu*

2014 yılı Temmuz ayı arazi çalışmaları sırasında Fatih İstasyonundaki direkler tamamen buldukları tarlada ekinlerin içerisinde kaldıklarından 4 direğinde LİDAR tarafından aynı anda görülmesi mümkün olmamıştır. Dolayısı ile bu dönemde Fatih istasyonundan ölçüm alınamamıştır (Şekil B.11).



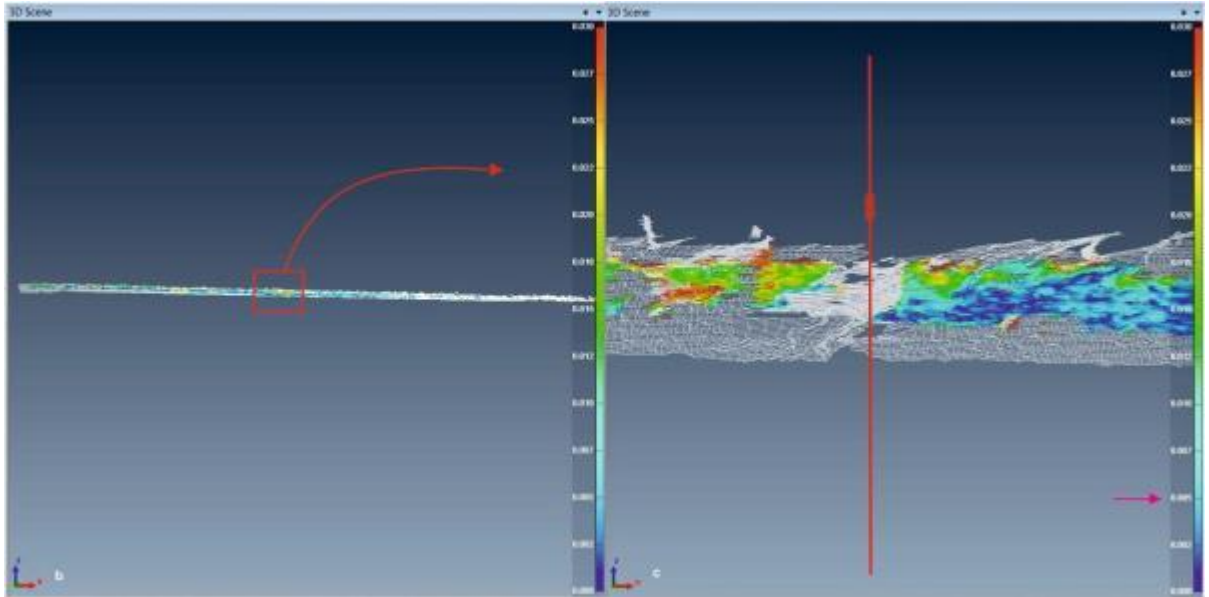
**Şekil B.11.** Temmuz 2014’de ekinler ile örtülmüş olan Fatih ölçüm istasyonu.

### Ek Açıklama –C: Eylül 2014- Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

2014 yılı Eylül ayında yapılan ölçümler ile 2013 yılı Mayıs ayında yapılan ölçümler üst üste konularak her bir istasyon için Ek açıklama C’de her ölçüm istasyonu için ayrı ayrı verilen yer değiştirme miktarları tespit edilmiştir.

#### *Gerede Stadyum Duvarı*

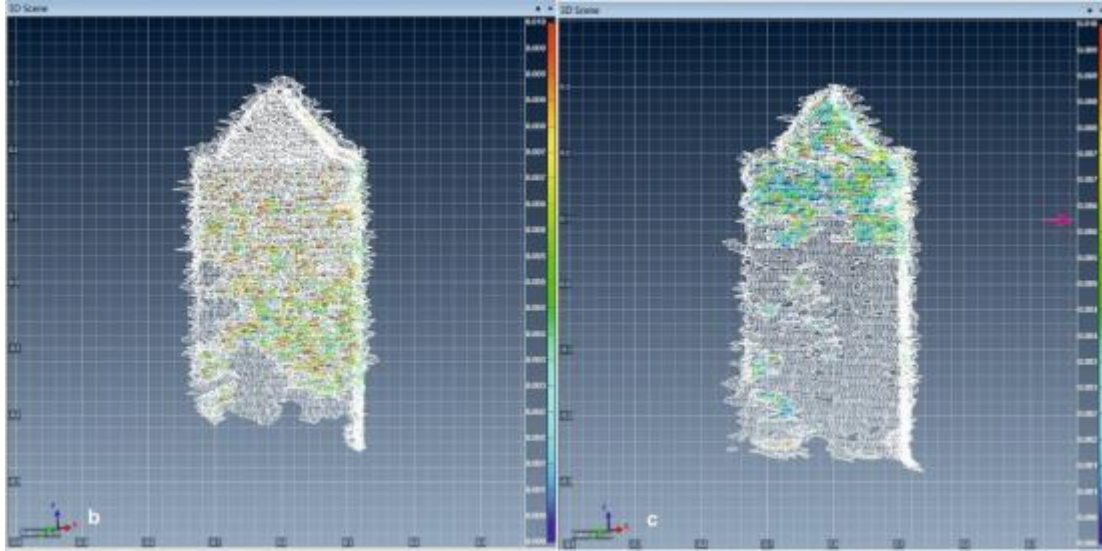
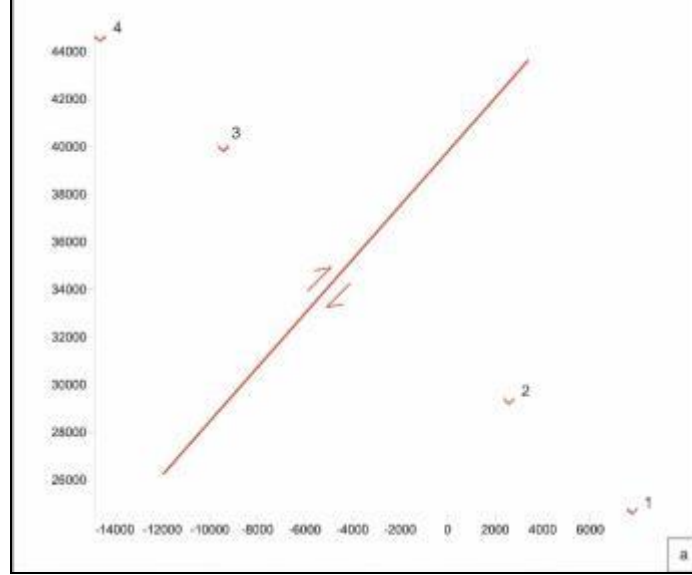
Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarı üzerinde Mayıs 2013 ve Eylül 2014 tarihlerinde alınan ölçümler karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 17 aylık süre içinde toplam 5 mm’lik bir yer değiştirme olduğu gözlenmiştir (Şekil C.1 a,b ve c).



**Şekil C.1 a.** Gerede Stadyum duvarı genel görünümü, **b.** Mayıs 2013 ve Eylül 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **c.** Duvarda görülen yer değiştirme miktarının yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Afşartarakçı İstasyonu

Afşartarakçı istasyonunda Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 17 aylık süre içerisinde 6 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil C.2.a,b ve c).

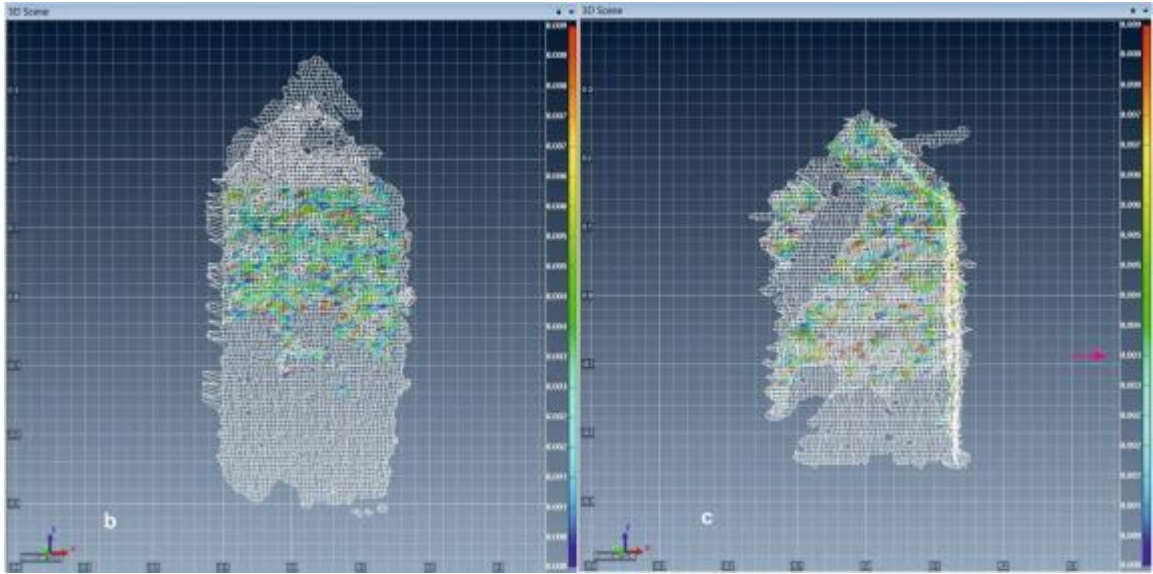
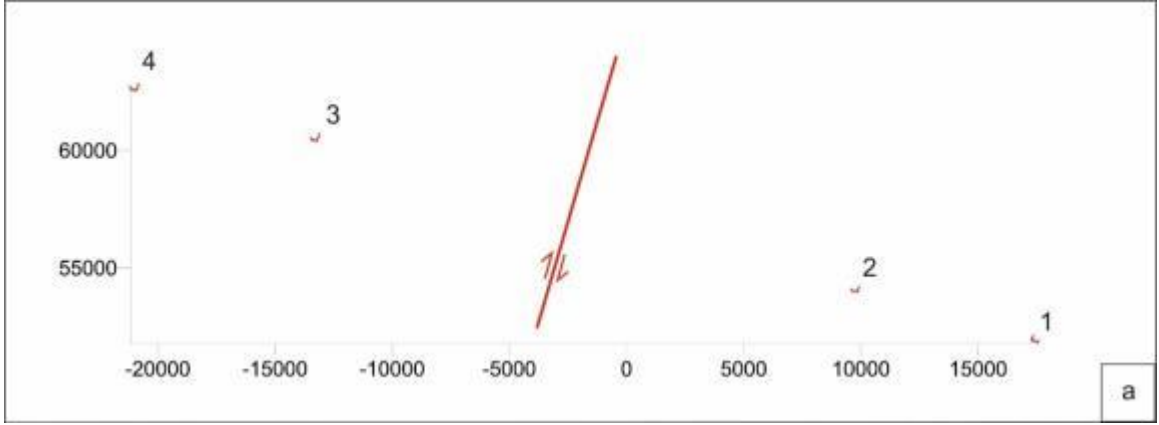


**Şekil C.2.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.



### Kapaklı İstasyonu

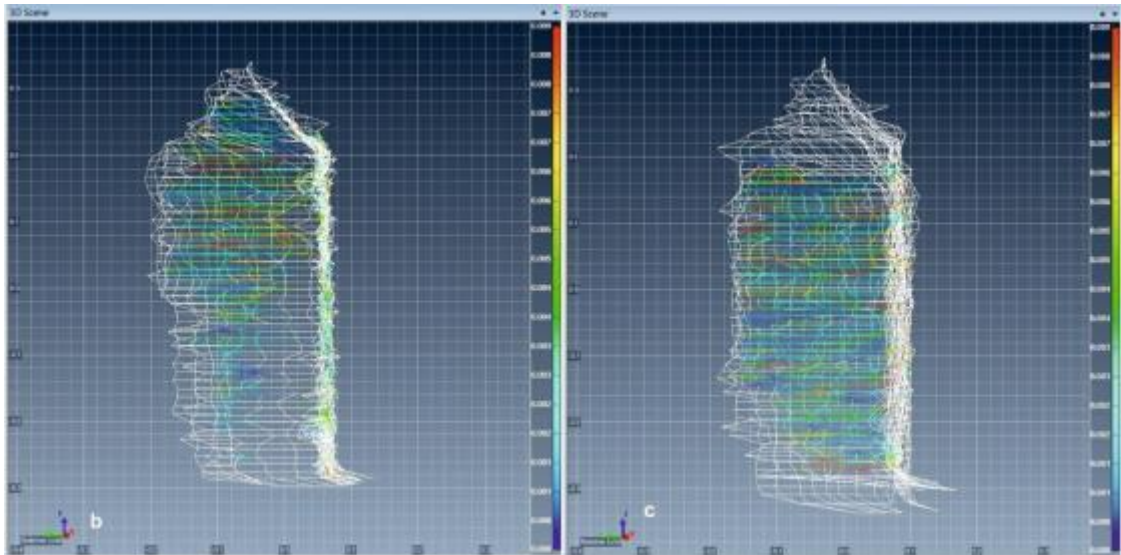
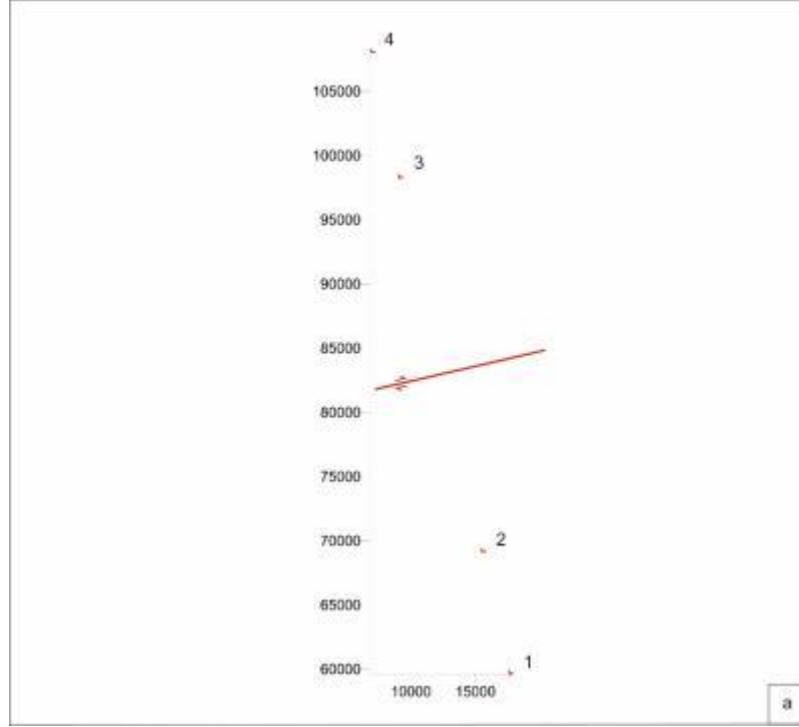
Kapaklı istasyonunda Mayıs 2013 - Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 3 mm lik bir yer değiştirmenin gözlenmektedir (Şekil C.3 a,b ve c).



**Şekil C.3.a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 3 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Semerciler İstasyonu

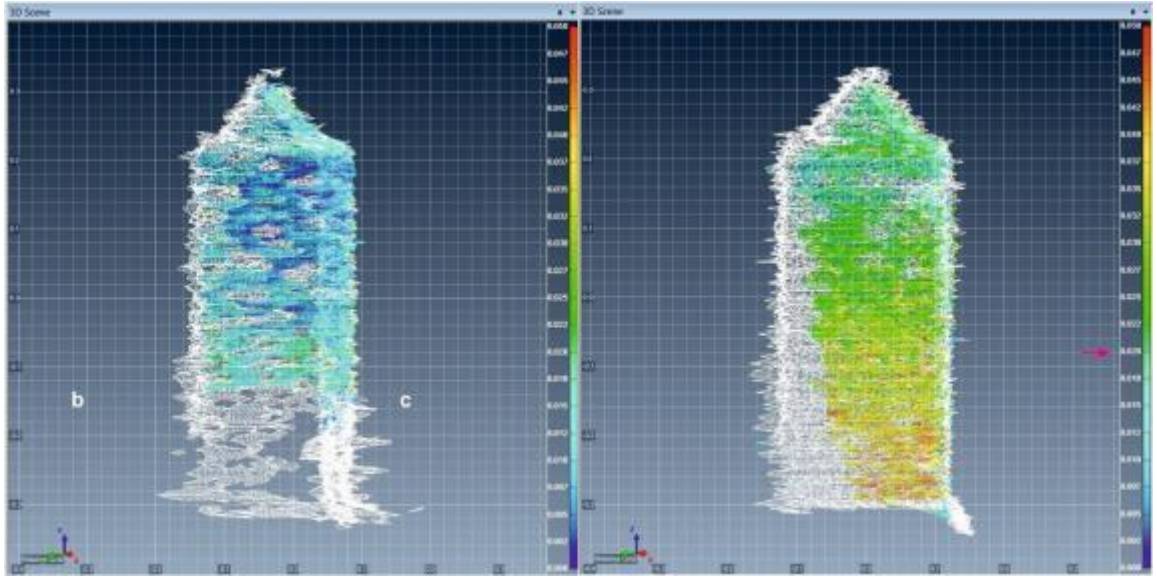
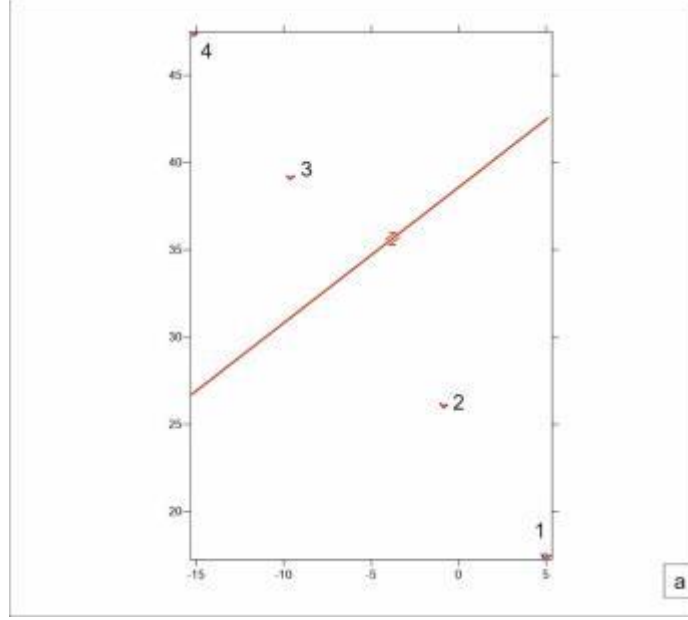
Semerciler istasyonunda Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümleri (Şekil C.4 a,b ve c) karşılaştırıldığında bölgede 2 mm'lik bir yerdeğiştirmenin olduğu görülmektedir.



**Şekil C.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü

### İsmetpaşa İstasyonu

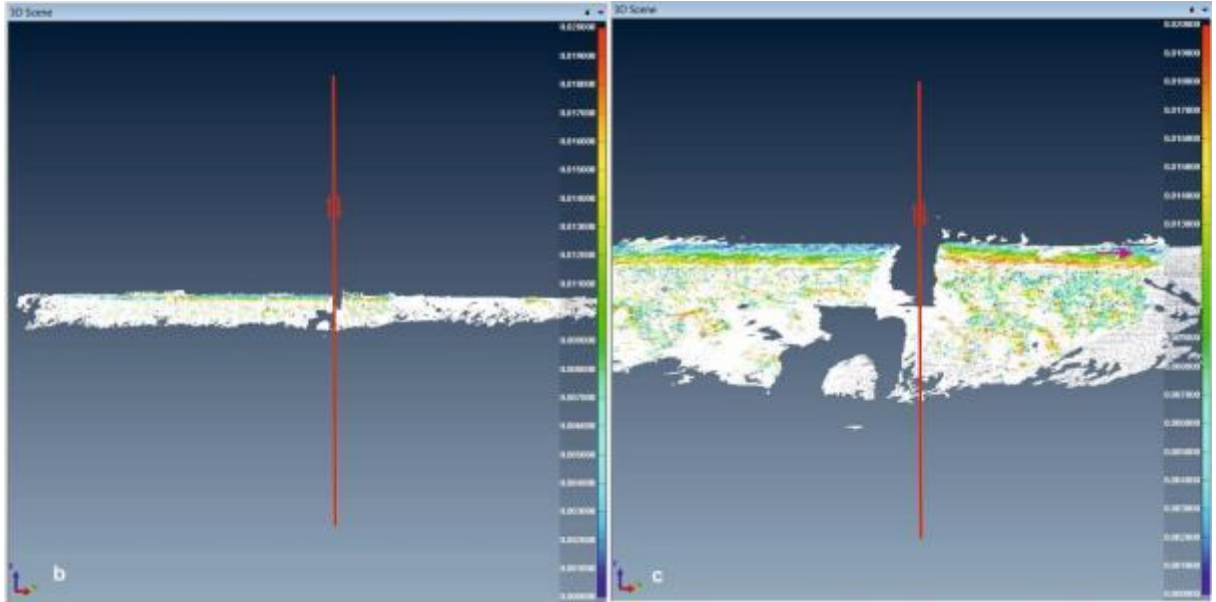
İsmetpaşa beton direk istasyonunda Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında yaklaşık 12 mm yer değıştirme hesaplanmıştır (Şekil C.5 a,b ve c).



**Şekil C.5. a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması  
**b.** 3 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

### İsmetpaşa İstasyonu Asfalt Şantiyesi Duvarı

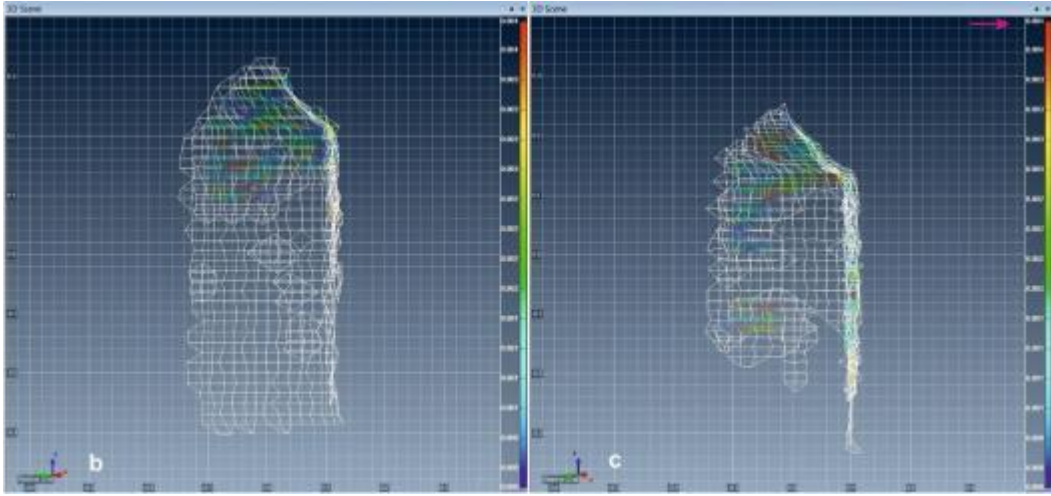
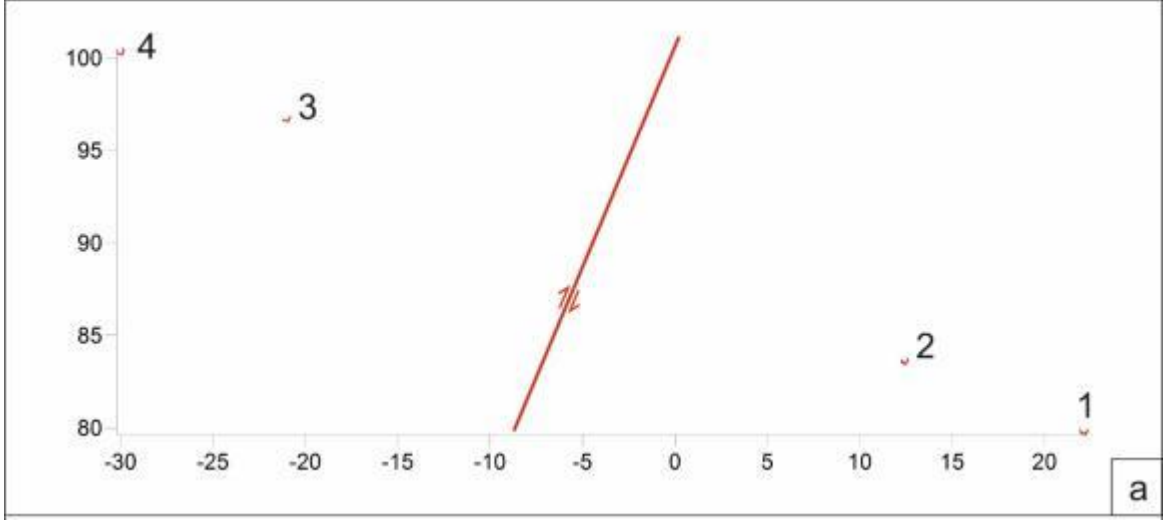
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2013 - Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 17 aylık süre içerisinde 12 mm'lik bir yer değiştirme görülmüştür (Şekil C.6 a, b ve c).



**Şekil C.6 a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, bu duvarda yapılan Mayıs 2013-Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması, **b.** duvarın tamamı, **c.** duvarda kırığın olduğu bölgenin yakından görünümü. Kırmızı çizgi fayı, pembe ok ise duvar üzerinde görülen yer değiştirme miktarını işaret etmektedir.

### Hamamlı İstasyonu

Hamamlı istasyonunda Mayıs 2013 - Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 17 aylık sürede 5 mm yer değıştirme hesaplanmıştır (Şekil C.7. a,b ve c).



**Şekil C.7.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3s numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

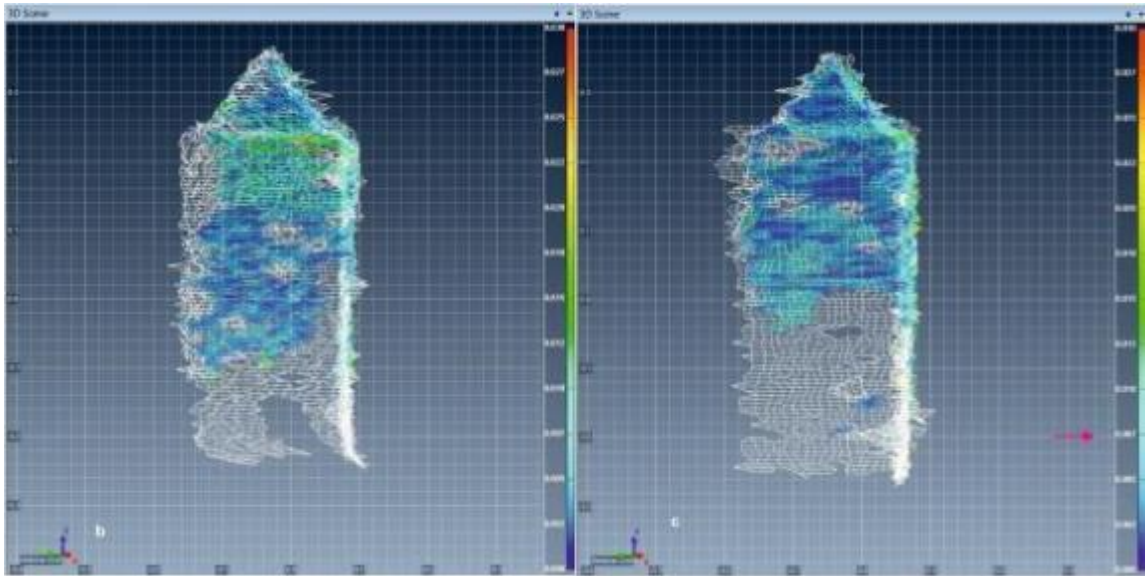
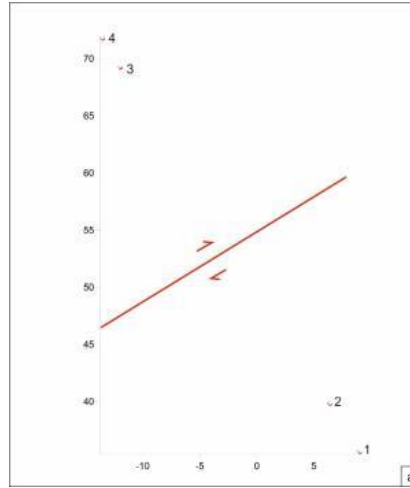


### *Hamamlı Duvar*

Eylül 2014 ölçüm döneminde Hamamlı istasyonunda bulunan ahır duvarı önüne duvarı kapatacak şekilde saman balyaları konulduğundan bu istasyondan ölçüm alınamamış bu nedenle karşılaştırma işlemi gerçekleştirilememiştir.

### *Ahallar İstasyonu*

Ahallar istasyonunda Mayıs 2013 –Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 mm lik bir yer değiştirme tespit edilmiştir.(Şekil C.8 a,b ve c).

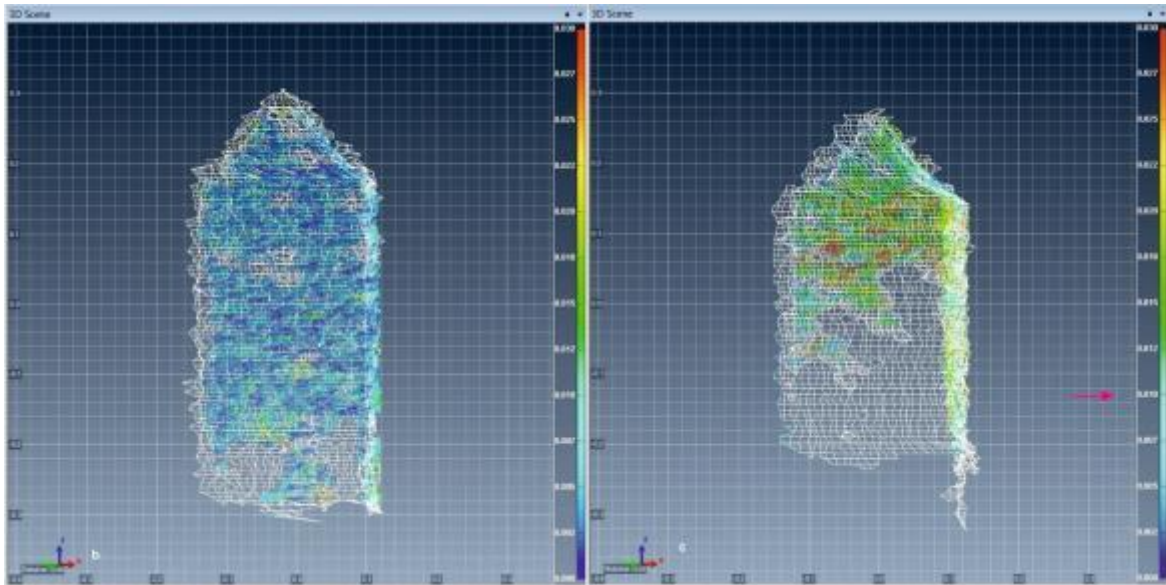
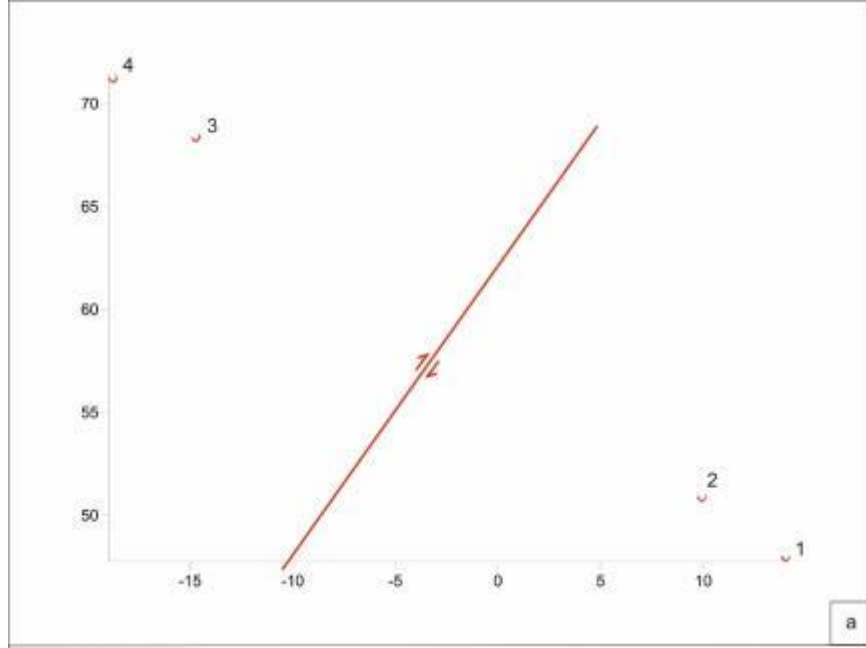


**Şekil C.8. a.** Ahallar istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.



### Fatih İstasyonu

Fatih istasyonunda Mayıs 2013 –Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 3 mm'lik bir yer değiştirme görölmektedir. (şekil C.10. a,b ve c).



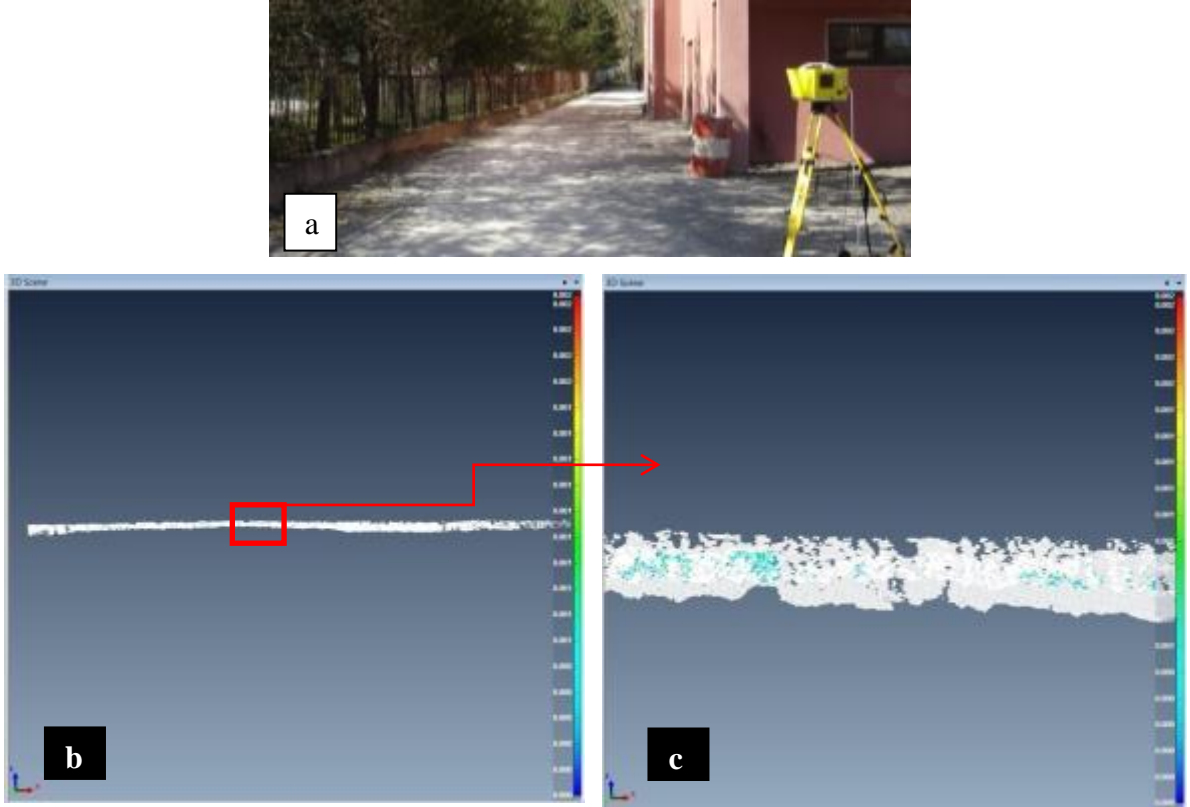
**şekil C.10. a.** Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.  
**b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

**Ek Açıklama –D: Aralık 2014-Eylül 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması**



### *Gerede Stadyum Duvarı*

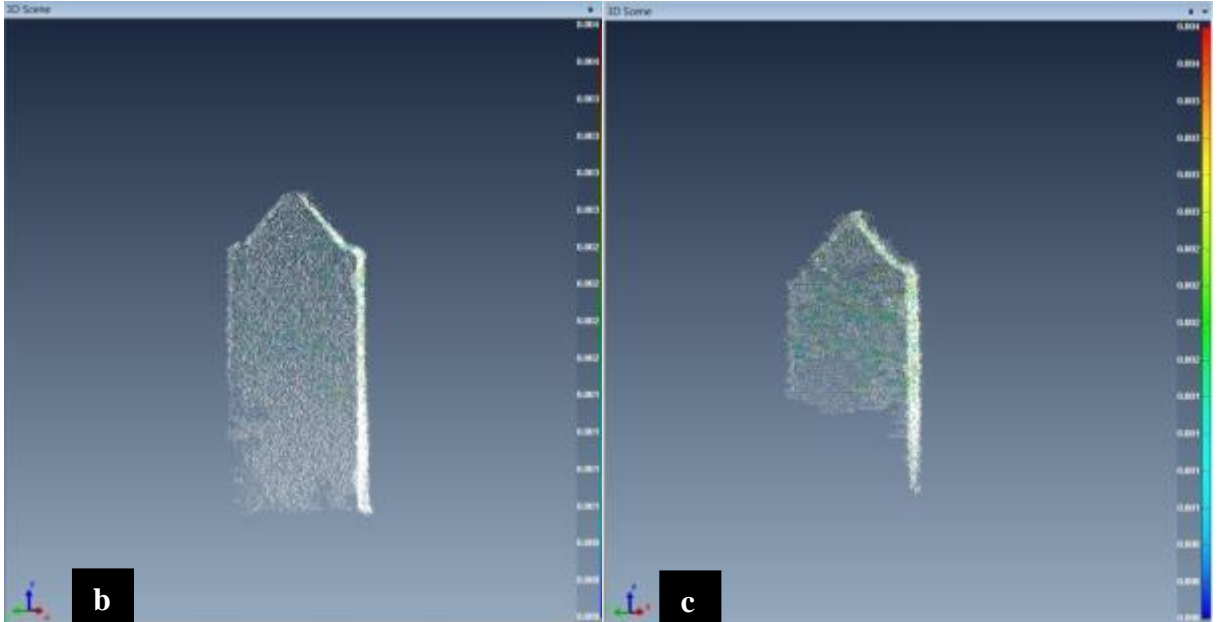
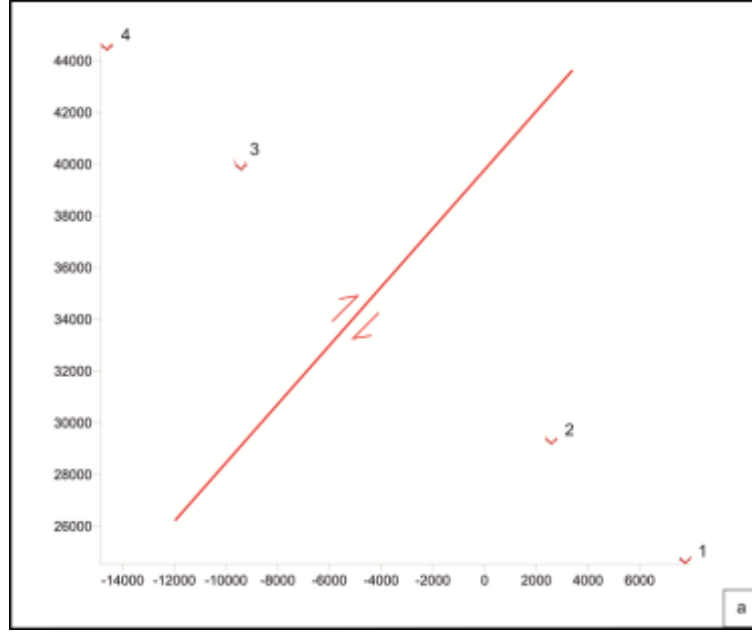
Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarı üzerinde Aralık 2014- Eylül 2014 tarihlerinde alınan ölçümler karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 3 aylık süre içinde herhangi bir yer değişikliği olmadığı gözlenmiştir (Şekil D.1 a,b ve c).



**Şekil D.1.a.** Gerede Stadyum duvarı genel görünümü, **b.** Aralık 2014- Eylül 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **c.** Duvarın yakından görünümü.

### Afşartarakçı İstasyonu

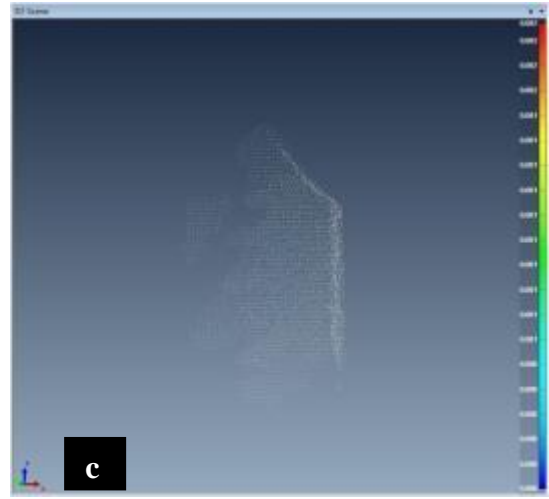
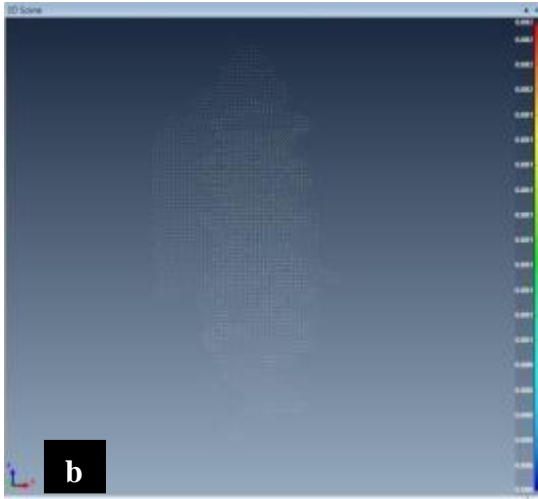
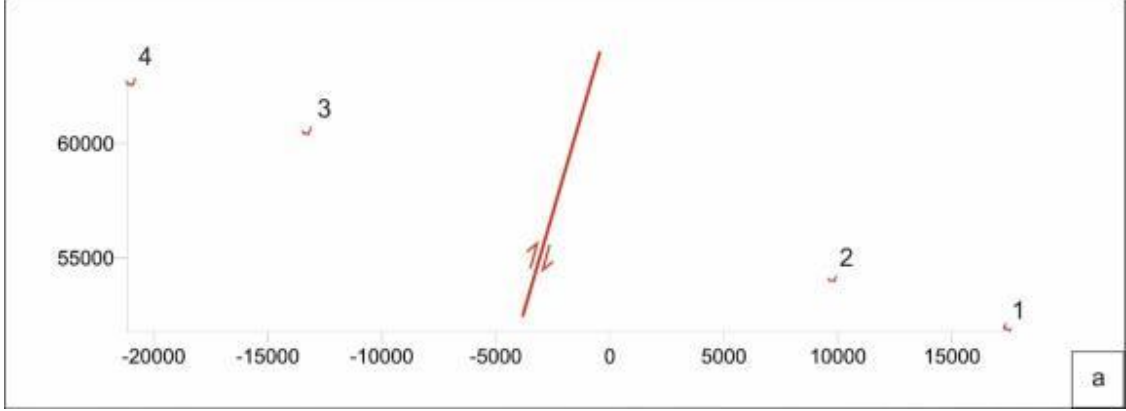
Afşartarakçı istasyonunda Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 3 aylık süre içerisinde yer değiştirme görülmemiştir (Şekil D.2 a,b ve c).



**Şekil D.2.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü.

### Kapaklı İstasyonu

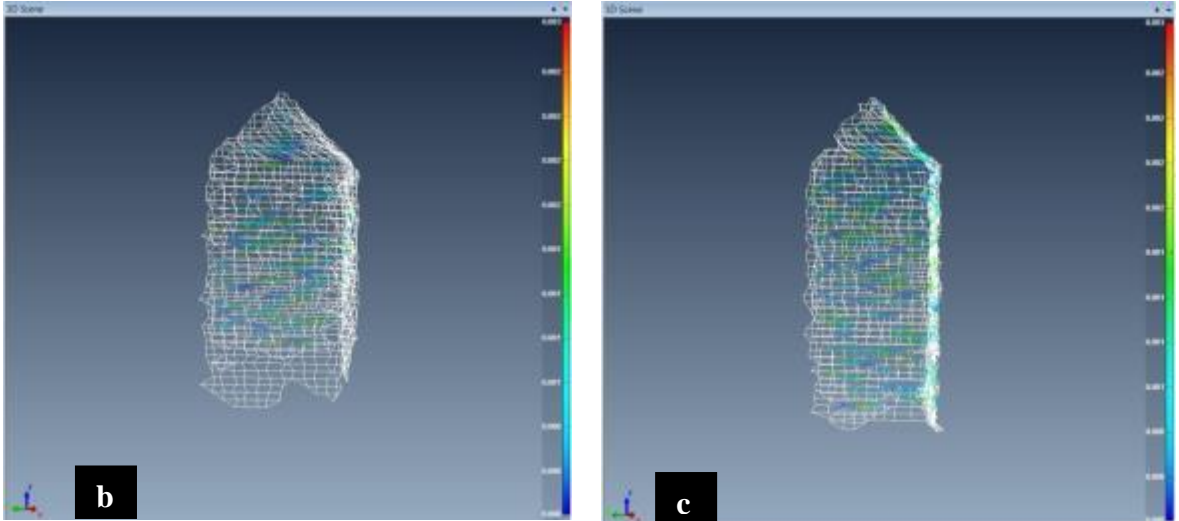
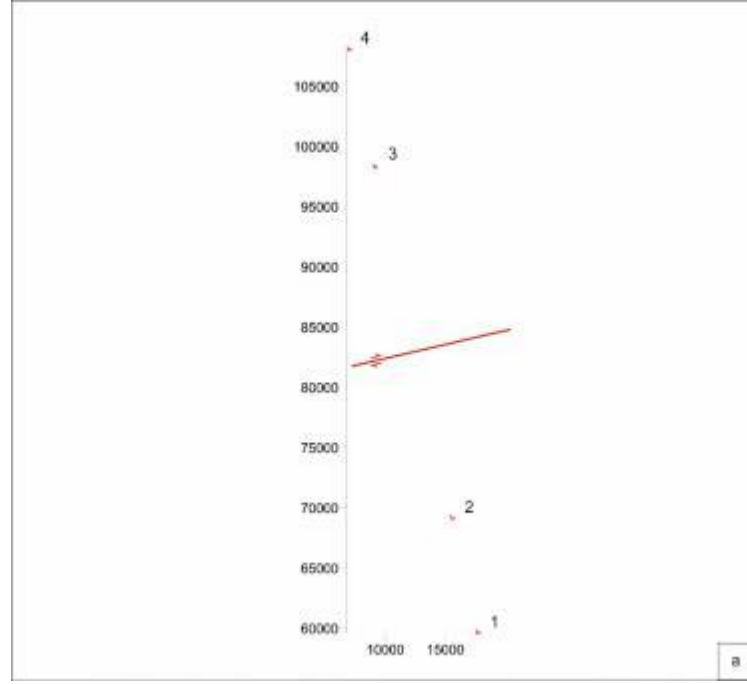
Kapaklı istasyonunda Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yer değiştirme gözükmemektedir.(şekil D.3 a,b ve c).



**şekil D.3. a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.  
**b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

### Semerciler İstasyonu

Semerciler istasyonunda Aralık 2014 - Eylül 2014 ölçümleri (Şekil D.4 a, b ve c) karşılaştırıldığında son 3 aylık periyotta bu istasyonda herhangi bir deformasyon olmadığını göstermektedir.



**Şekil D.4. a.** Semerciler istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

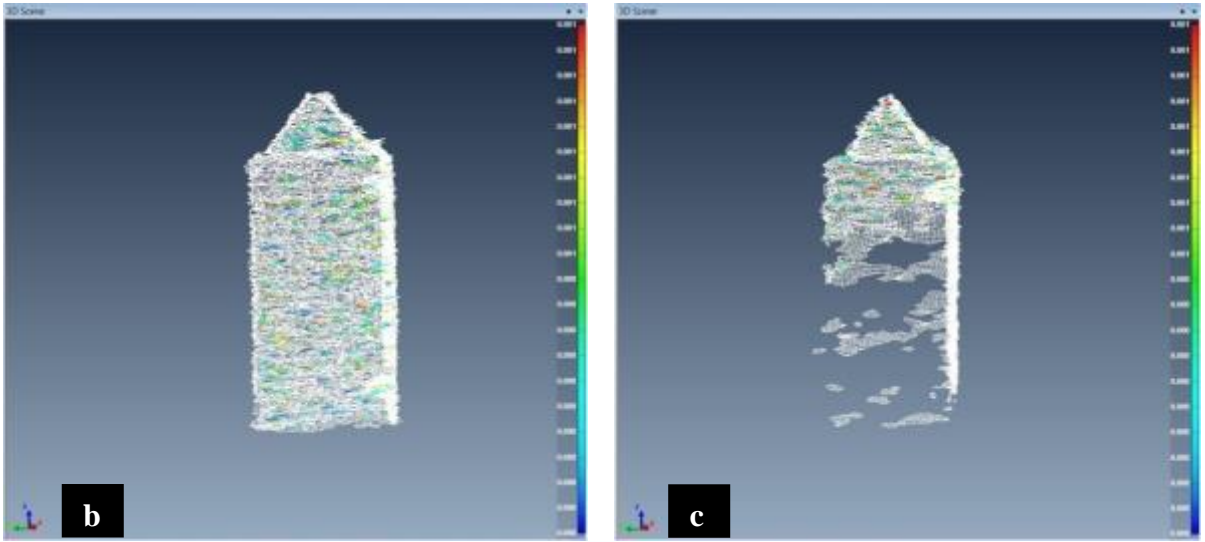
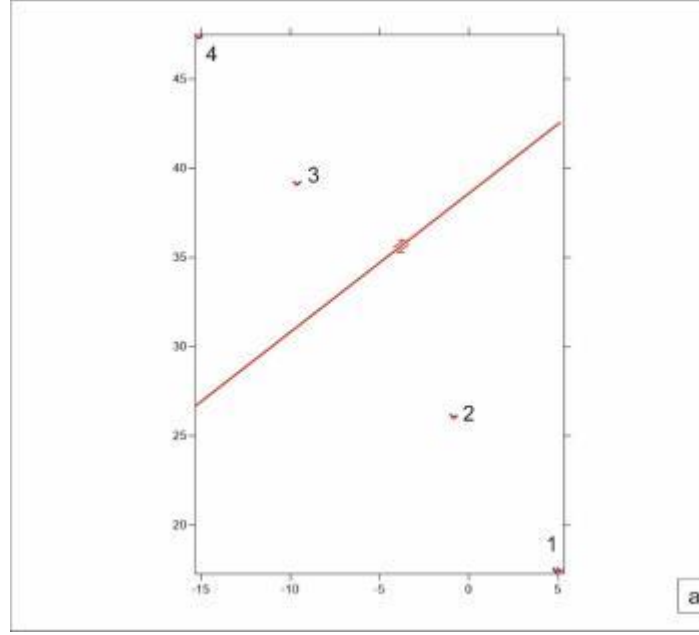
### *İsmetpaşa İstasyonu*

Tüm istasyonların kurulumu sırasında her ne kadar çevre halkı ile görüşülüp istasyonların çalışmamız açısından önemi açıklanmış olsa da, civar halkından edinilen bilgilere göre gözlem istasyonunun güneyinde bulunan tren istasyonunun bakım ve yenilenmesi esnasında çalışan kepçeler tarafından fayın kuzey kesiminde bulunan 2 direk yıkılmıştır (Şekil D.5).

İsmetpaşa beton direk istasyonunda Eylül 2014 - Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında direklerin üzerinde görülen homojen renk dağılımına bakılarak bu 3 aylık periyotta direklerde herhangi bir yer değiştirme olmadığı tespit edilmiştir (Şekil D.6 a,b ve c). Bu karşılaştırma işlemi 2014 yılı yaz aylarında hasar gören ve 2014 yılı Ağustos ayı içerisinde tadilat gören, en kuzeyde bulunan 1 numaralı direk ölçülerek yapılmıştır. Aynı istasyonda Şekil D.6 a'da 2 ile numaralandırılmış olan direğe ise 2014 yılı Ekim ayında hasar verilmiştir. Bu lokasyonda fayın kuzey tarafında kalan ve Şekil D.6.a'da 1 ve 2 numaralar ile gösterilen direklerin her ikisi de ilk yerleştirildikleri orijinal konumlarını korumadıkları için bu istasyonda ileriki dönemlerde yapılacak ölçümler ancak direklerin tamir edildikleri zamandan bu yana olan hareketlerin karşılaştırılması şeklinde yapılabilmektedir.



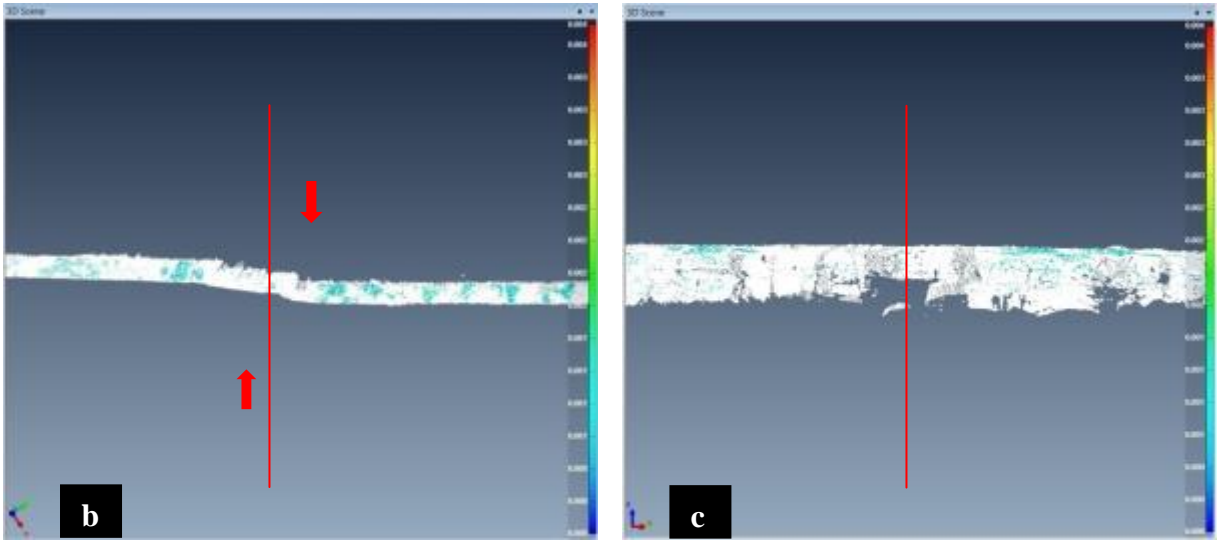
**Şekil D.5.** İsmetpaşa istasyonunda Aralık 2014 (Yeşil renk ile gösterilen ölçüm) ve Eylül 2014 (mavi renk ile gösterilen ölçüm) de yapılan ölçümlerin üst üste giydirilmiş şeklinde hasar gören direk kırmızı kare içerisinde görülmektedir.



**Şekil D.6. a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması  
**b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

### *İsmetpaşa İstasyonu Asfalt Şantiyesi Duvarı*

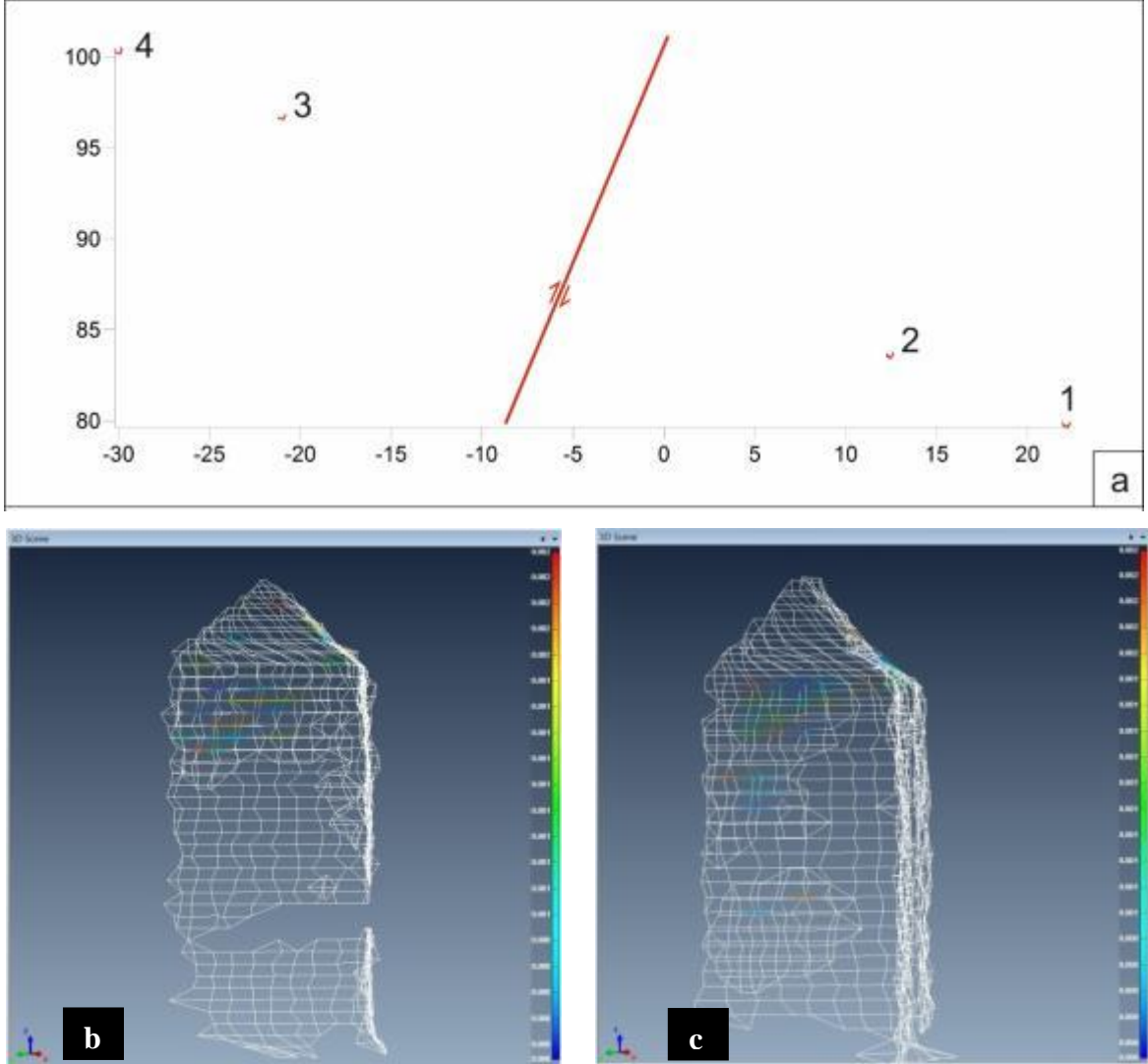
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 3 aylık süre içerisinde herhangi bir yer değıştirme görülmemiştir. (Şekil D.7 a, b ve c).



**Şekil D.7. a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, bu duvarda yapılan Aralık 2014-Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması, **b.** duvarın genel uzanımını, **c.** duvarda kırığın olduğu bölgenin yakından görünümü. Kırmızı çizgi fayı işaret etmektedir.

### Hamamlı İstasyonu

Hamamlı istasyonunda Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 3 aylık sürede istasyonda herhangi bir yer değişime gözlenmemiştir (Şekil D.8 a, b ve c).

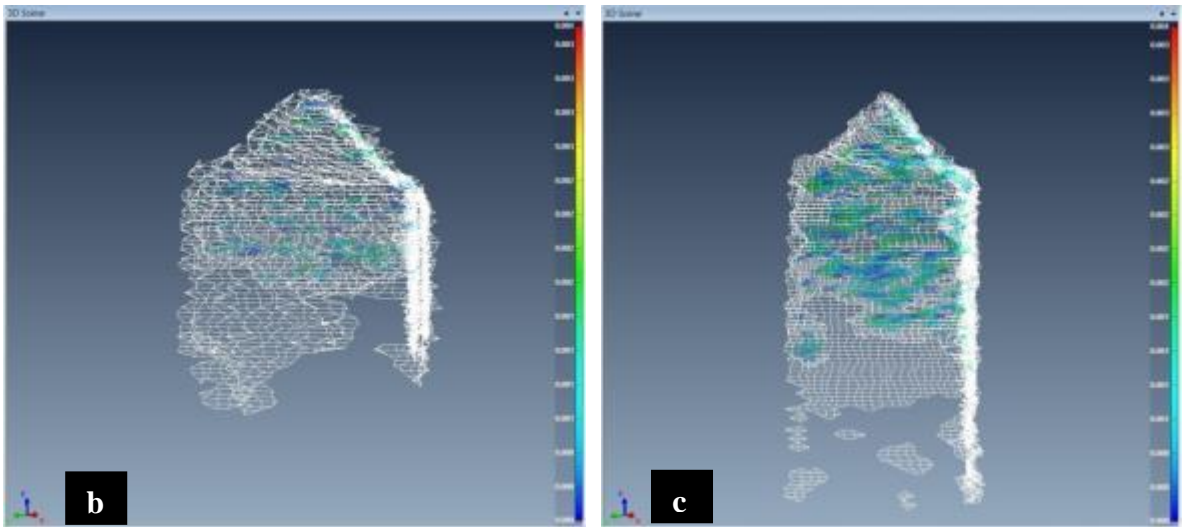
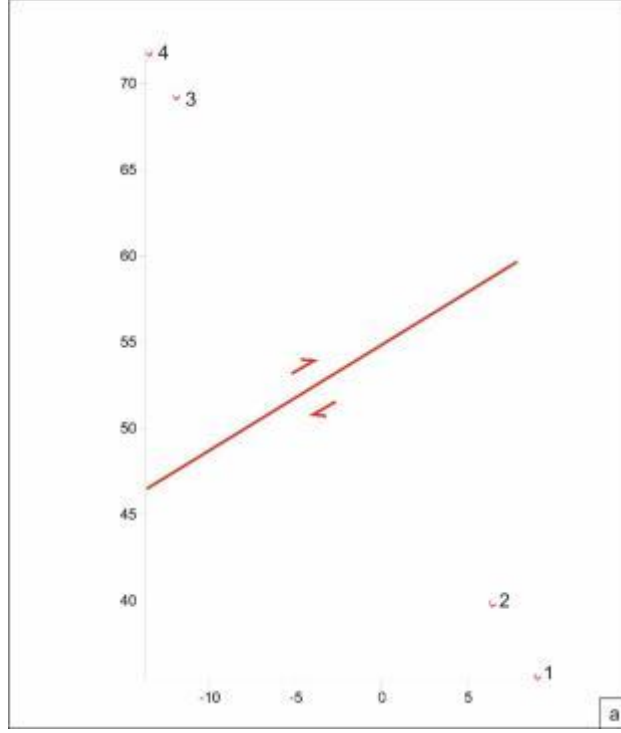


**Şekil D.8.** a. Hamamlı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. b. 1 numaralı direğin yakından görünümü, c. 3 numaralı direğin yakından görünümü.



### Ahallar İstasyonu

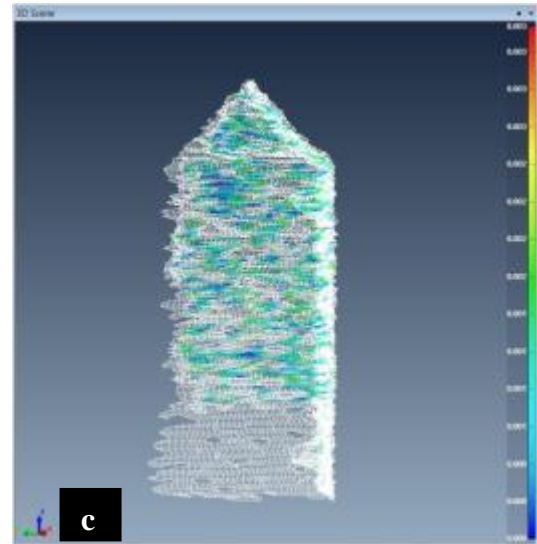
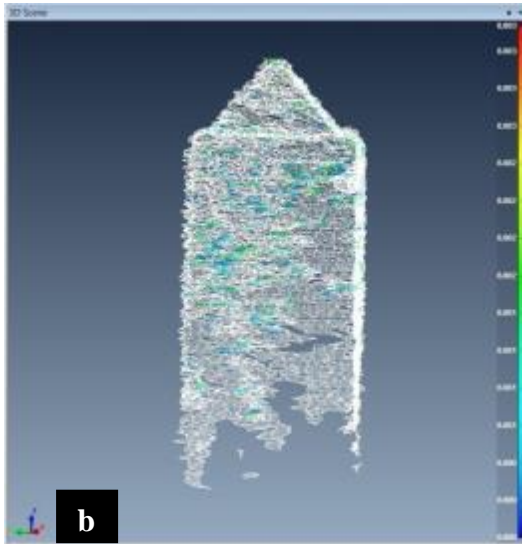
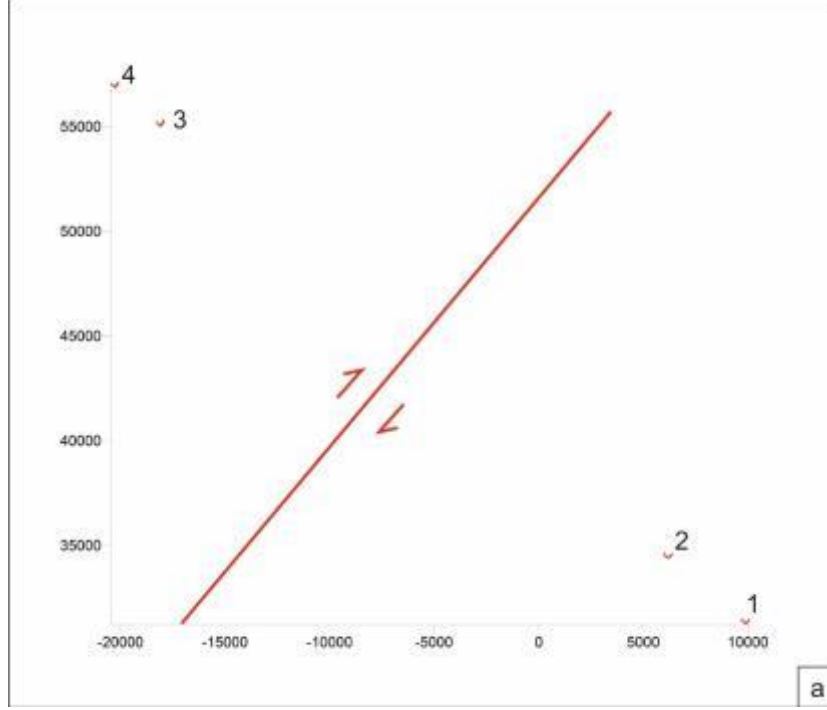
Ahallar istasyonunda Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu 3 aylık periyotta gözlem istasyonunda herhangi bir yer değıştirme bulunmadığı tespit edilmiştir (Şekil D.9 a,b ve c).



Şekil D.9. a. Ahallar istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. b. 1 numaralı direğin yakından görünümü, c. 3 numaralı direğin yakından görünümü.

### Çaylı İstasyonu

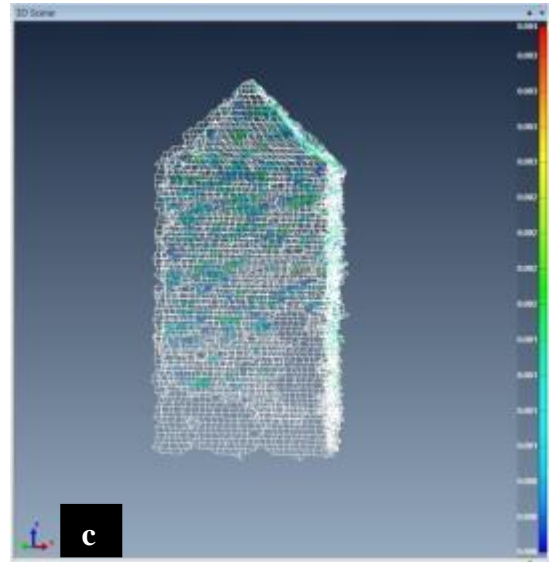
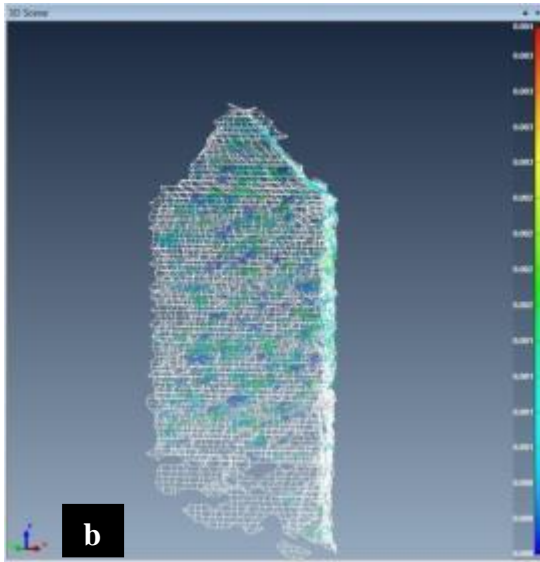
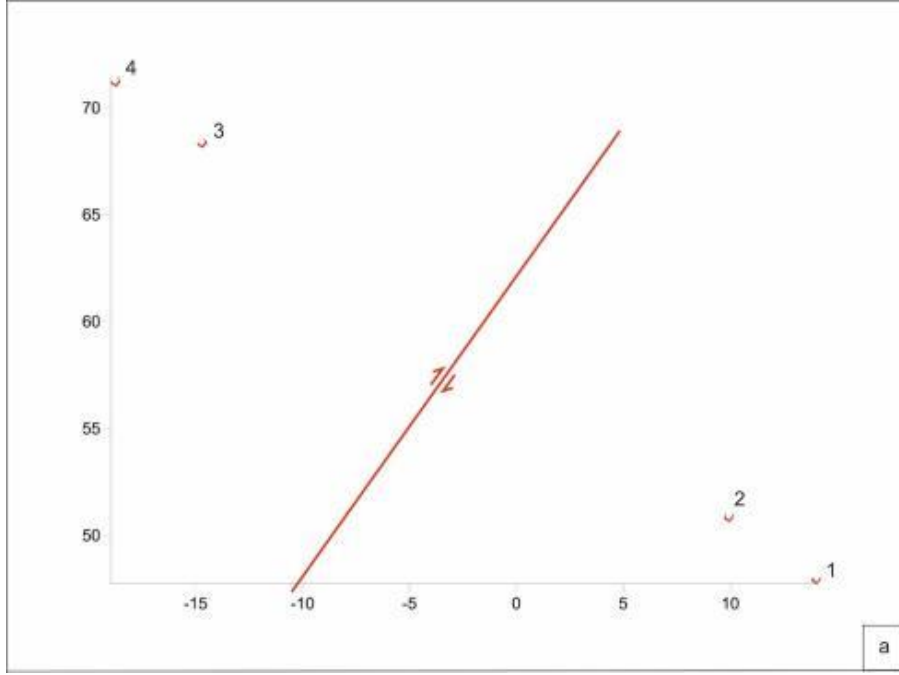
Çaylı istasyonunda Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu süreçte yer değiştirme görülmemektedir (Şekil D.10 a,b ve c).



**Şekil D.10. a.** Çaylı istasyonunda yapılan Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

### Fatih İstasyonu

Fatih istasyonunda Aralık 2014- Eylül 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu süreçte yer değiştirme görülmemektedir (Şekil D.11. a,b ve c).

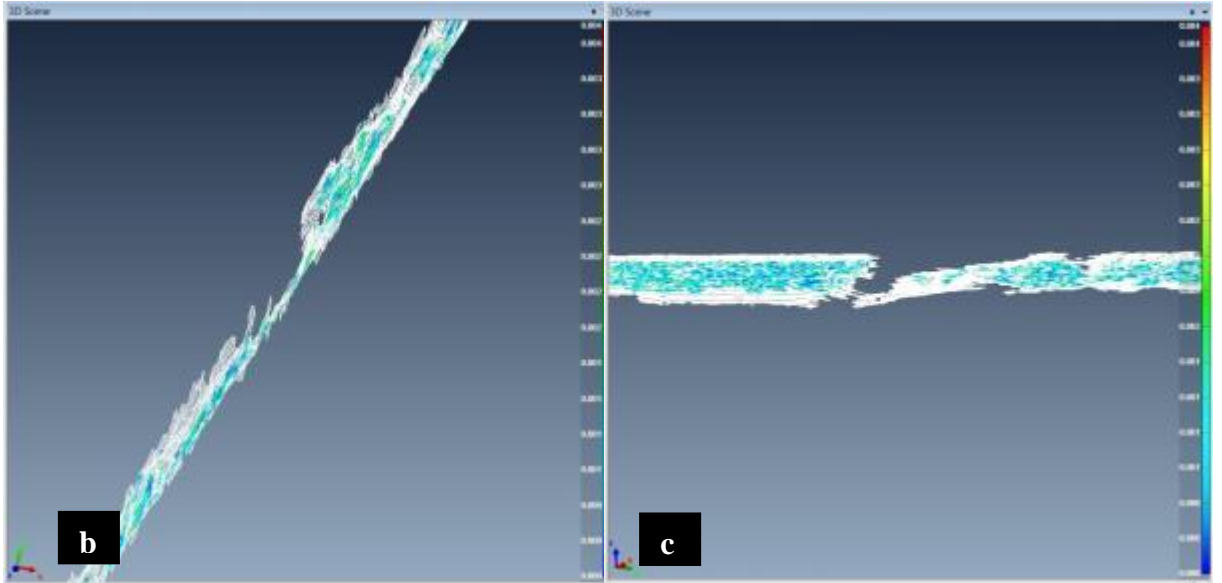


**Şekil D.11. a.** Fatih istasyonunda yapılan Eylül 2014 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.  
**b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

## Ek Açıklama –E: Aralık 2014 - Temmuz 2014 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

### *Gerede Stadyum Duvarı*

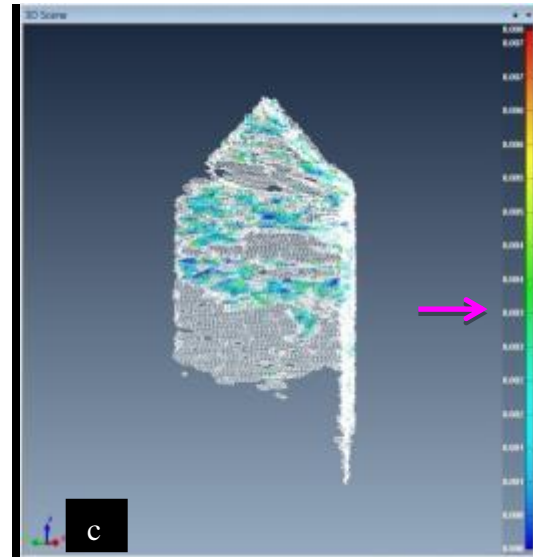
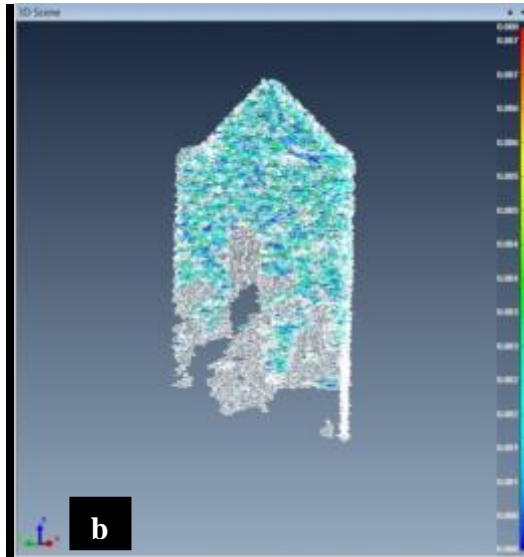
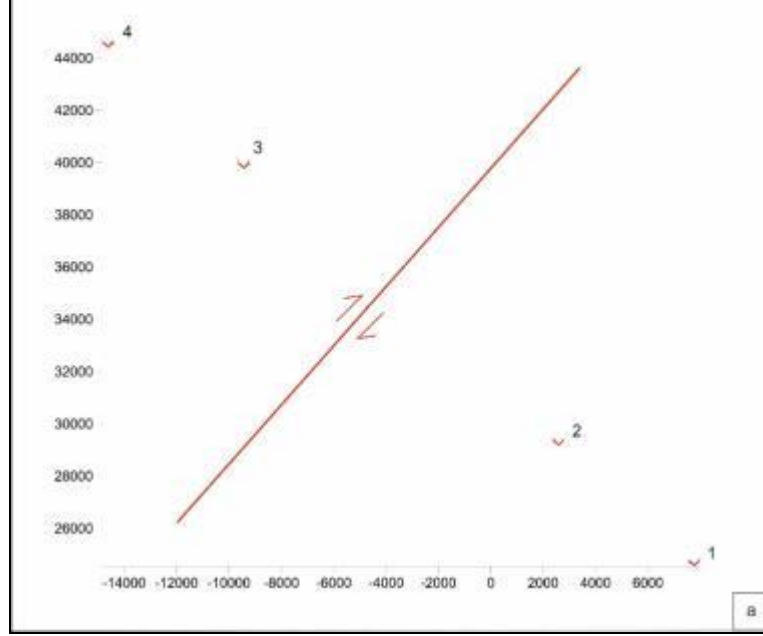
Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarında Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçüm dönemlerinde alınan verilere göre duvar üzerinde bu süre içinde 2mm'lik bir deformasyon olduğu görülmüştür (Şekil E.1).



**Şekil E.1.** a. Gerede Stadyum duvarı b. Aralık 2014 ve Temmuz 2014 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten görünümü c. Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin yandan görünümü.

### Afşartarakçı İstasyonu

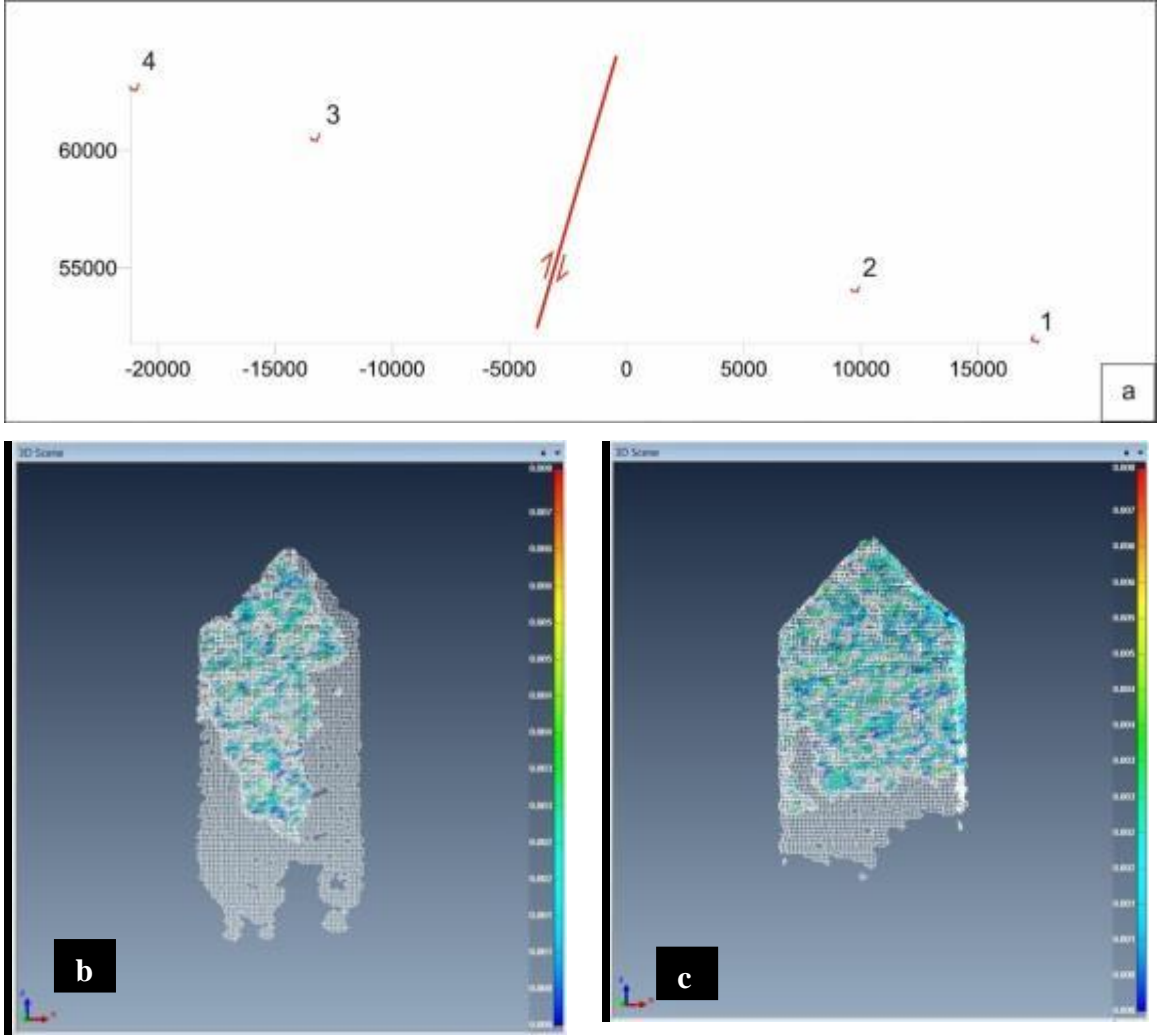
Afşartarakçı istasyonunda Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 aylık süre içerisinde yaklaşık 3 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil E.2. a,b ve c).



**Şekil E.2. a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Kapaklı İstasyonu

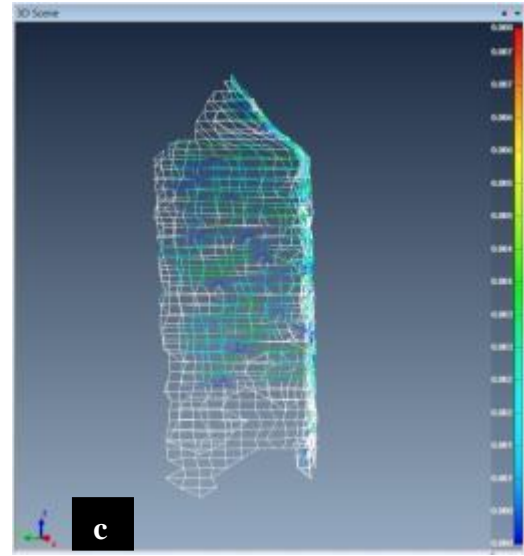
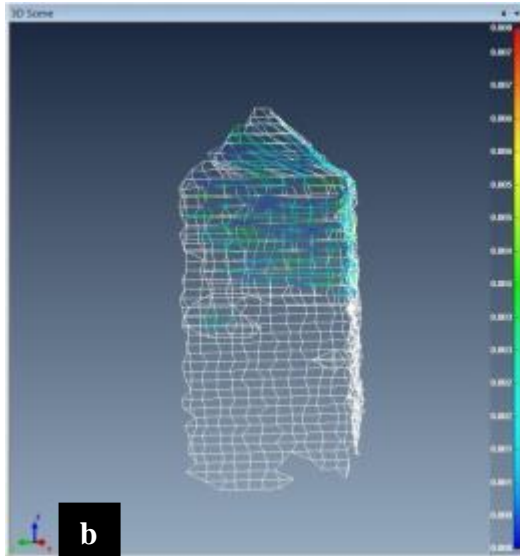
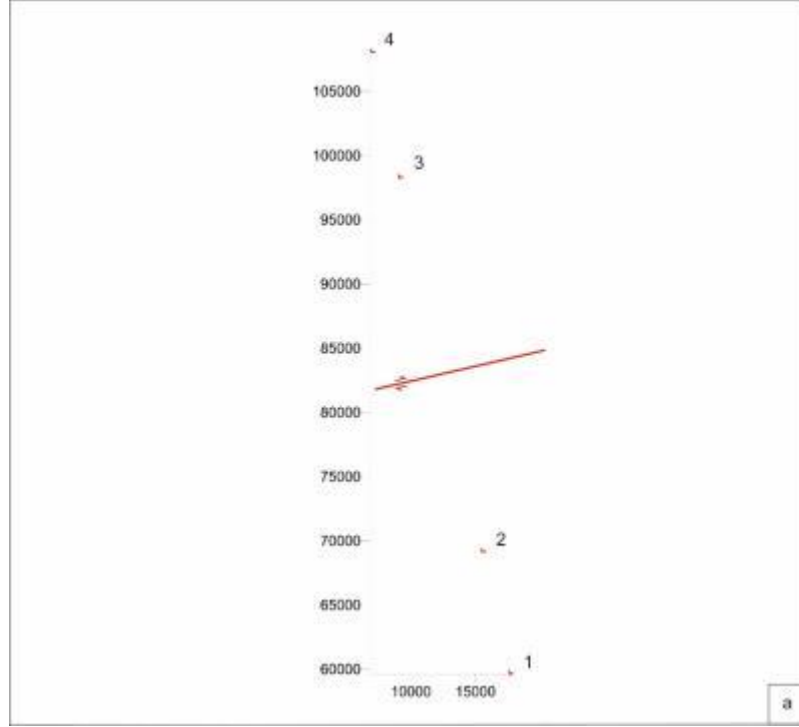
Kapaklı istasyonunda Aralık 2014 – Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu süre içinde bölgede 2 mm'lik bir deformasyonun varlığından söz edilebilir (Şekil E.3. a,b ve c).



**Şekil E.3.a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Aralık 2014-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

### Semerciler İstasyonu

Semerciler istasyonunda Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümleri (Şekil E.4.a,b ve c) karşılaştırıldığında bu süre içinde bölgede herhangi bir deformasyonun olmadığı söylenebilir.

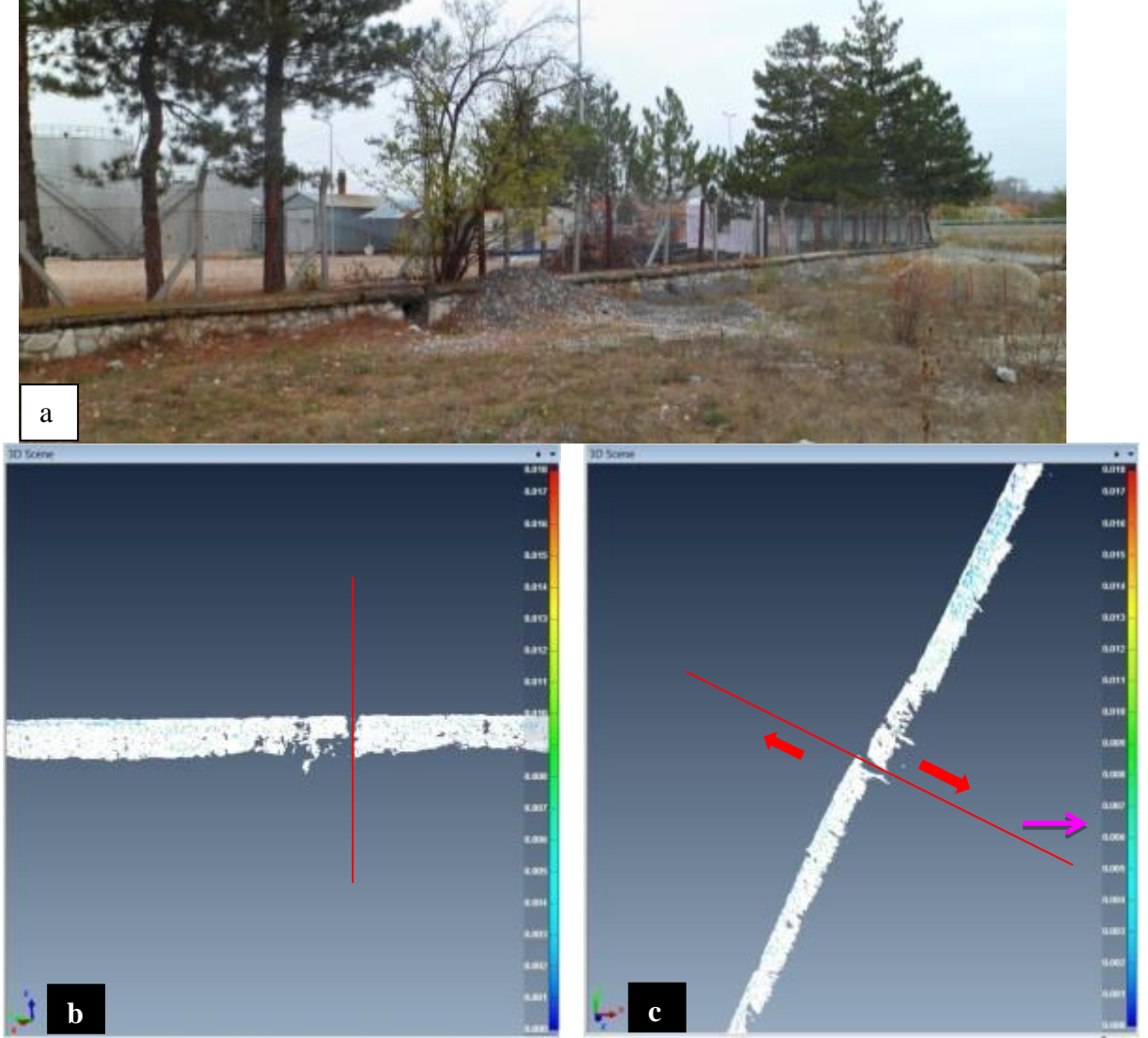


**Şekil E.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü.



### İsmetpaşa İstasyonu

İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 aylık süre içerisinde 6-7 mm'lik bir yer değiştirme görülmüştür (Şekil E.5. a,b ve c).

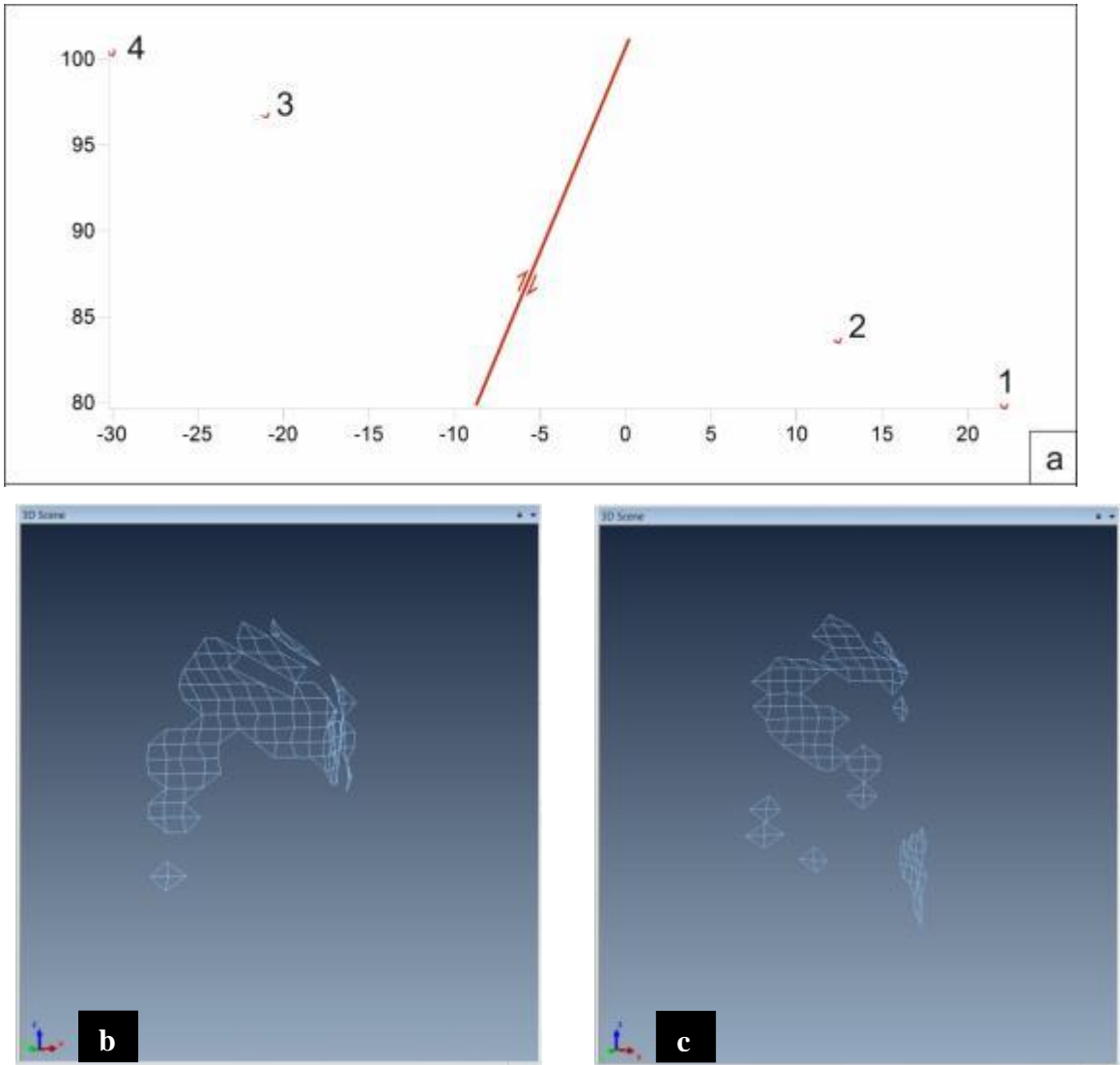


**Şekil E.5.a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** Duvarın yandan örünümü, **c.** Duvarın üstten görünümü.



### Hamamlı İstasyonu

Hamamlı istasyonunda Aralık 2014 – Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 aylık sürede istasyonda herhangi bir yer değiştirme gözlenmemiştir. 2014 yılı Temmuz ayı içerisinde alınan ölçüm sırasında ölçüm için yerleştirilen direklerin komşu tarlalarında bulunan ekinlerin boylarının yüksekliği, LİDAR cihazından çıkan ışınların hedefe ulaşamamalarına ve Şekil E.6'da görüldüğü gibi bu dönemde alınan verilerin sağlıklı olmamasına sebep olmuştur.

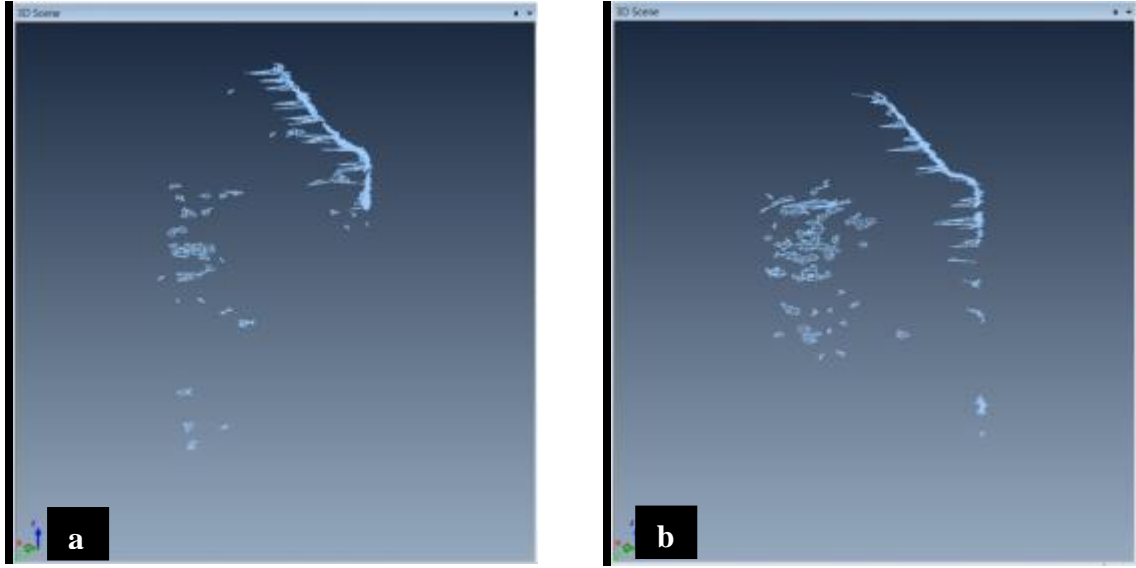


**Şekil E.6. a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin Temmuz 2014'deki ölçümü sonucunda elde edilen görüntüsü, **c.** 4 numaralı direğin Temmuz 2014'deki ölçümü sonucunda elde edilen görüntüsü.



### *Çaylı İstasyonu*

Çaylı istasyonunda Aralık 2014 ile Temmuz 2014 ölçümleri Temmuz 2014’de alınan ölçümlerden istenilen verinin elde edilememesi sebebiyle karşılaştırılamamıştır. Şekil E.8.a ve b’de Temmuz 2014 de alınan ölçümlerin sonuçları görülebilmektedir, elde edilen veriler oldukça seyrek.



**Şekil E.8.a.** Temmuz 2014’de alınan ölçümlerde 2 numaralı direğin yakından görünümü b. Temmuz 2014’de alınan ölçümlerde 1 numaralı direğin yakından görünümü.

### *Fatih İstasyonu*

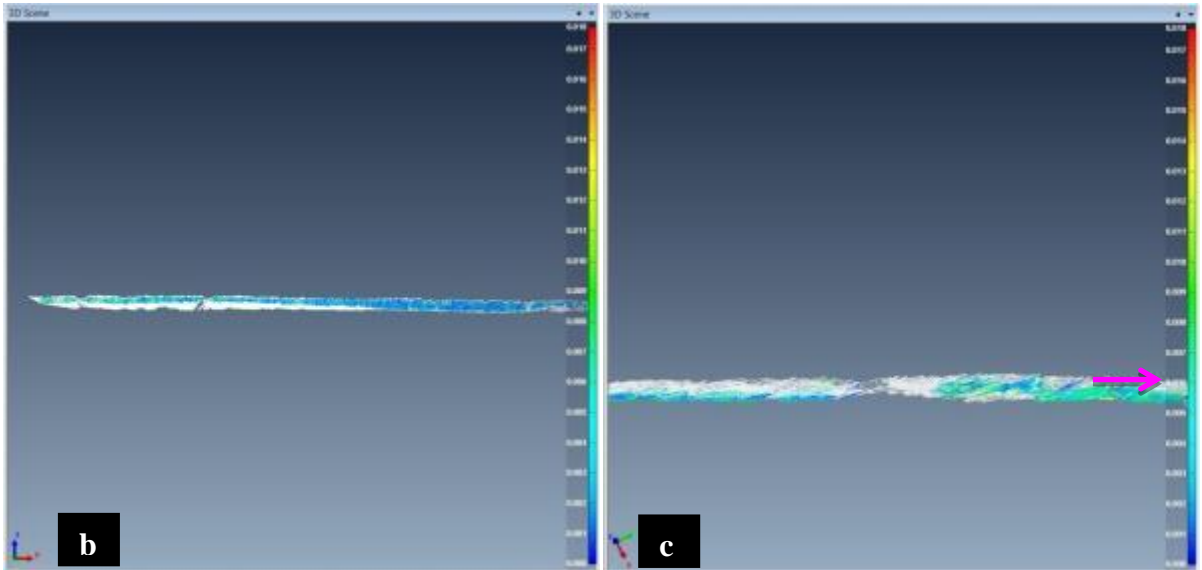
2014 yılı Temmuz ayı içerisinde yapılan arazi çalışmalarında ölçüm için yerleştirilen direklerin komşu tarlalarında bulunan ekinlerin boylarının yüksekliği sebebiyle bu dönemde ölçüm alınamamıştır.

## Ek Açıklama-F: Aralık 2014 – Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

2014 yılı Aralık ayında istasyonlarda yapılan ölçümler ile 2013 yılı Mayıs ayında yapılan ölçümler karşılaştırıldığında Ek açıklama F’de her ölçüm istasyonu için ayrı ayrı verilen yer değiştirme miktarları tespit edilmiştir.

### *Gerede Stadyum Duvarı*

Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarı üzerinde Aralık 2014 ile Mayıs 2013 tarihlerinde alınan ölçümler karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 20 aylık süre içinde yaklaşık 6 mm’lik yer değiştirme gözlenmiştir. (Şekil F.1 a,b, ve c).

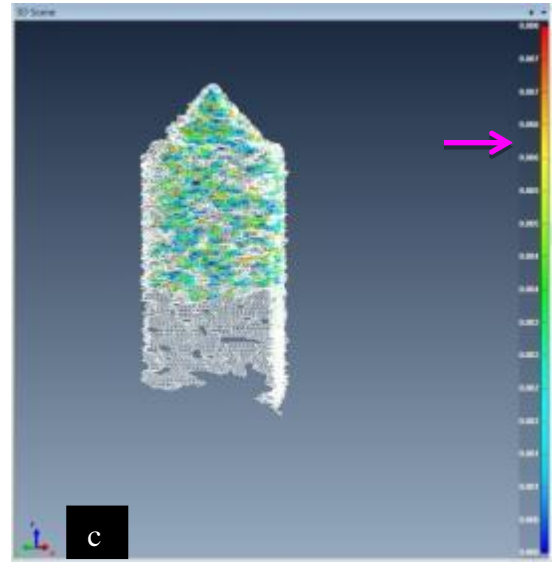
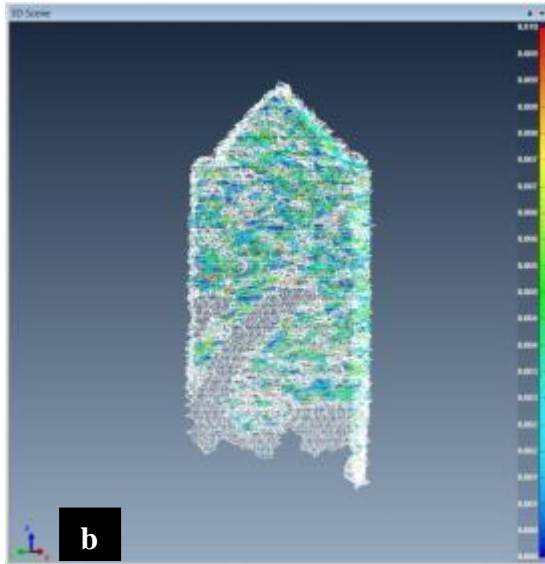
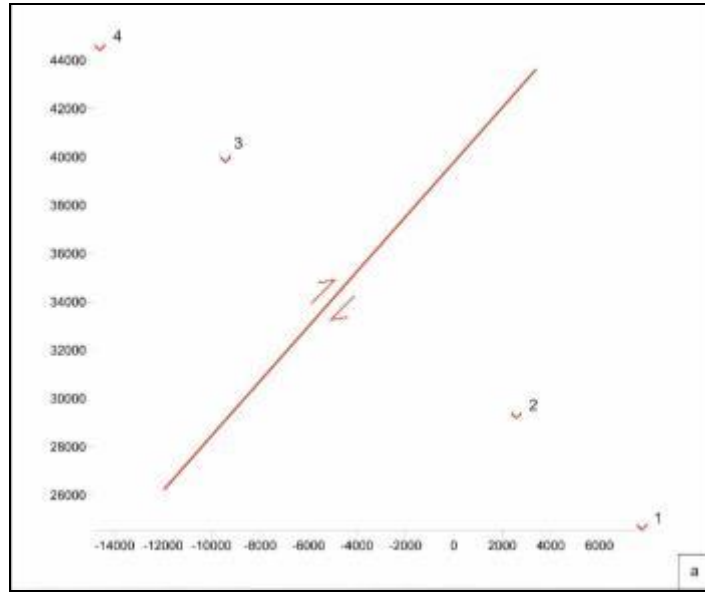


**Şekil F.1 a.** Gerede Stadyum duvarı **b.** Aralık 2014 ile Mayıs 2013 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **c.** Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten ve yakından görünümü. Pembe

ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### *Afşartarakçı İstasyonu*

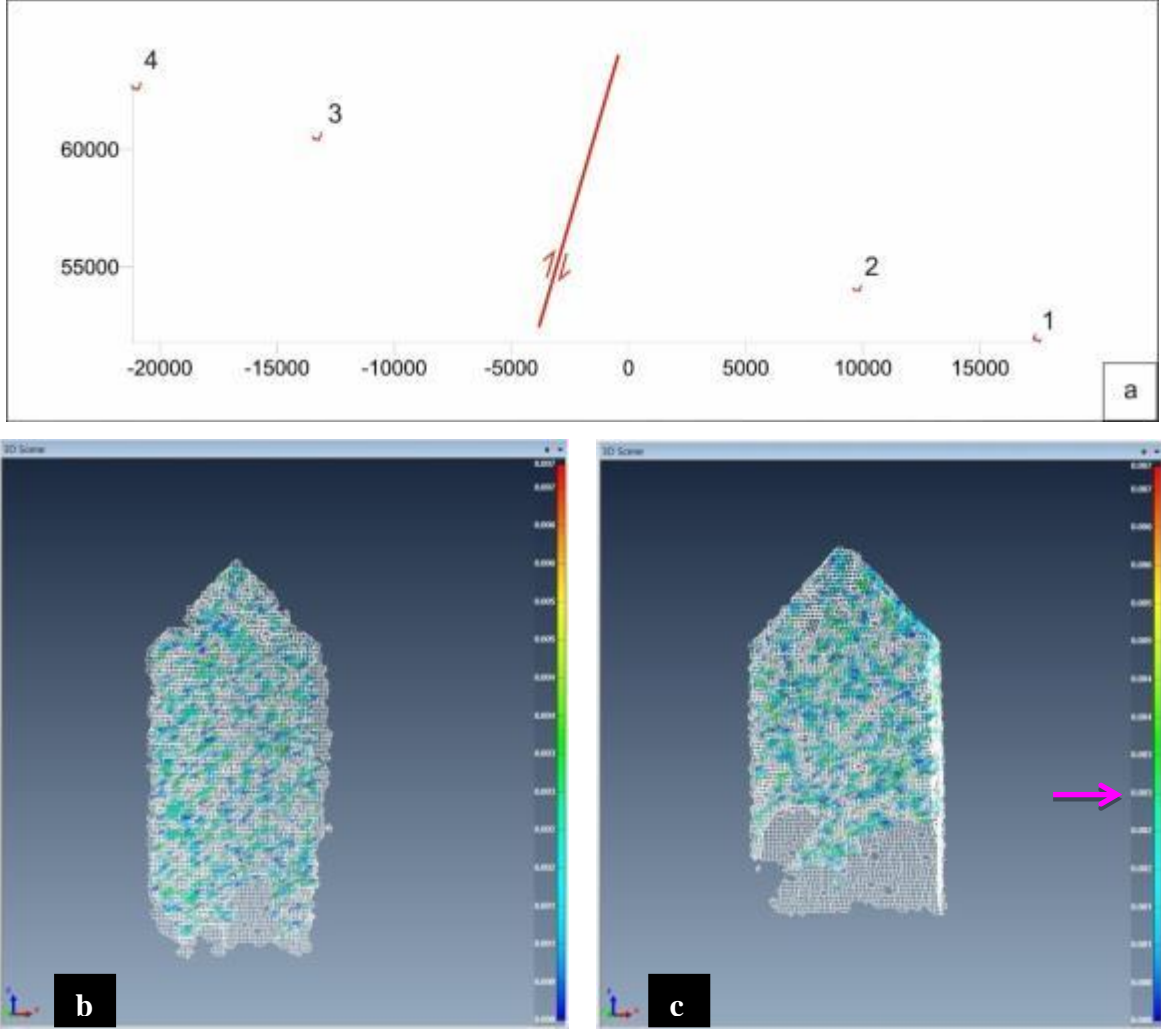
Afşartarakçı istasyonunda Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 20 aylık süre içerisinde 7 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil F.2. a,b ve c).



**Şekil F.2.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Kapaklı İstasyonu

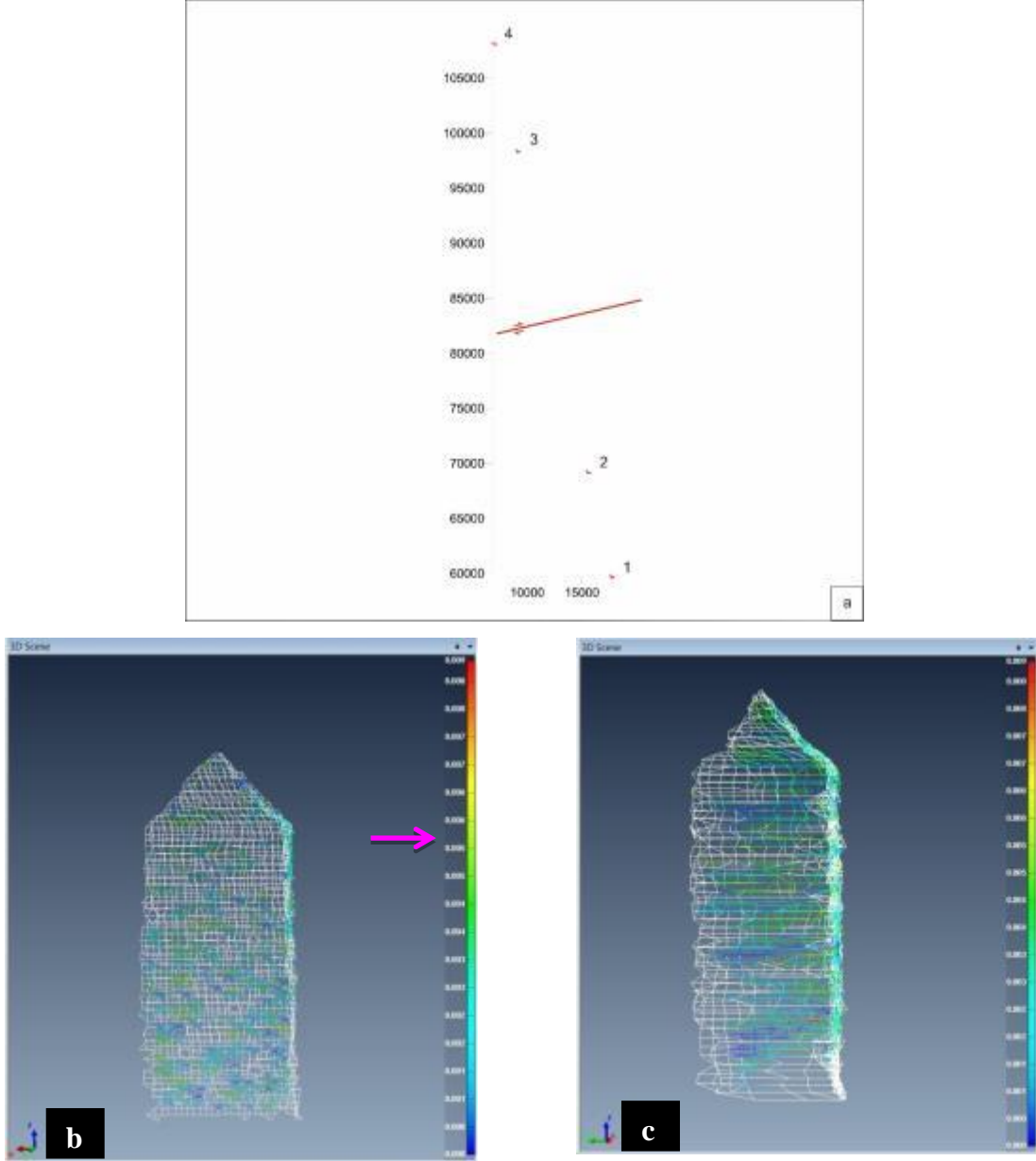
Kapaklı istasyonunda Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 3 mm lik bir yer değiştirme gözlenmektedir (Şekil F.3. a,b ve c).



**Şekil F.3.a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Semerciler İstasyonu

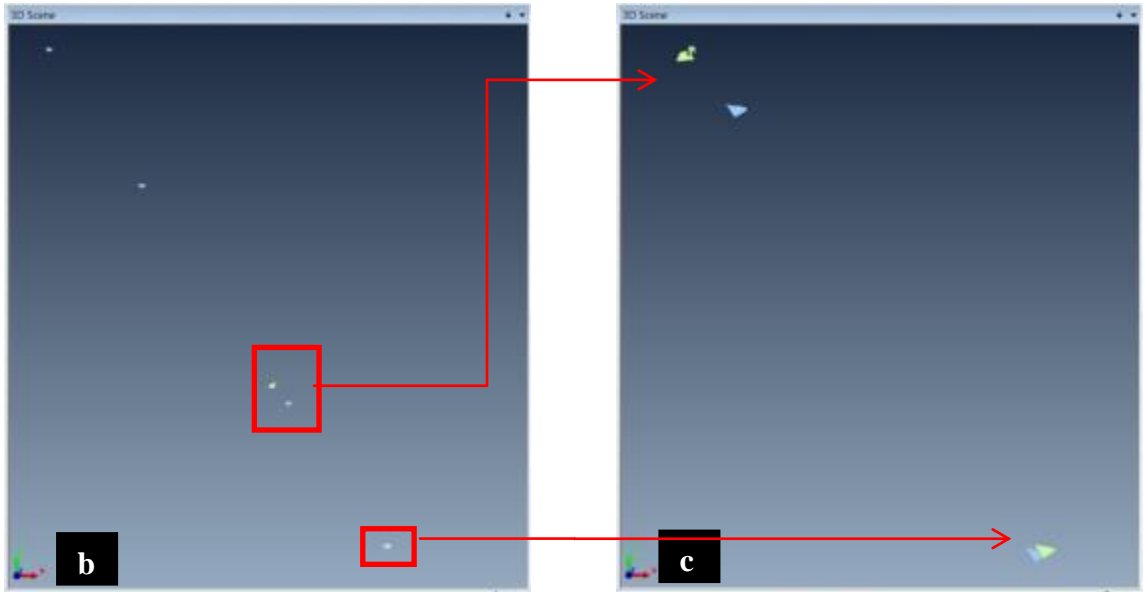
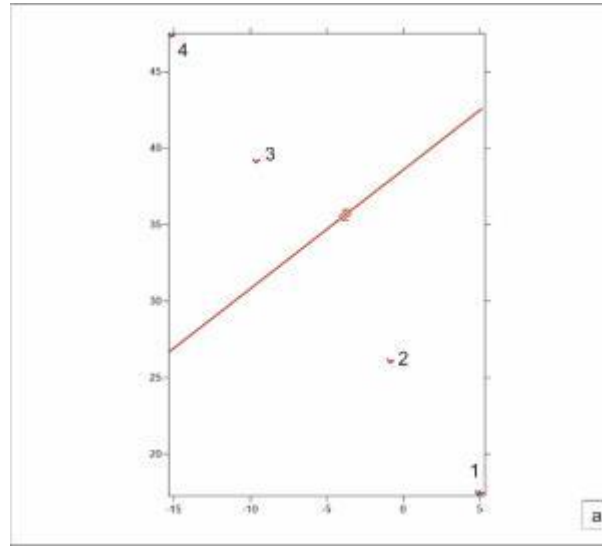
Semerciler istasyonunda Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümleri (Şekil F.4.a,b ve c) karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 3 mm lik bir yer değiştirme gözlenmektedir.



**Şekil F.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### İsmetpaşa İstasyonu

İsmetpaşa beton direk istasyonunda, 2014 yılı Haziran ayı içerisinde 1 numaralı direk hasara uğramış, 2014 yılı Ağustos ayı içerisinde ise tamir edilmiştir. Ancak tamir sırasında yapılan Total Station ölçümlerine rağmen direk ilk kurulduğu konumuna yerleştirilememiştir. 2014 yılı Ekim ayında bu kez 2 numaralı direk yıkılmıştır. Şekil F.5.b’de görüldüğü gibi iki farklı dönemde alınan ölçüm üst üste konulduğunda 3 ve 4 numaralı direkler birbiri ile üst üste gelirken 1 ve 2 numaralı direkler farklı konumlarda görülmektedir. Dolayısı ile bu istasyondan alınan ölçümler sağlıklı olarak değerlendirilememektedir.

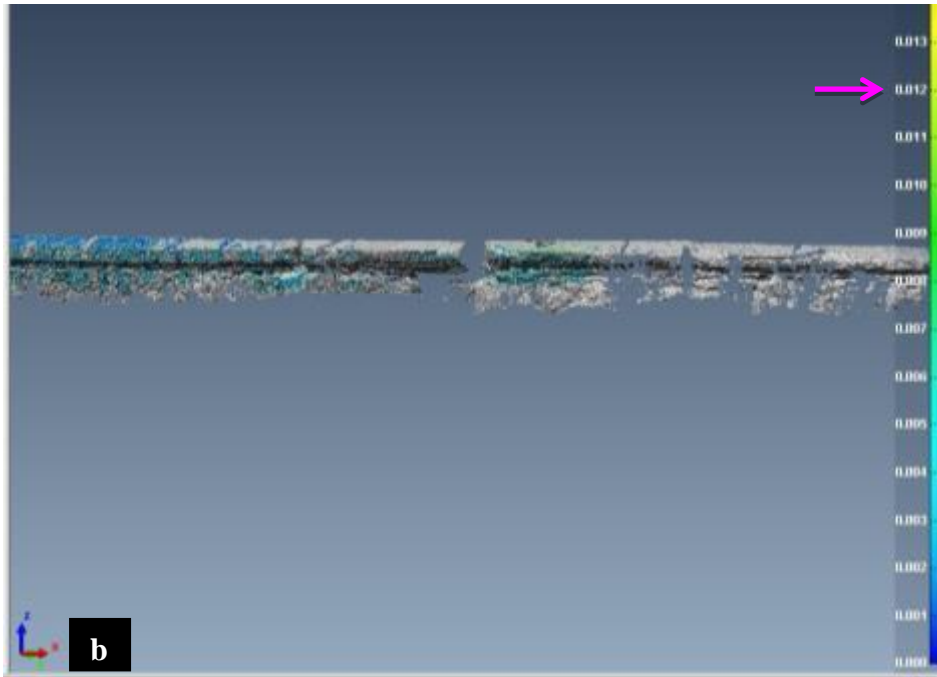


**Şekil F.5.a.** İsmetpaşa istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması **b.** Tüm direklerin Mayıs 2013 ile Aralık 2014 tarihli ölçümlerin üst üste giydirilmiş hali, **c.** Hasara maruz kalmış olan 1 ve 2 numaralı direklerin yakından görünümü.



### *İsmetpaşa İstasyonu Asfalt Şantiyesi Duvarı*

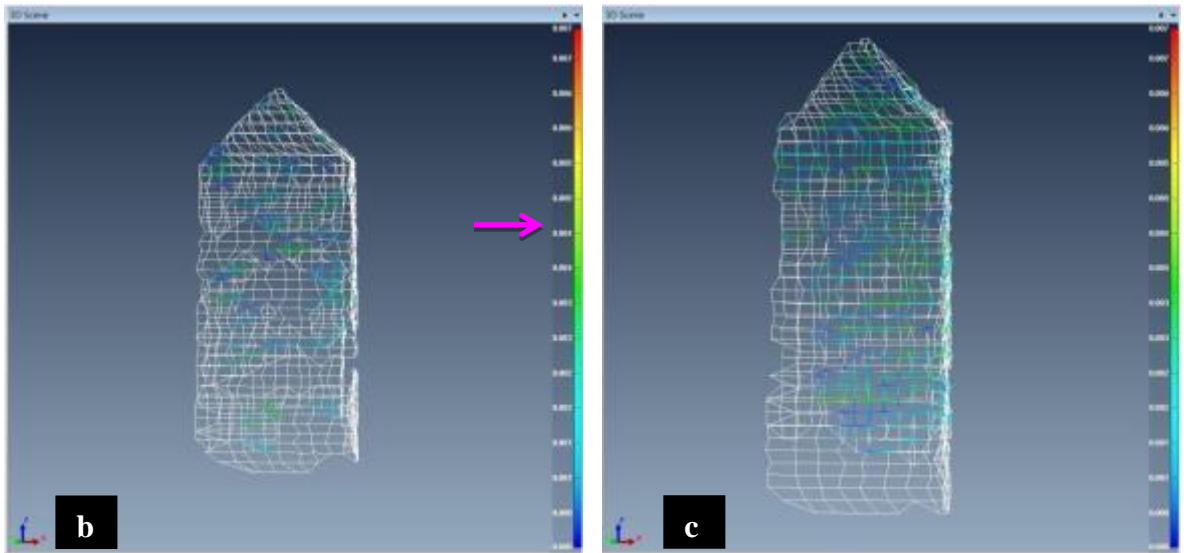
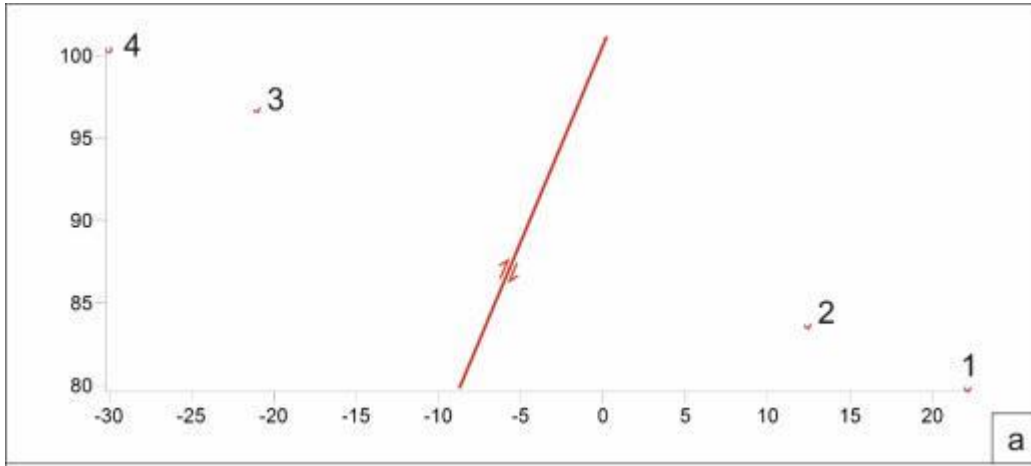
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 20 aylık süre içerisinde 12 mm'lik bir yer değıştirme görülmüştür (Şekil F.6.a ve b).



**Şekil F.6. a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, **b.** bu duvarda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. Pembe ok duvarda meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

### Hamamlı İstasyonu

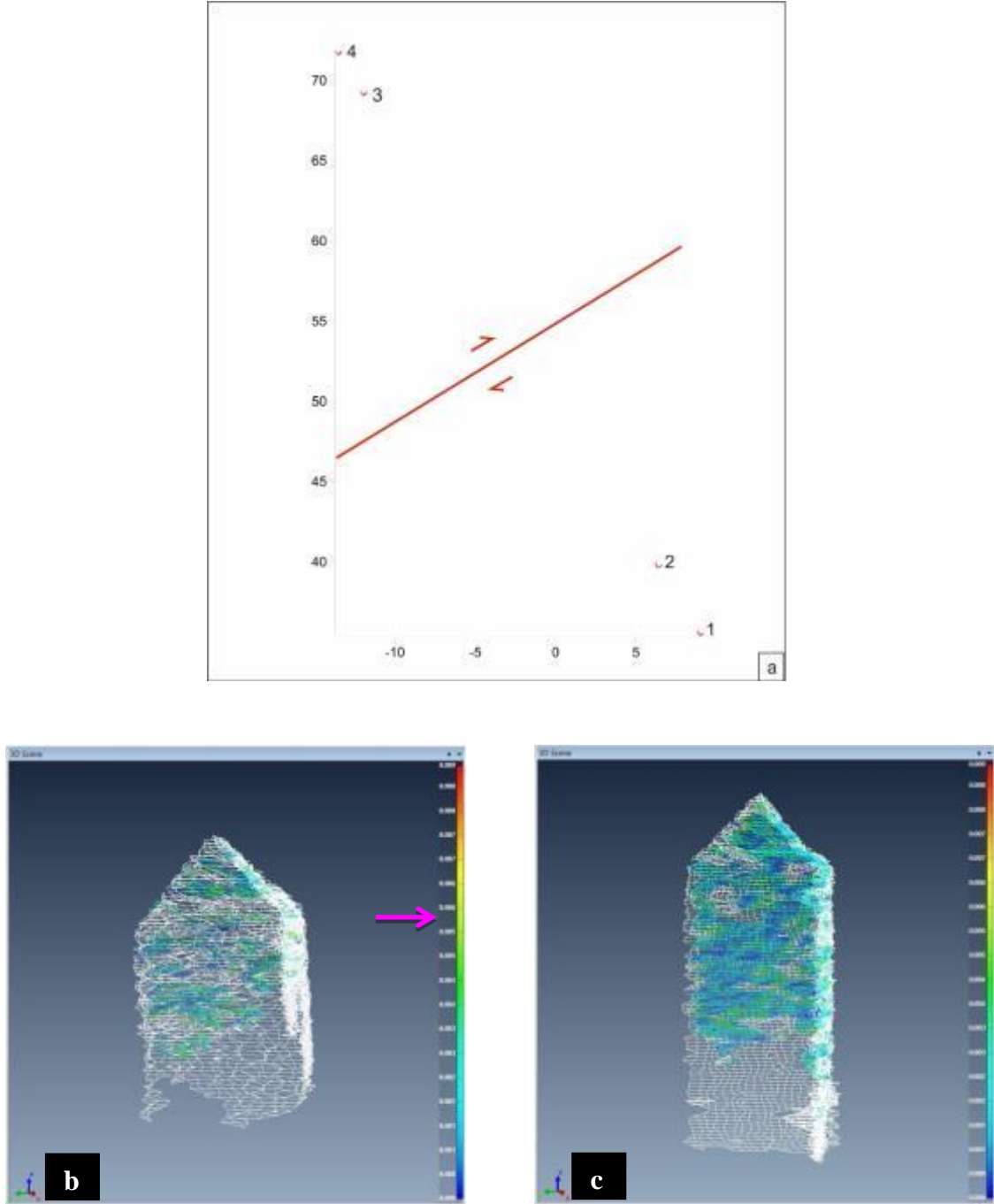
Hamamlı istasyonunda Mayıs 2013 – Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 20 aylık sürede 5 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil F.7.a,b ve c). Hamamlı'nın doğusunda yeni kurulmuş olan bu istasyonun yanı sıra Hamamlı Köyü içerisinde bulunan bir duvarda da kriş ölçümleri yapılmaktadır. Ancak Aralık 2014 döneminde yapılan arazi çalışmalarında bu duvarın önünde bulunan saman balyaları sebebiyle ölçüm alınamamıştır.



**Şekil F.7.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Ahallar İstasyonu

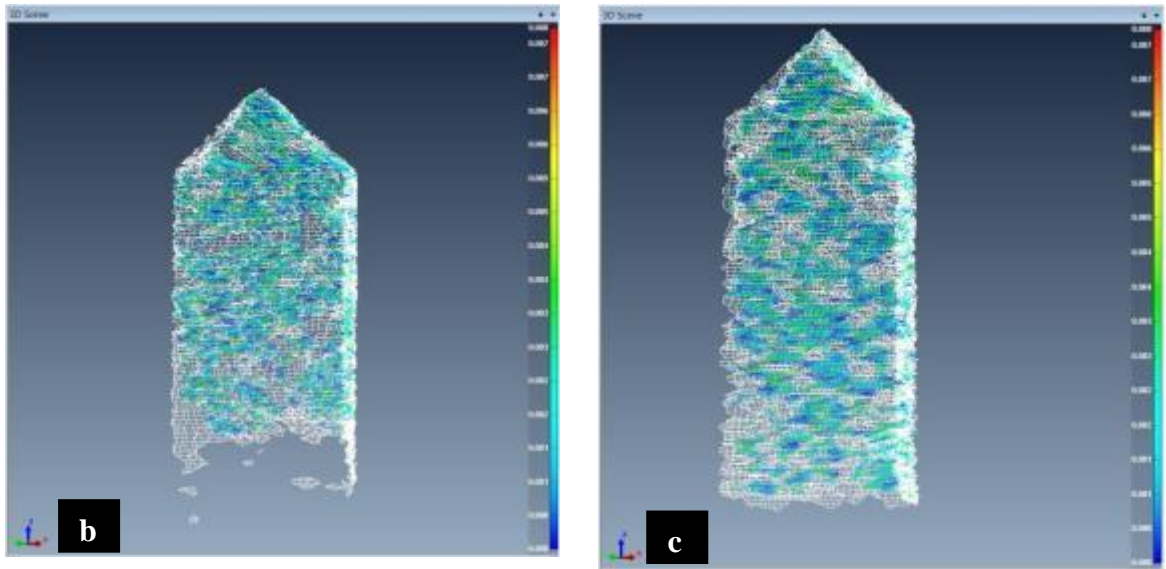
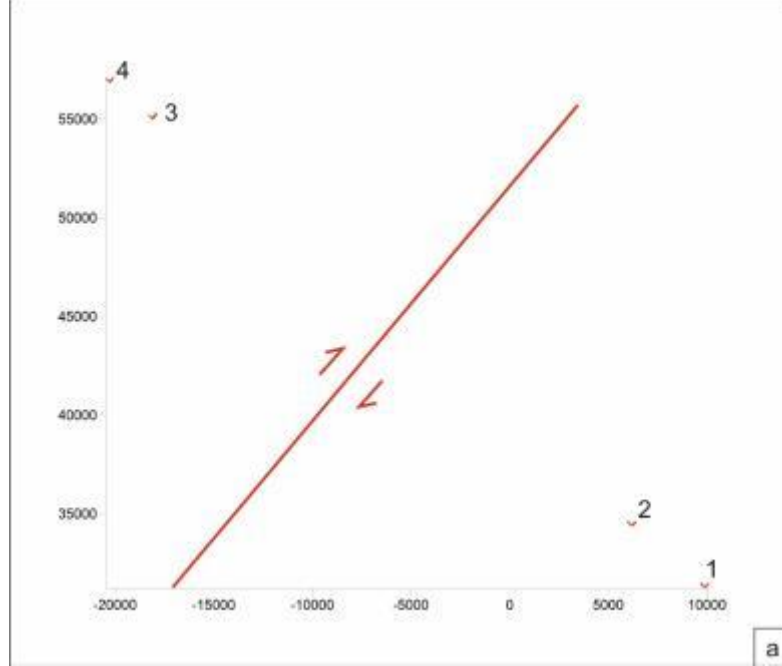
Ahallar istasyonunda Mayıs 2013 – Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 mm lik bir yer değıştirme tespit edilmiştir (Şekil F.8.a,b ve c).



**Şekil F.8.a.** Ahallar istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

### Çaylı İstasyonu

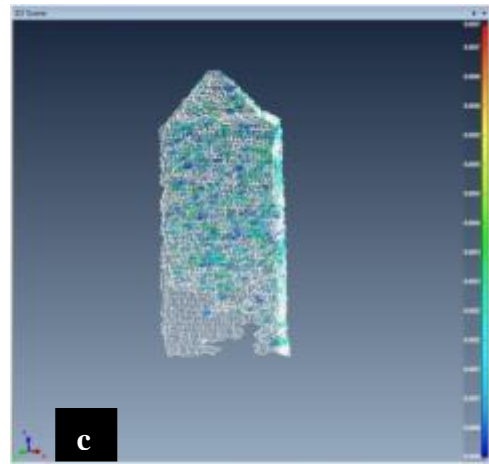
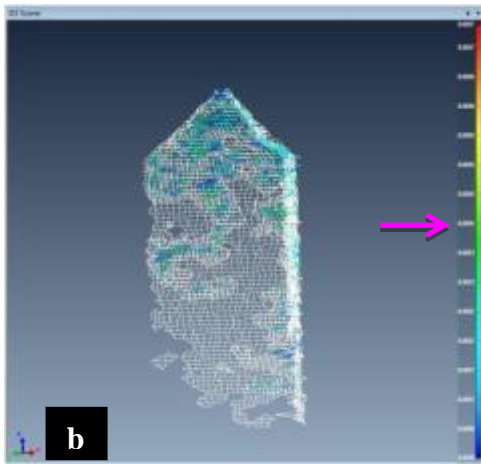
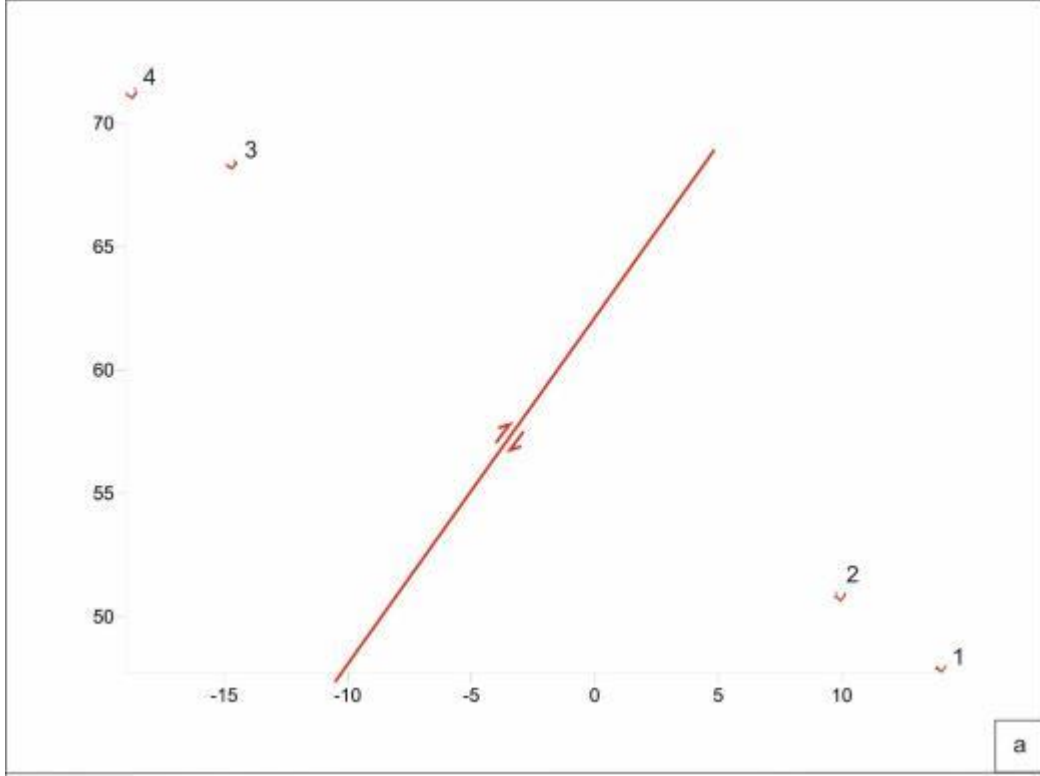
Çaylı istasyonunda Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında bu süre içinde ölçülebilir boyutlarda olmamakla beraber bölgede bir deformasyonun mevcut olduğu söylenebilir (Şekil F.9. a,b ve c).



**Şekil F.9.a.** Çaylı istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması.  
**b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

### Fatih İstasyonu

Fatih istasyonunda Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 4 mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir. (Şekil F.10. a,b ve c).



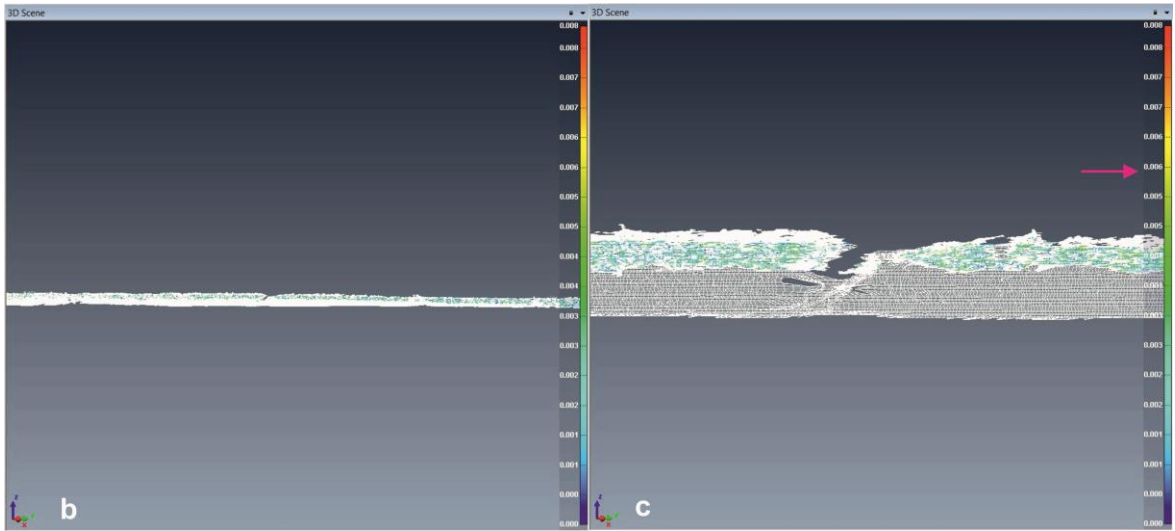
**Şekil F.10. a.** Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 –Aralık 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Ek Açıklama –G: Mayıs 2015 - Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

2015 yılı Mayıs ayında alınan ölçümler kendisinden tam 2 yıl önce ölçümler ile karşılaştırıldığında Ek Açıklama G’de her istasyon için ayrı ayrı verilen yer değiştirme miktarları tespit edilmiştir.

#### *Gerede Stadyum Duvarı*

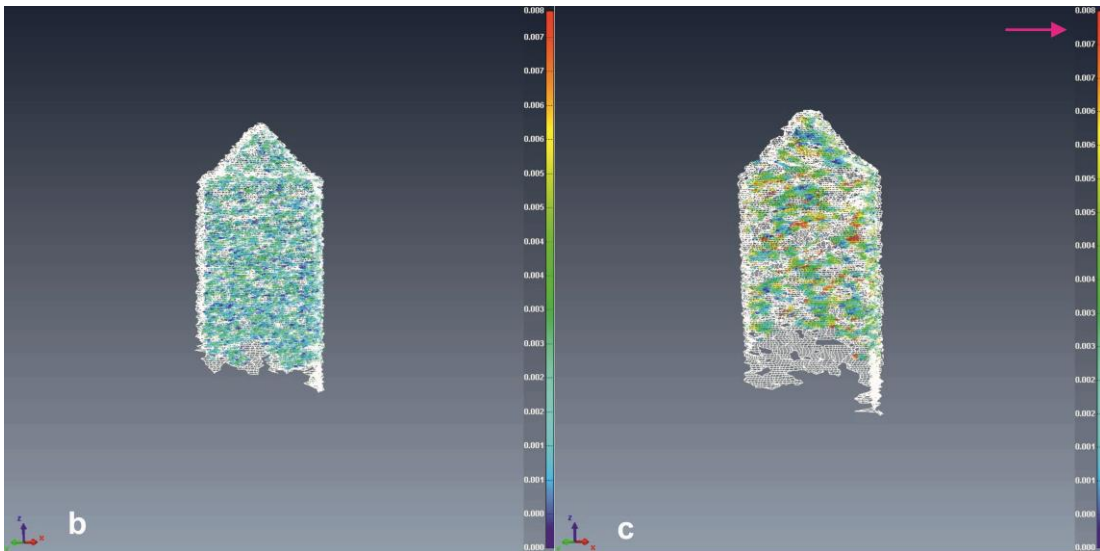
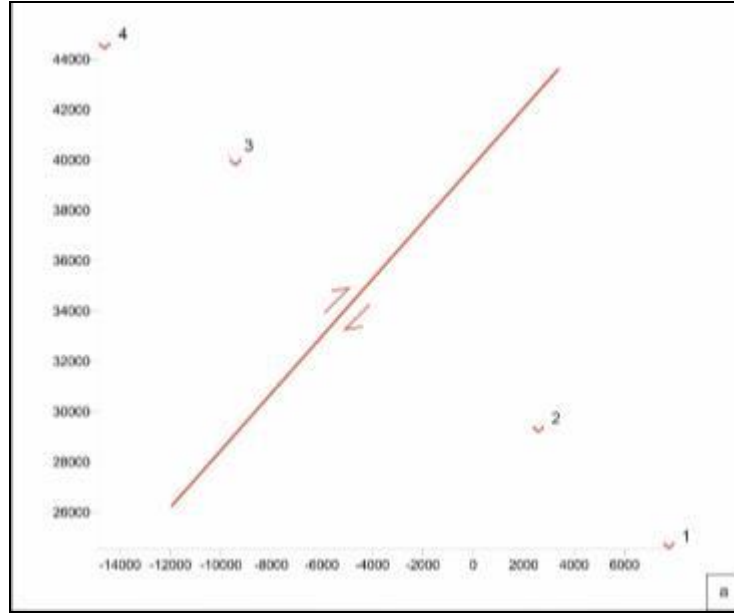
Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarı üzerinde Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 tarihlerinde alınan ölçümler karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 25 aylık süre içinde yaklaşık 6 mm’lik yer değiştirme gözlenmiştir. (Şekil G.1 a,b, ve c).



**Şekil G.1. a.** Gerede Stadyum duvarı **b.** Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **c.** Duvar üzerinde kırığın olduğu kesimin üstten ve yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Afşartarakçı İstasyonu

Afşartarakçı istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 25 aylık süre içerisinde 8 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil G.2. a,b ve c).

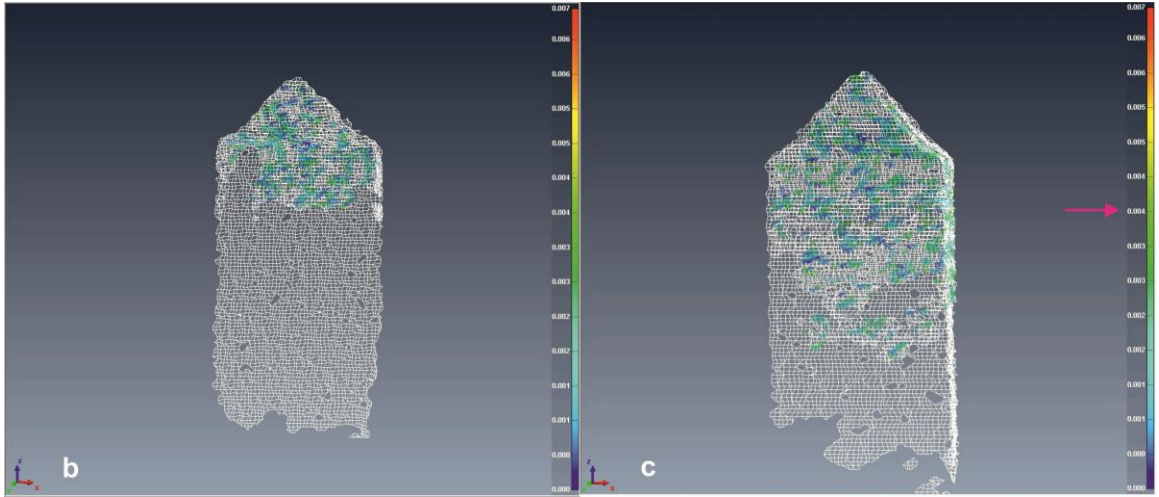
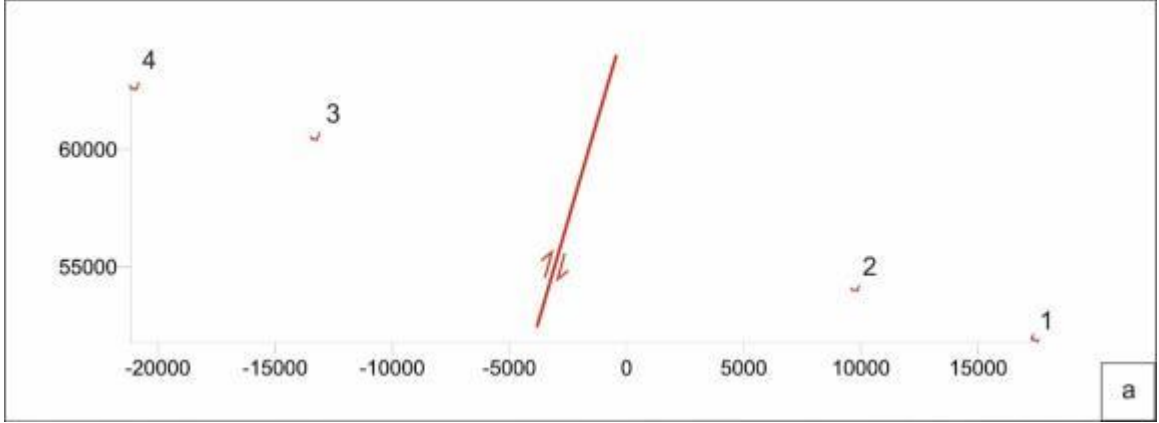


**Şekil G.2.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.



### Kapaklı İstasyonu

Kapaklı istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 4 mm lik bir yer değıştirme gözlenmektedir (Şekil G.3 a,b ve c).

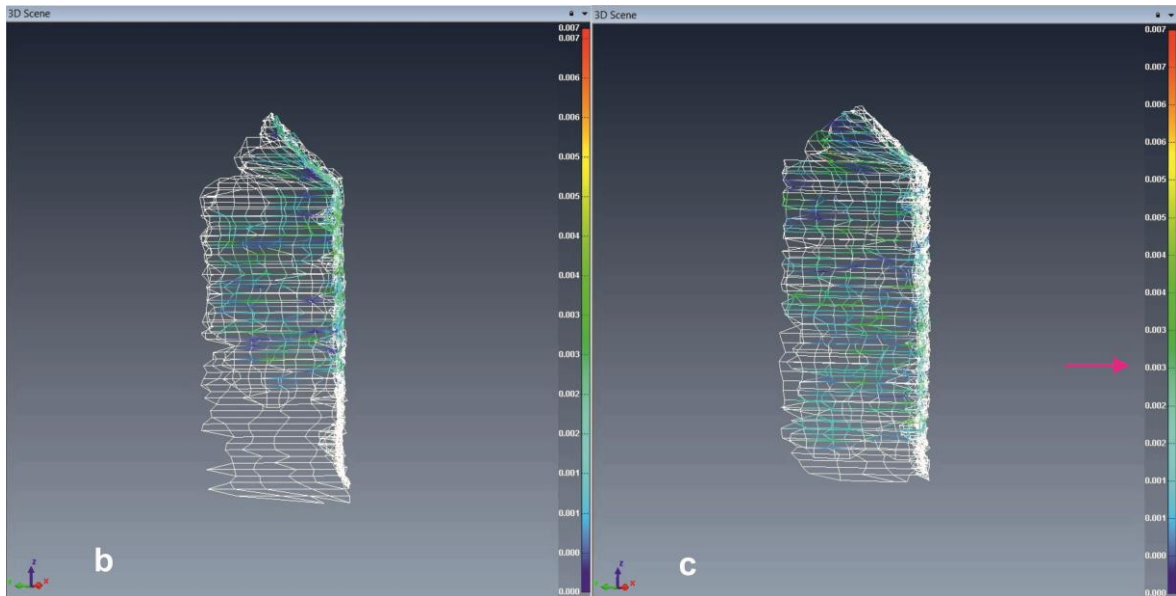
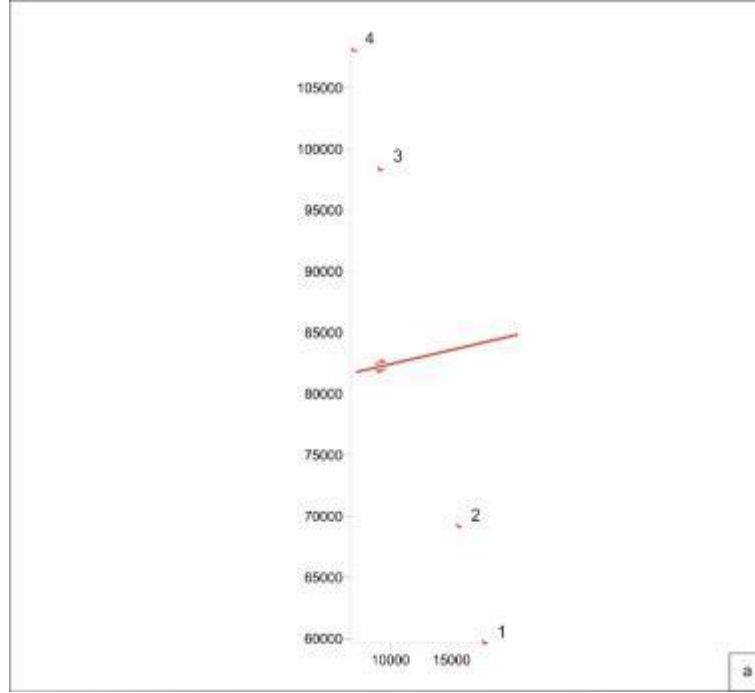


**Şekil G.3.a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.



### Semerciler İstasyonu

Semerciler istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri (Şekil G.4.a,b ve c) karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 3 mm lik bir yer değıştirme gözlenmektedir.



**Şekil G.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

### *İsmetpaşa İstasyonu*

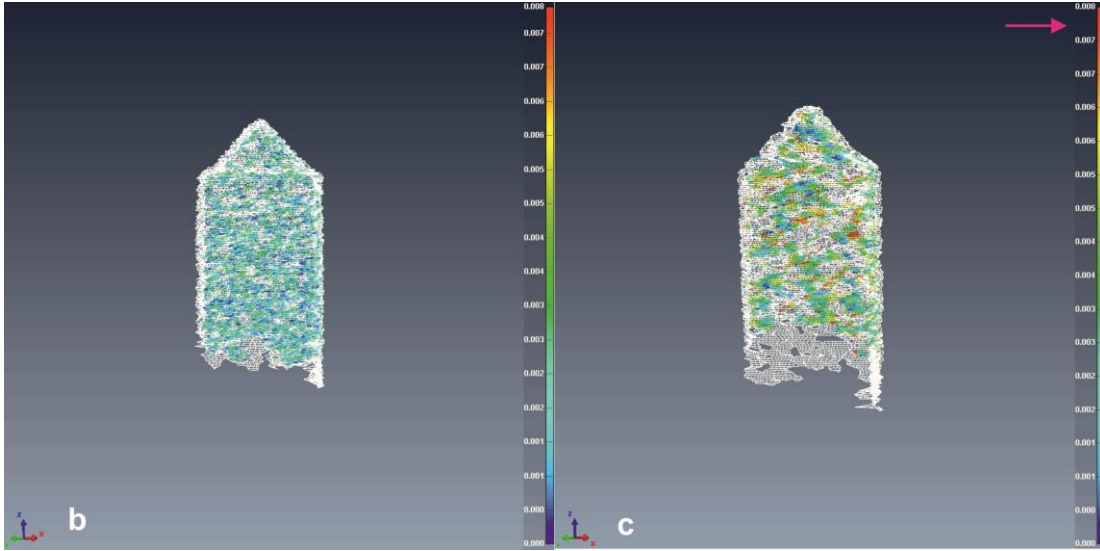
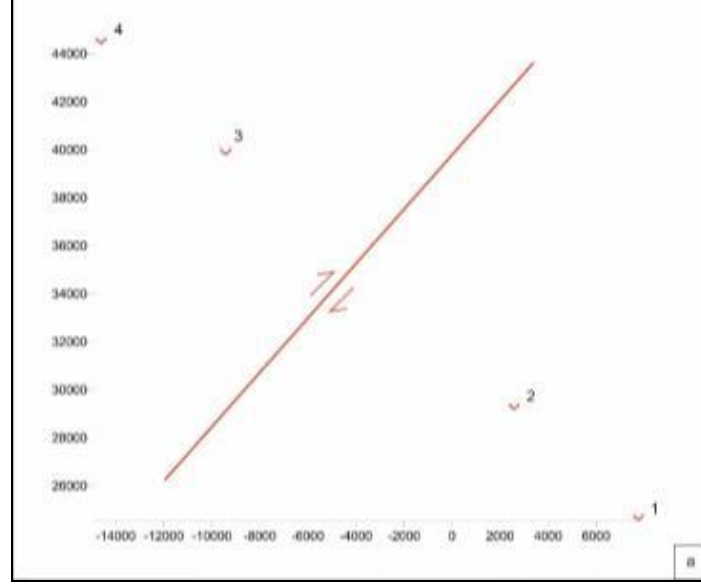
Bu dönemde İsmetpaşa istasyonlarının direkleri hasar görmüş olduğundan ölçüm yapılamamıştır. Ayrıca 2014 yılı ağustos ayında tamir edilen direktten ölçüm alınmak istense de tren istasyonu tadilatı için bölgeye yayınlan betonlar ölçüm yapılmasına izin vermemiştir (Şekil G.5).



**Şekil G.5.** Mayıs 2015’de İsmetpaşa istasyonunda ölçüm direklerinin bulunduğu alan. Sarı ok ağustos 2014’de tamir edilen direği, kırmızı ok ise yıkılan ikinci direği göstermektedir.

### Afşartarakçı İstasyonu

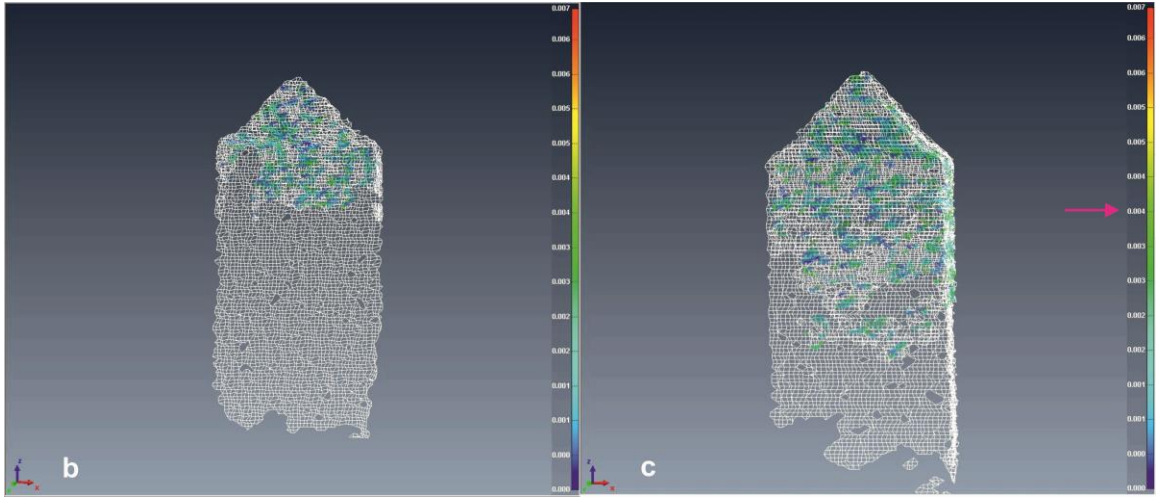
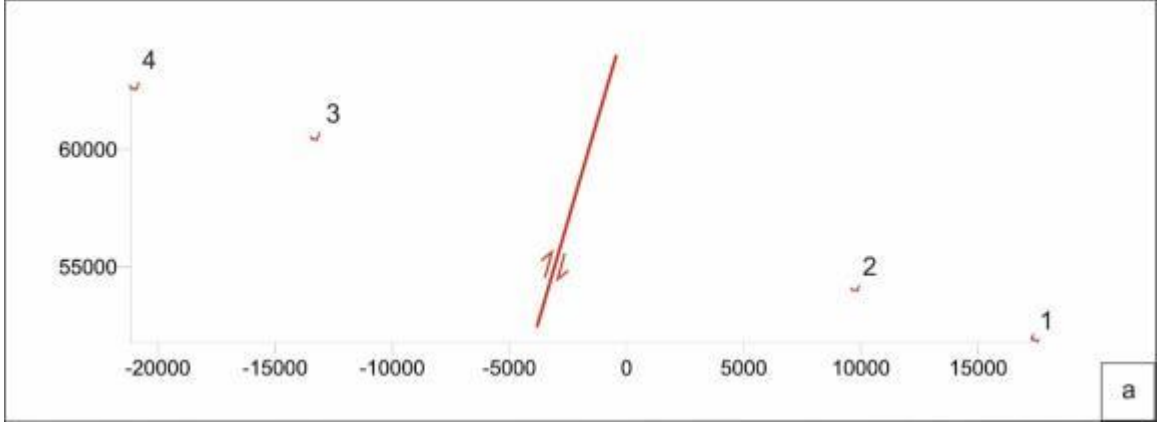
Afşartarakçı istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 25 aylık süre içerisinde 8 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil G.6. a,b ve c).



**Şekil G.6.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Kapaklı İstasyonu

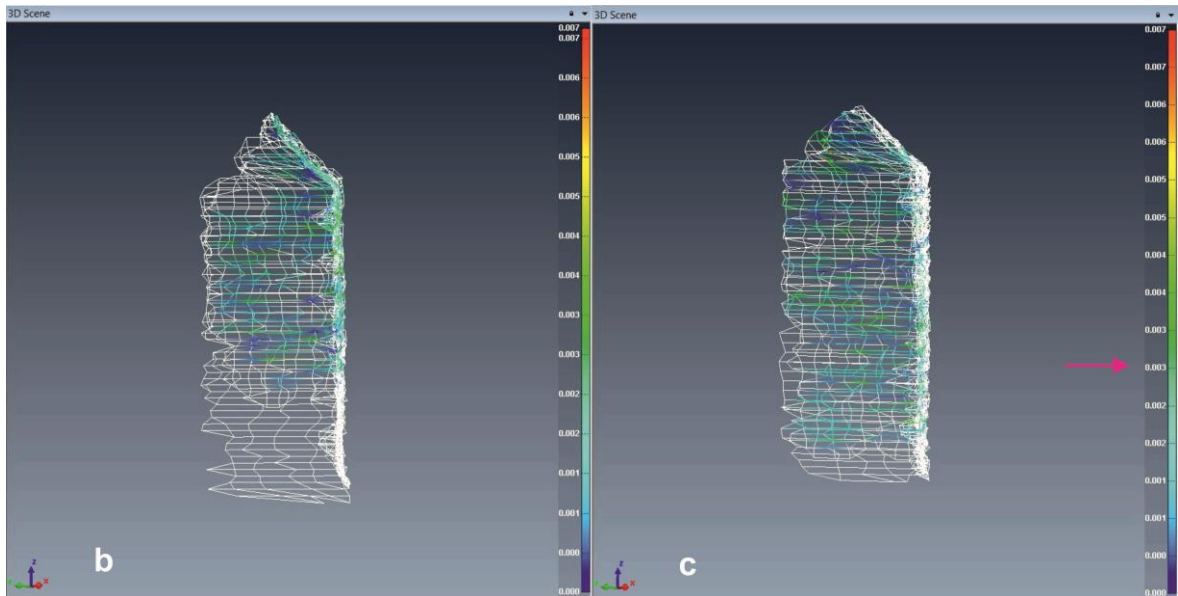
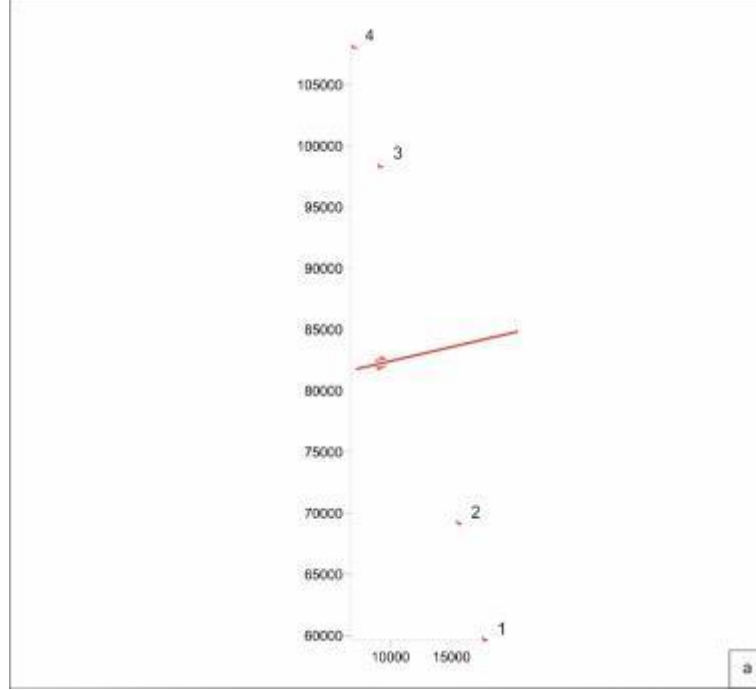
Kapaklı istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 4 mm lik bir yer değıştirme gözlenmektedir (Şekil G.7 a,b ve c).



**Şekil G.7.a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

### Semerciler İstasyonu

Semerciler istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri (Şekil G.8.a,b ve c) karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 3 mm lik bir yer değiştirme gözlenmektedir.



**Şekil G.8.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### *İsmetpaşa İstasyonu*

Bu dönemde İsmetpaşa istasyonlarının direkleri hasar görmüş olduğundan ölçüm yapılamamıştır. Ayrıca 2014 yılı ağustos ayında tamir edilen direktten ölçüm alınmak istense de tren istasyonu tadilatı için bölgeye yayınlan betonlar ölçüm yapılmasına izin vermemiştir (Şekil G.9).

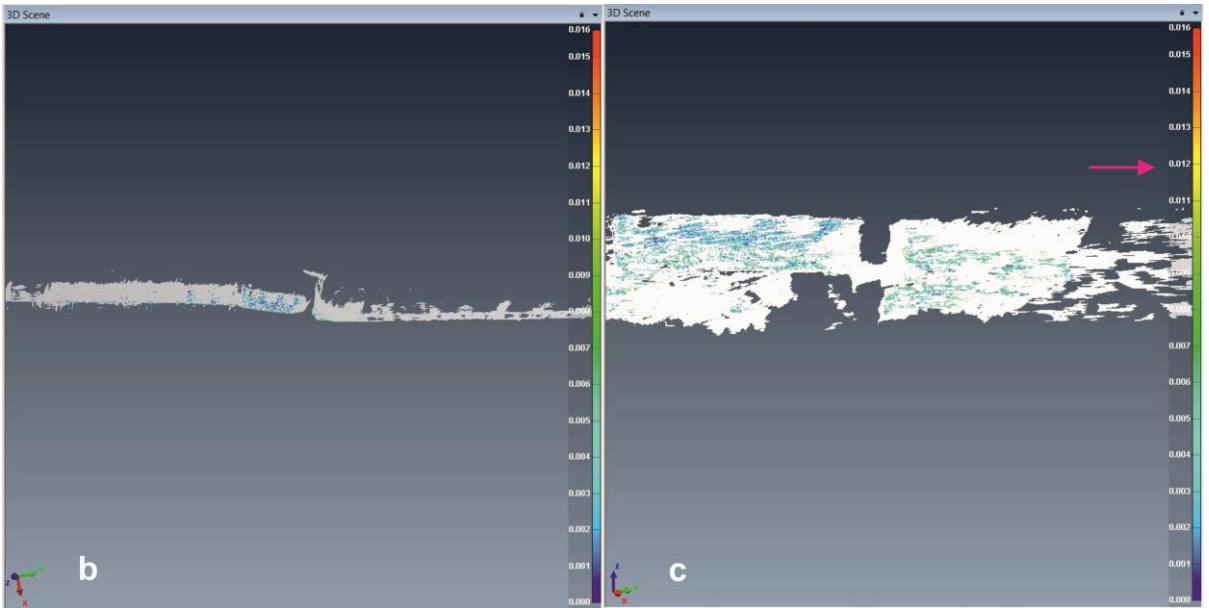


**Şekil G.9.** Mayıs 2015’de İsmetpaşa istasyonunda ölçüm direklerinin bulunduğu alan. Sarı ok ağustos 2014’de tamir edilen direği, kırmızı ok ise yıkılan ikinci direği göstermektedir.



### İsmetpaşa İstasyonu Asfalt Şantiyesi Duvarı

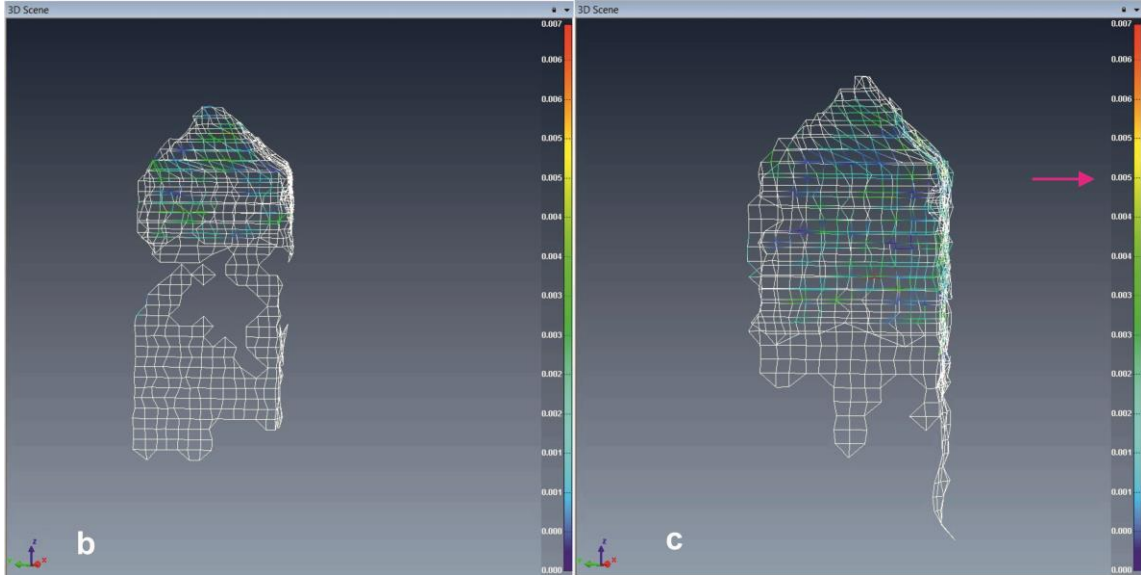
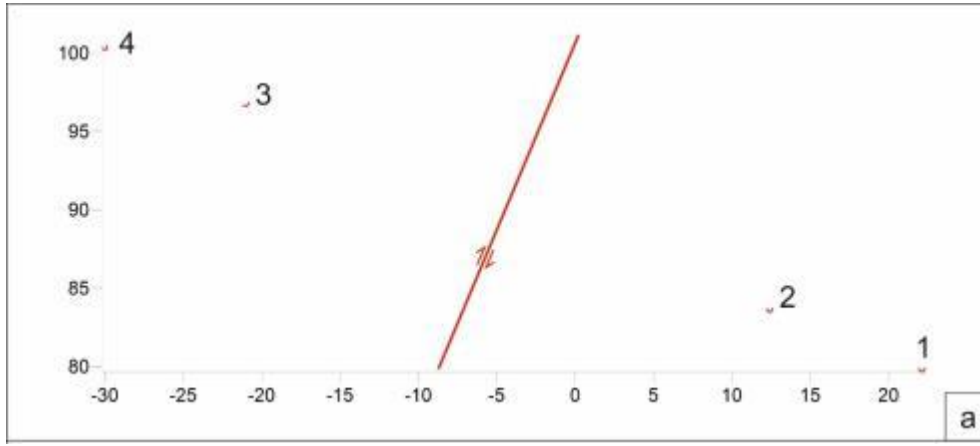
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 25 aylık süre içerisinde 12 mm'lik bir yer değiştirme görülmüştür (Şekil G.10.a, b ve c).



**Şekil G.10. a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, **b.** bu duvarda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. Duvarın üstten görünüşü. **c.** Duvarın yandan görünüşü. Pembe ok duvarda meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Hamamlı İstasyonu

Hamamlı istasyonunda Mayıs 2015 – Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 25 aylık sürede 5 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil G.11 a,b ve c). Hamamlı'nın doğusunda yeni kurulmuş olan bu istasyonun yanı sıra Hamamlı Köyü içerisinde bulunan bir duvarda da krip ölçümleri yapılmaktadır. Ancak Mayıs 2015 ölçüm döneminde de yapılan arazi çalışmalarında bu duvarın önünde bulunan saman balyaları sebebiyle ölçüm alınamamıştır (Şekil G.12).



**Şekil G.11.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 – Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

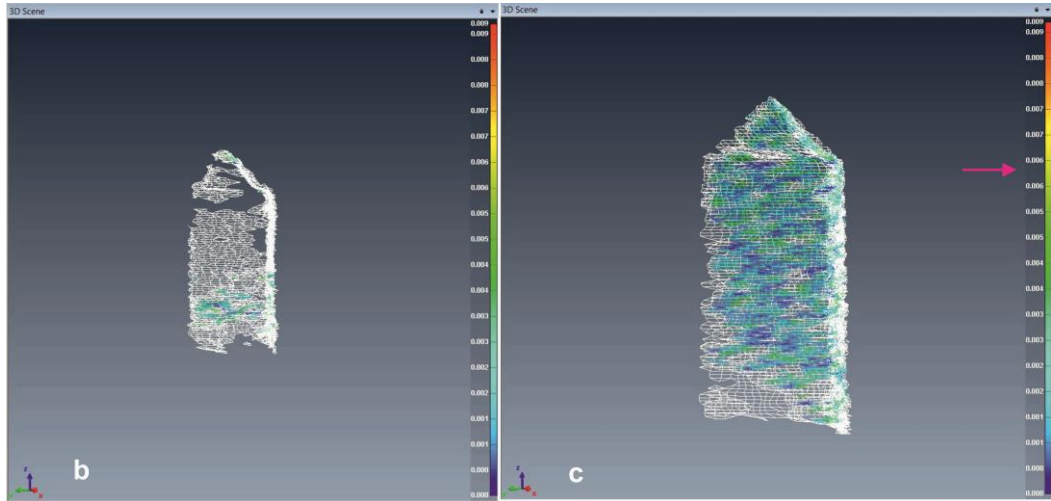
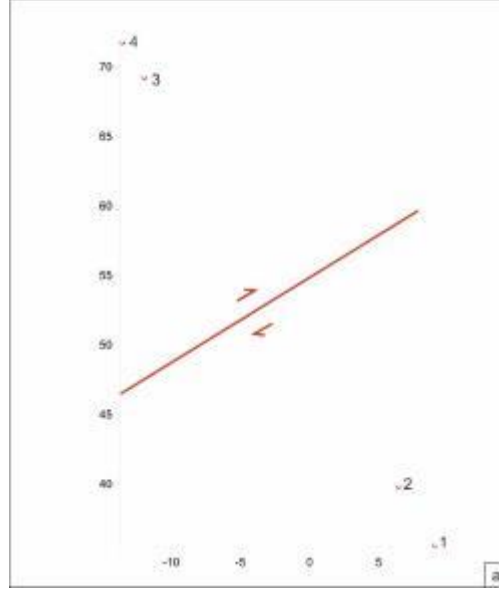




**Şekil G.12.** Hamamlı'da periyodik ölçüm yapılan ahır duvarı ve ölçümü engelleyen saman balyaları fotoğrafta görülmektedir.

### Ahallar İstasyonu

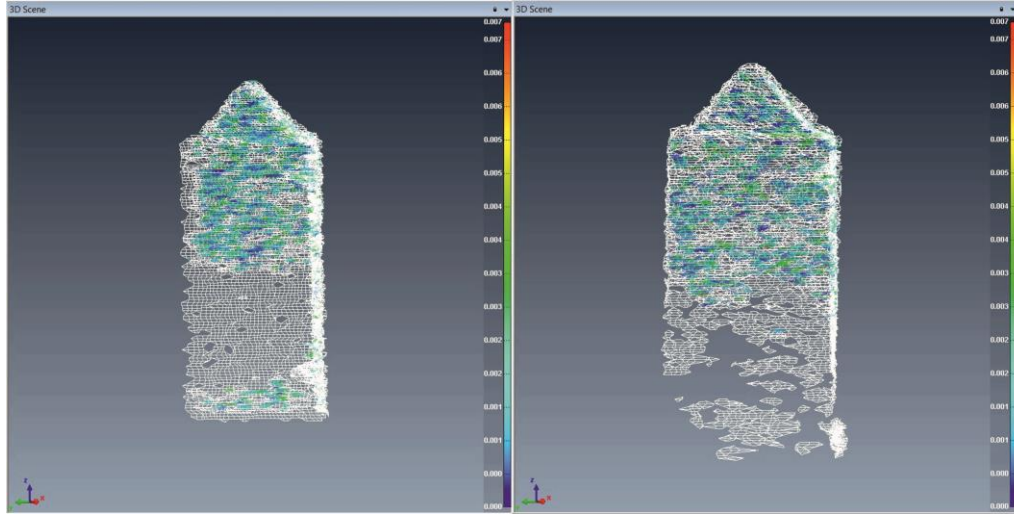
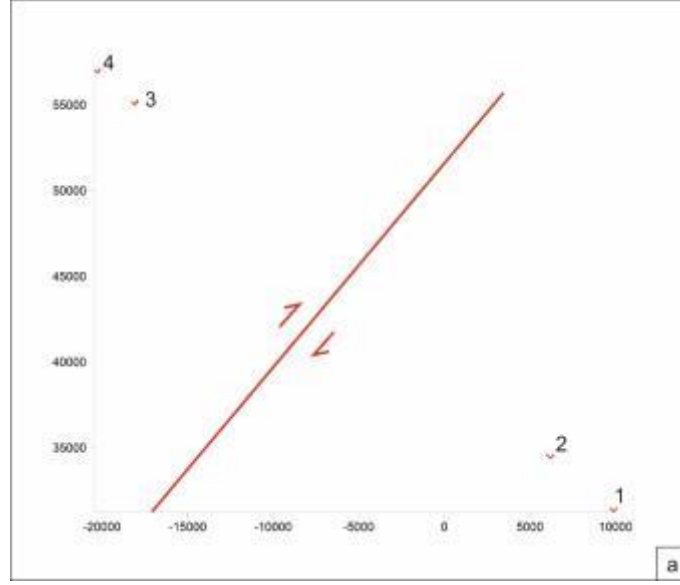
Ahallar istasyonunda Mayıs 2015 – Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 mm lik bir yer değiştirme tespit edilmiştir (şekil G.13.a,b ve c).



**şekil G.13.a.** Ahallar istasyonunda yapılan Aralık 2014 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Çaylı İstasyonu

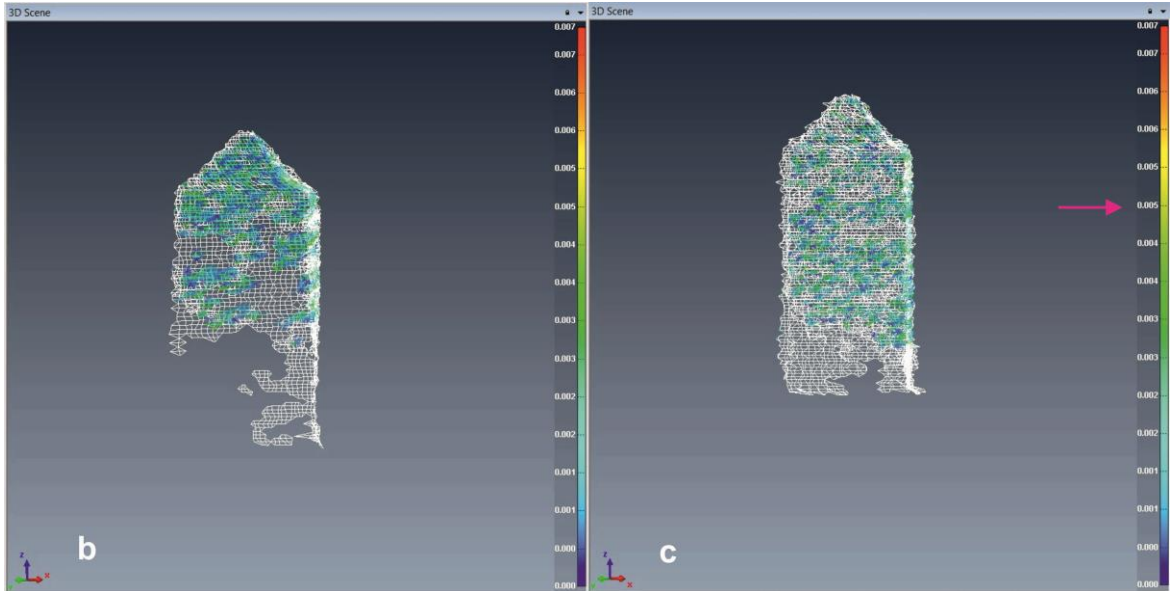
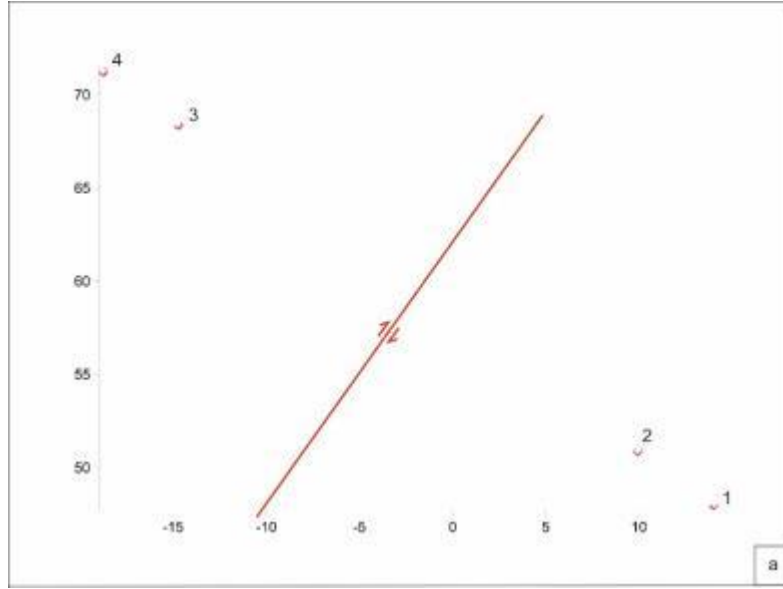
Çaylı istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında bu süre içinde ölçülebilir boyutlarda olmamakla beraber bölgede bir deformasyonun mevcut olduğu söylenebilir (Şekil G.14 a,b ve c).



**Şekil G.14.a.** Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü.

### Fatih İstasyonu

Fatih istasyonunda Mayıs 2015 ile Mayıs 2013 ölçümleri karşılaştırıldığında 5 mm'lik bir yer değıştirme görülmektedir. (Şekil G.15 a,b ve c).



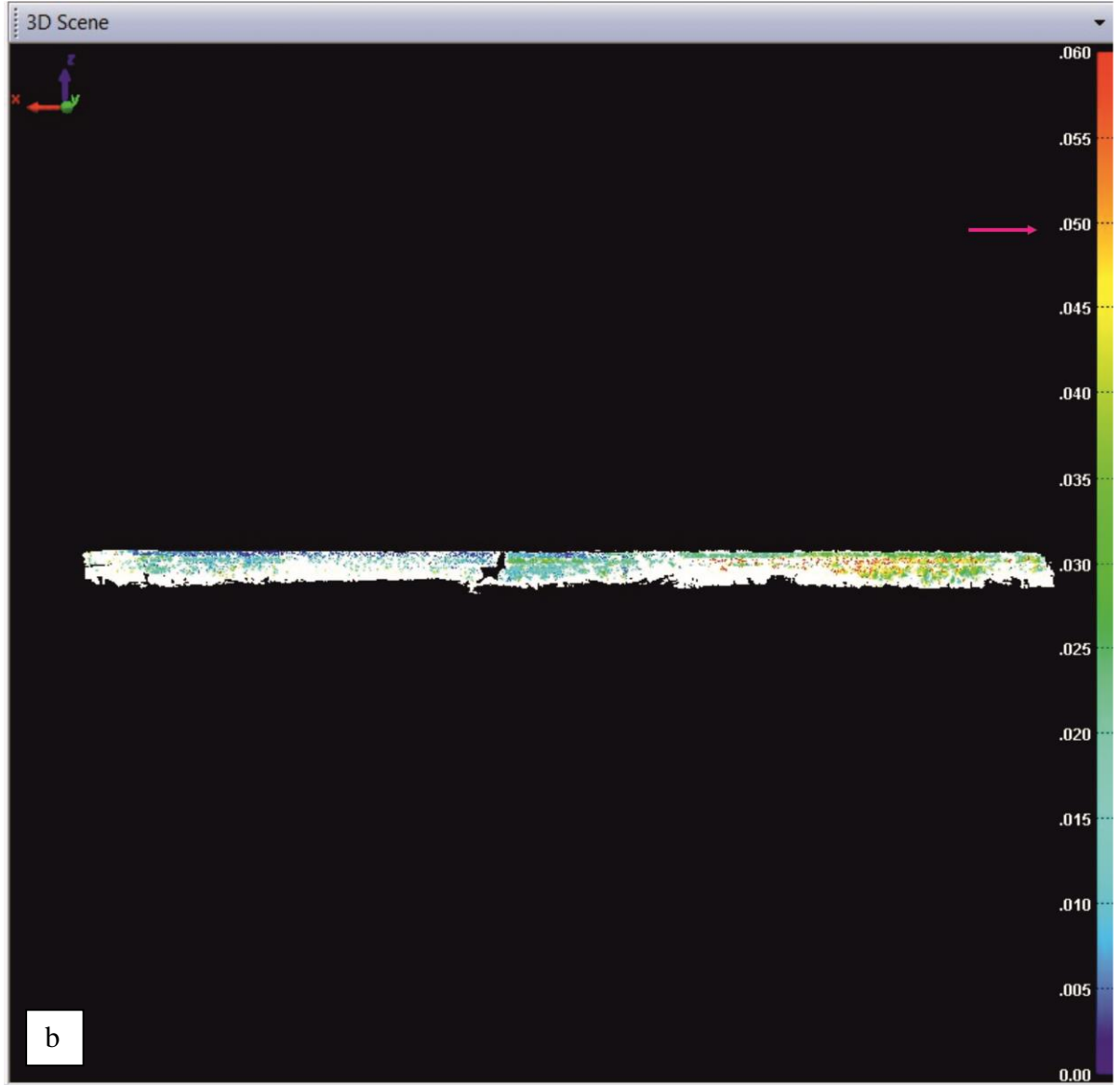
**Şekil G.15. a.** Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Aralık 2013 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

## **Ek Açıklama –H: Mayıs 2015 – Haziran 2007 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması**

### *İsmetpaşa İstasyonu Asfalt Şantiyesi Duvarı*

Bu tez çalışmasından önce 2007- 2009 yılları arasında Prof.Dr. Erhan Altunel'in yürütücülüğünde yapılmış olan Tübitak projesi kapsamında İsmetpaşa'da bulunan Karayolları asfalt şantiyesi duvarında LİDAR ile ölçümler yapılmış ve alınan bu ölçümler arşivlenmiştir. Arşivlenen ölçümlerden ilki Haziran 2007 yılına aittir. Haziran 2007 tarihinde yapılan ölçümler ile bu tez çalışması kapsamında alınan son ölçüm olan Mayıs 2015 tarihli LİDAR verisi karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda 9 yıllık periyotta toplam 50 mm yer değiştirme tespit edilmiştir. Bu değer yıl bazında hesaplandığında yılda bu lokasyon için 5.55 mm yerdeğiştirme hesaplanmıştır (Şekil H.1.a ve b).





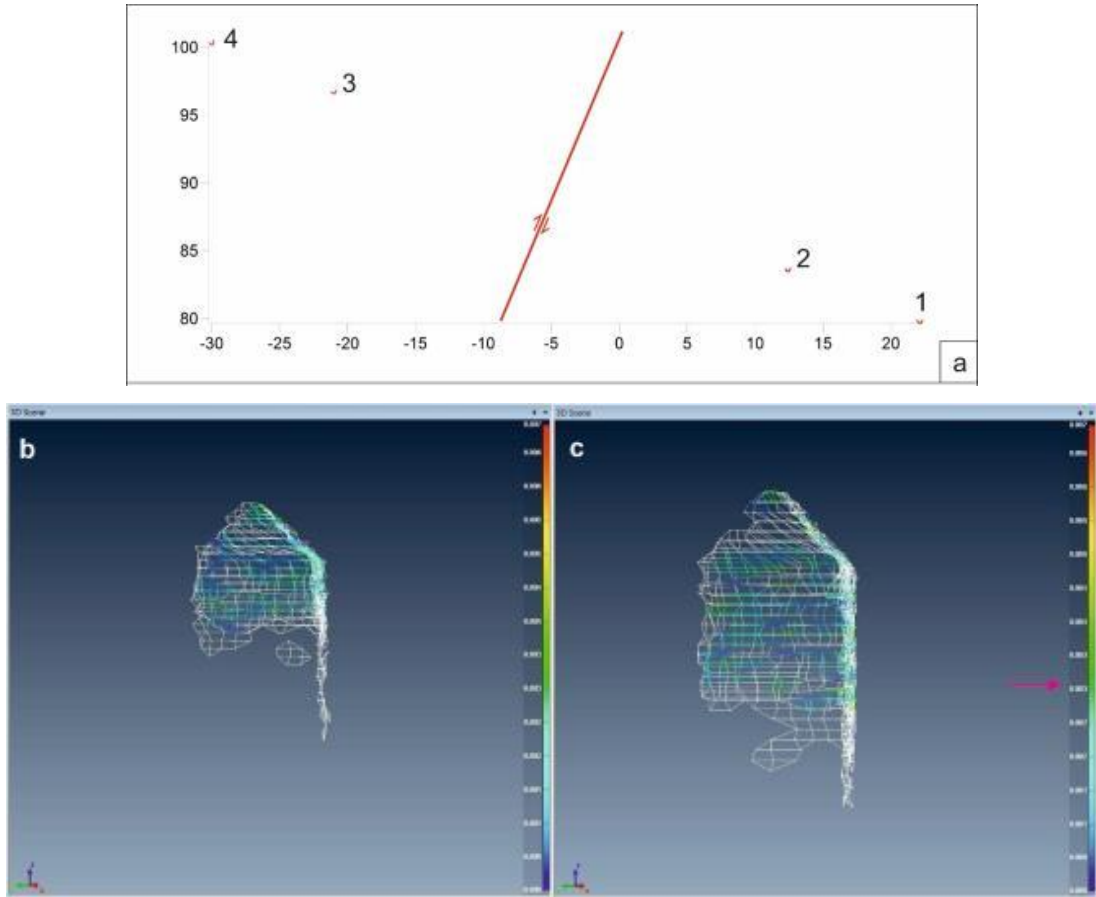
**Şekil H.1. a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, **b.** bu duvarda yapılan Mayıs 2015 ile Haziran 2007 ölçümlerinin karşılaştırılması.

## Ek Açıklama –I: Eylül 2015 – Mayıs 2015 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Eylül 2015’de yapılan ölçümlerin Mayıs 2015’de yapılan ölçüm ile karşılaştırılması sonucunda Hamamlı ve Çaylı istasyonları dışında kalan 9 istasyonun hiçbirinde yer değiştirme tespit edilmemiştir.

### *Hamamlı İstasyonu*

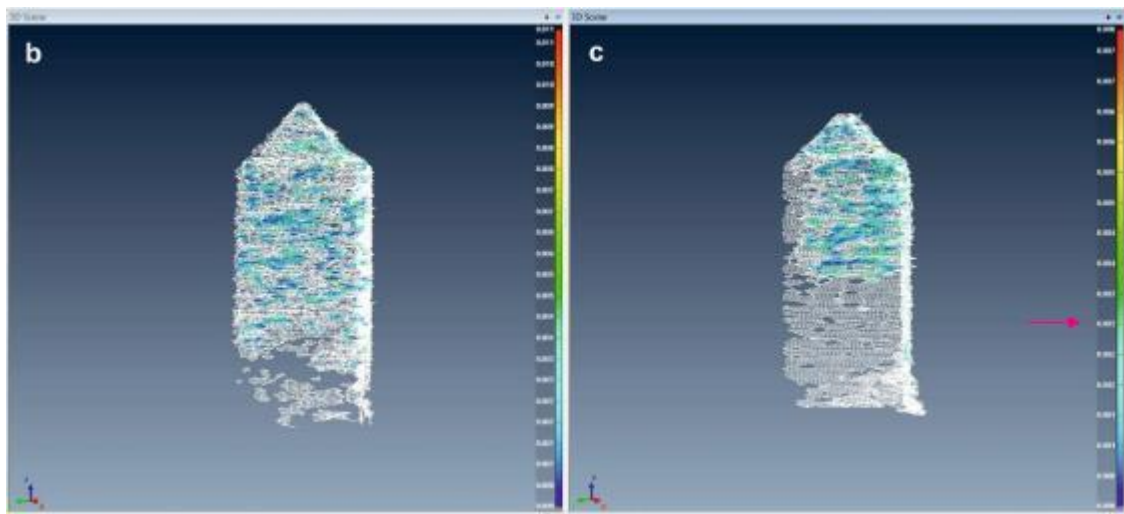
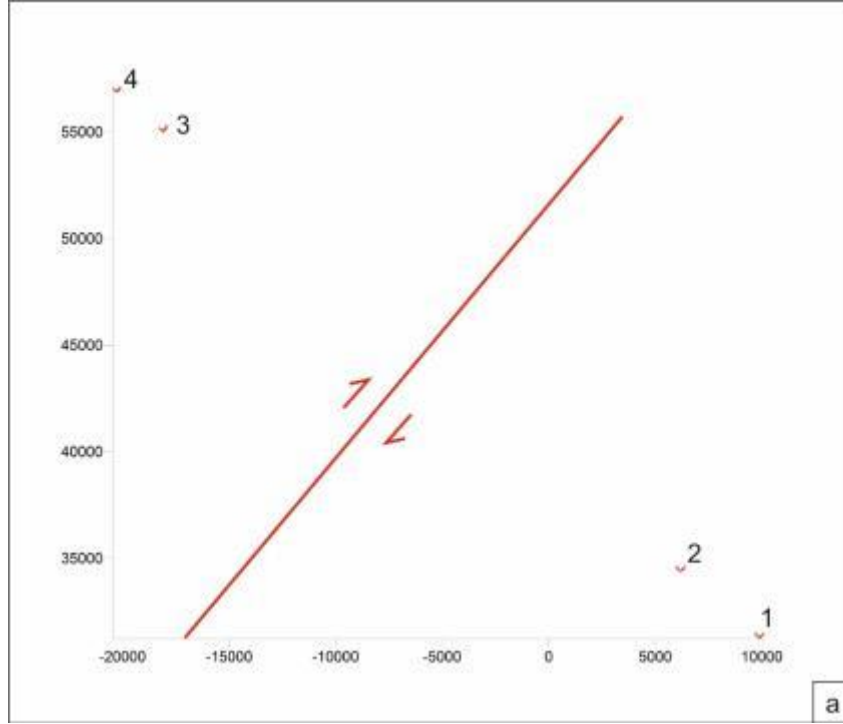
Hamamlı istasyonunda Mayıs 2015 - Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında 3 aylık sürede 3 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil I.1 a,b ve c).



**Şekil I.1.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Çaylı İstasyonu

Çaylı istasyonunda Mayıs 2015 - Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında, başlangıç tarihinden bu yana yapılan ölçümlerin aksine 3 aylık periyotta 3 mm'lik yer değiştirme görülmüştür (Şekil I.2 a,b ve c).



**Şekil I.2. a.** Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2015 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

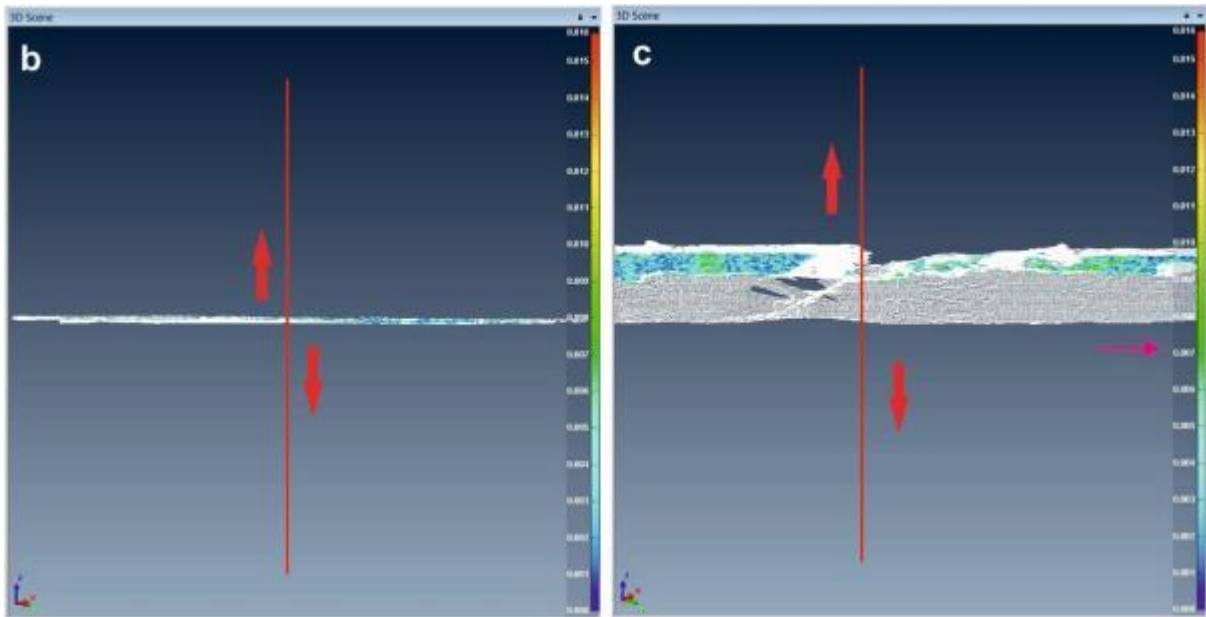


## Ek Açıklama –İ: Eylül 2015 – Mayıs 2013 LİDAR Ölçümlerinin Karşılaştırılması

2015 yılı Eylül ayı içerisinde yapılan ölçümler ile 2013 yılı Mayıs ayında alınan ölçümler karşılaştırıldığında Ek Açıklama İ’de her istasyon için ayrı ayrı verilen yer değiştirme değerleri bulunmuştur.

### *Gerede Stadyum Duvarı*

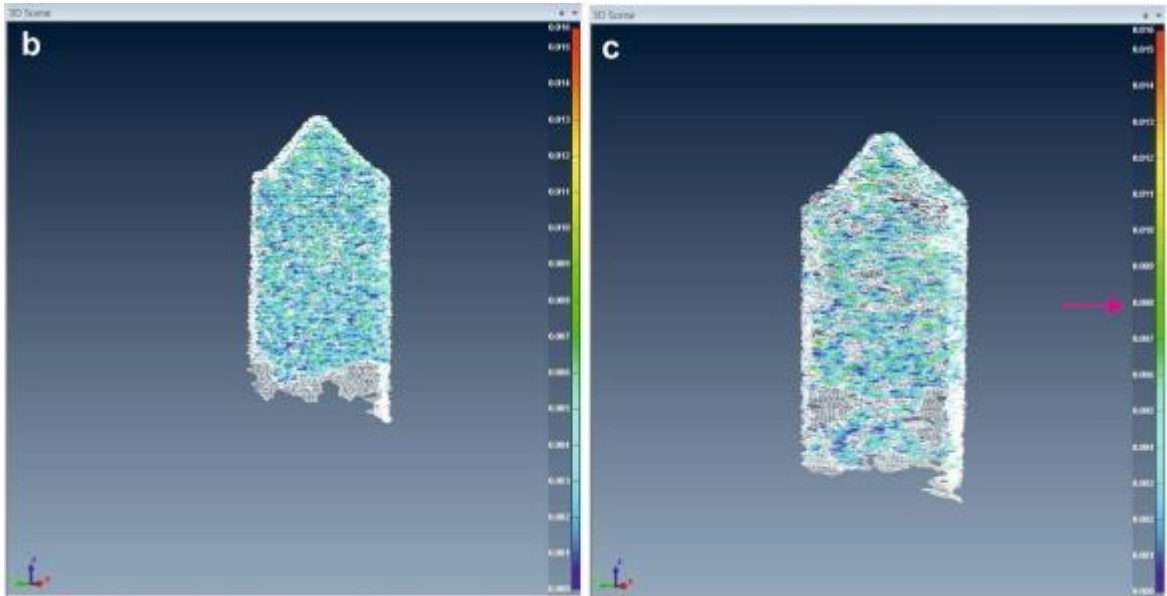
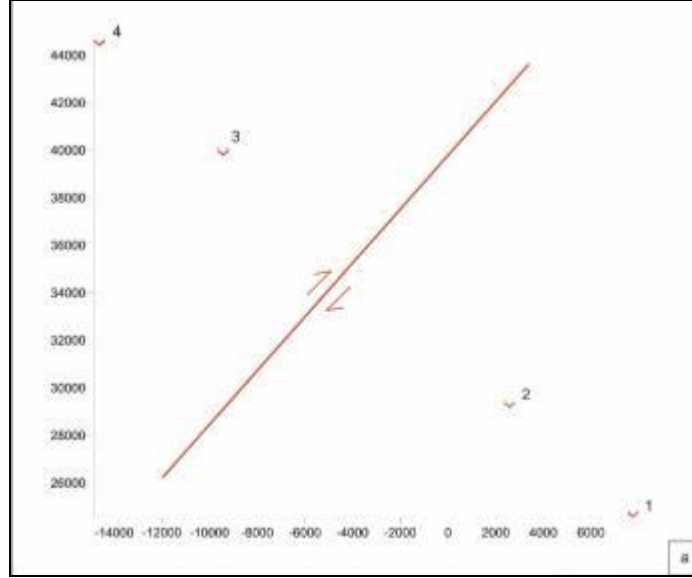
Gerede ilçe merkezinde bulunan şehir stadyumuna ait bahçe duvarı üzerinde Mayıs 2013 ve Eylül 2015 tarihlerinde alınan ölçümler karşılaştırıldığında bu duvar üzerinde 29 aylık süre içinde toplam 7 mm’lik bir yer değiştirme olduğu gözlenmiştir (Şekil İ.1. a,b ve c).



**Şekil İ.1.a.** Gerede Stadyum duvarı genel görünümü, **b.** Mayıs 2013 ve Eylül 2015 tarihlerinde alınan ölçümlerin karşılaştırılması, **c.** Duvarda görülen yer değiştirme miktarının yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Afşartarakçı İstasyonu

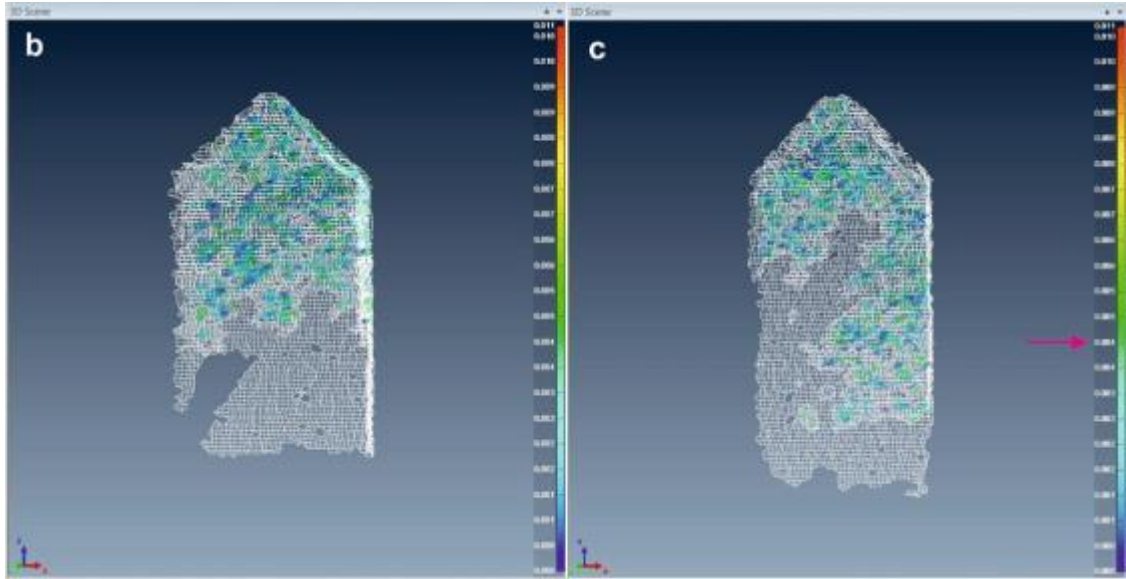
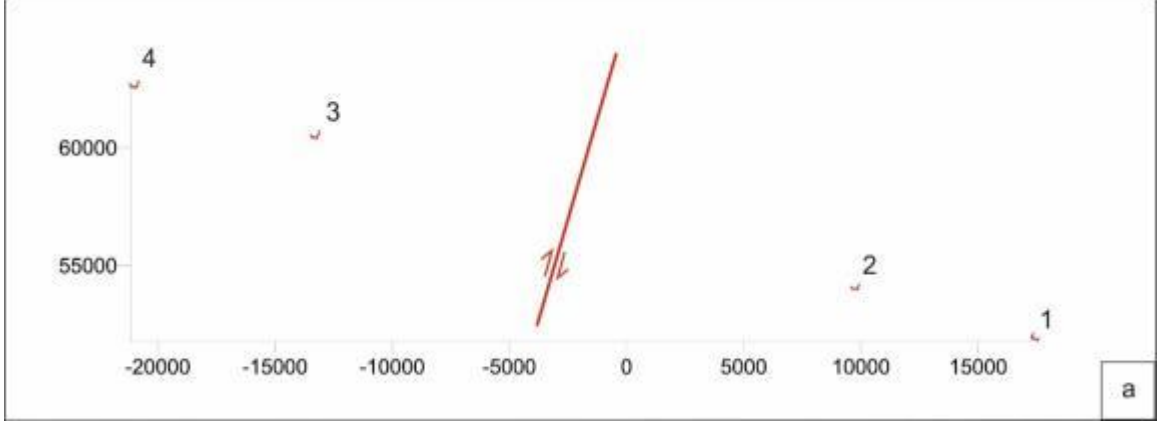
Afşartarakçı istasyonunda Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında 29 aylık süre içerisinde 8 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil İ.2. a,b ve c).



**Şekil İ.2.a.** Afşartarakçı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Kapaklı İstasyonu

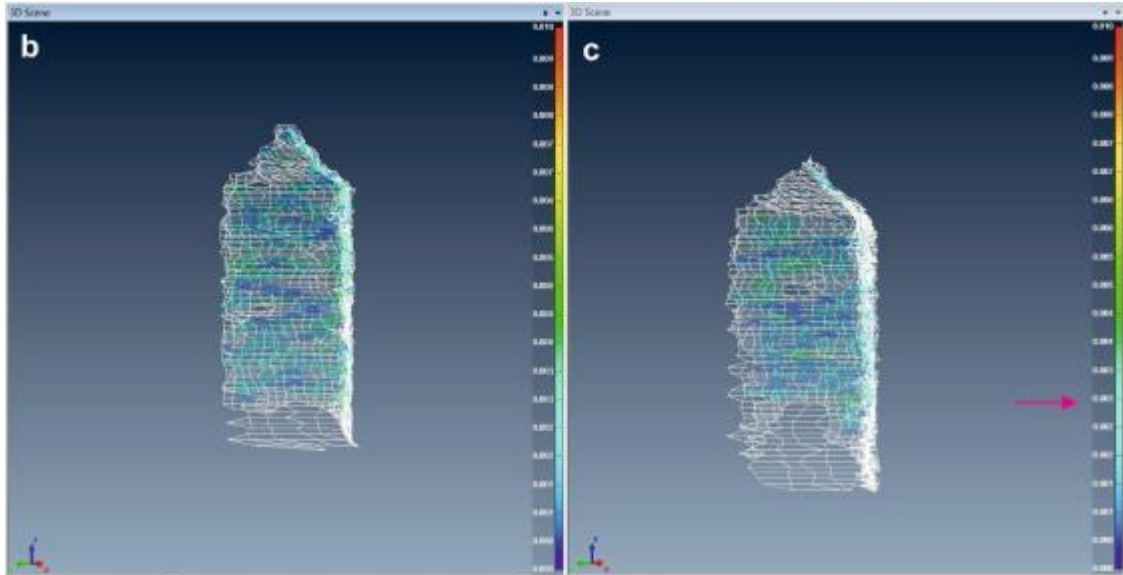
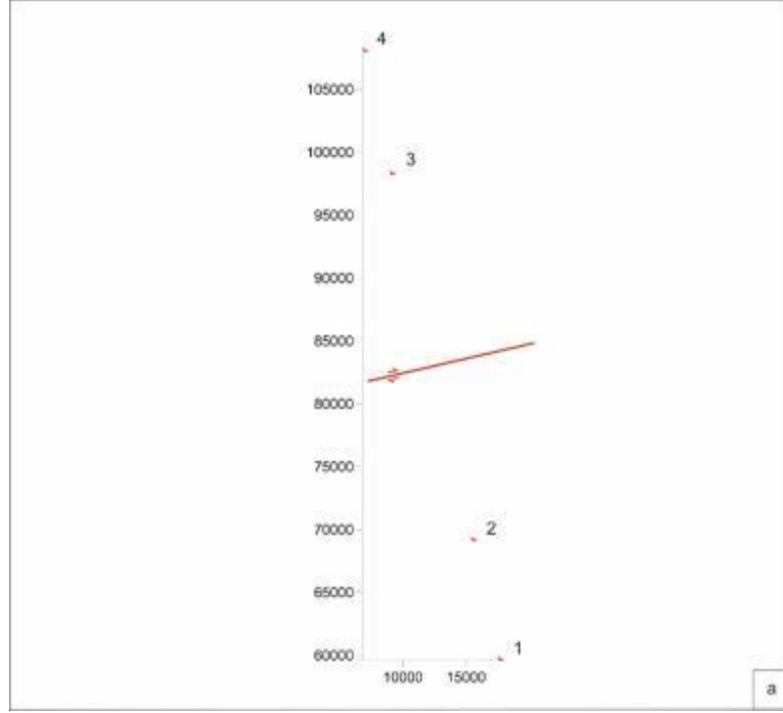
Kapaklı istasyonunda Mayıs 2013 - Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda yaklaşık 4 mm lik bir yer değiştirme gözlenmektedir (Şekil İ.3. a,b ve c).



**Şekil İ.3. a.** Kapaklı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 -Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 3 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Semerciler İstasyonu

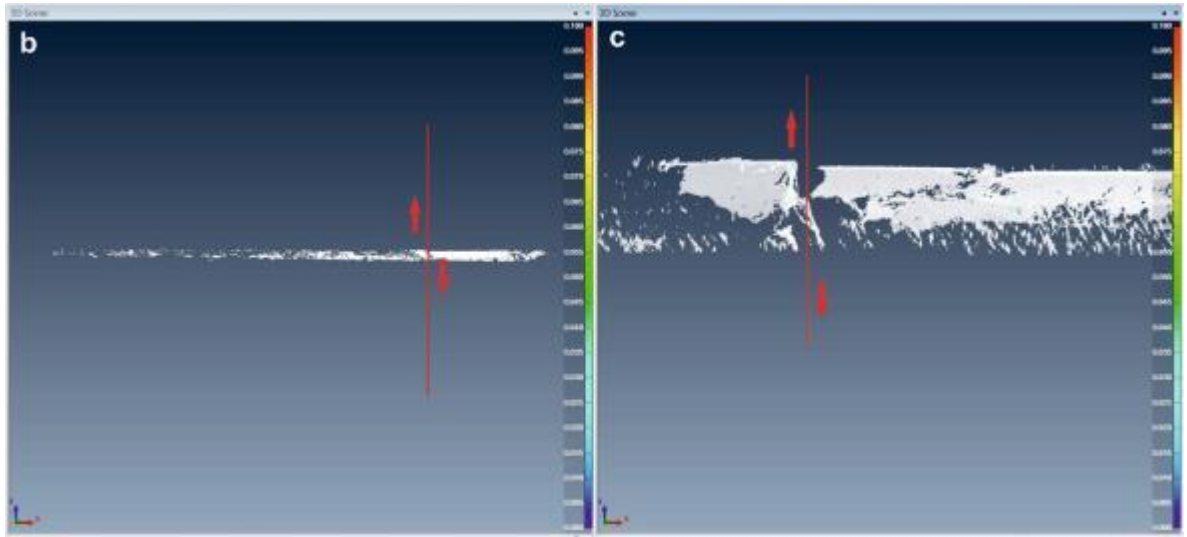
Semerciler istasyonunda Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümleri (Şekil İ.4.a,b ve c) karşılaştırıldığında bölgede 3 mm'lik bir yerdeğiştirmenin olduğu görülmektedir.



**Şekil İ.4.a.** Semerciler istasyonunda yapılan Mayıs 2013 - Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü.

### *İsmetpaşa Asfalt Şantiyesi Duvarı*

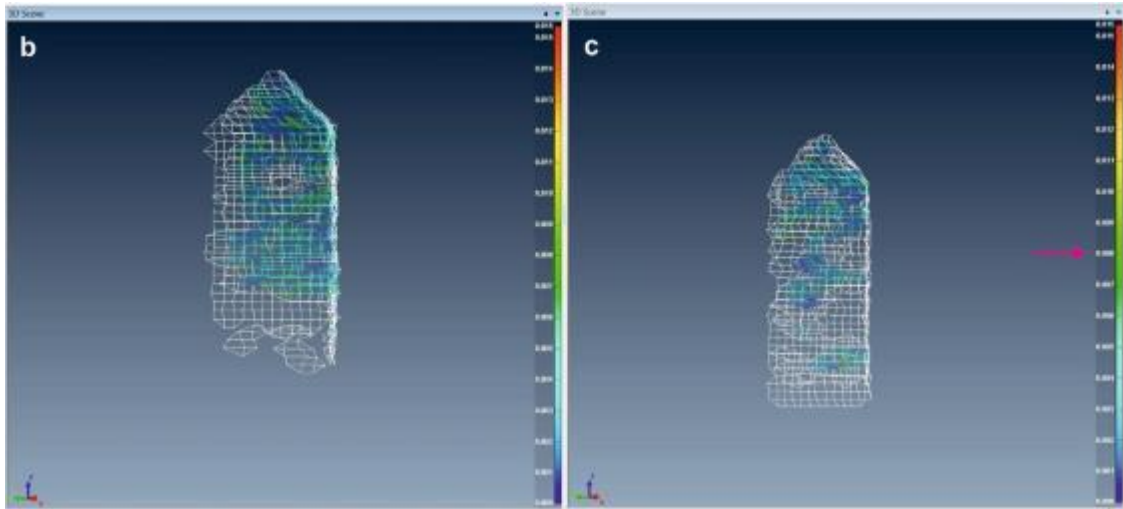
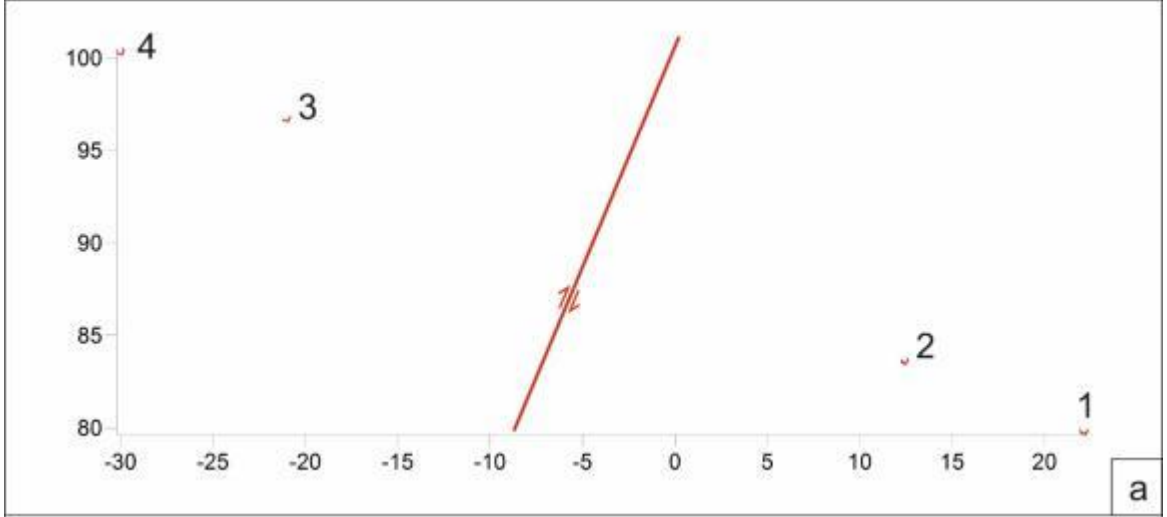
İsmetpaşa'da Karayolları Bakım İstasyonu duvarında yapılan Mayıs 2013 - Eylül 2015 ölçümleri; Mayıs 2015 tarihinde alınan ölçüm ile elde edilen noktaların çok seyrek olması sebebiyle karşılaştırılamamıştır (Şekil İ.5. a, b ve c).



**Şekil İ.5. a.** İsmetpaşa'daki Karayolları Bakım İstasyonu duvarı, bu duvarda yapılan Mayıs 2013- Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması, **b.** duvarın tamamının yandan görünümü, **c.** duvarda kırığın olduğu bölgenin yakından görünümü. Kırmızı çizgi fayı, işaret etmektedir.

### Hamamlı İstasyonu

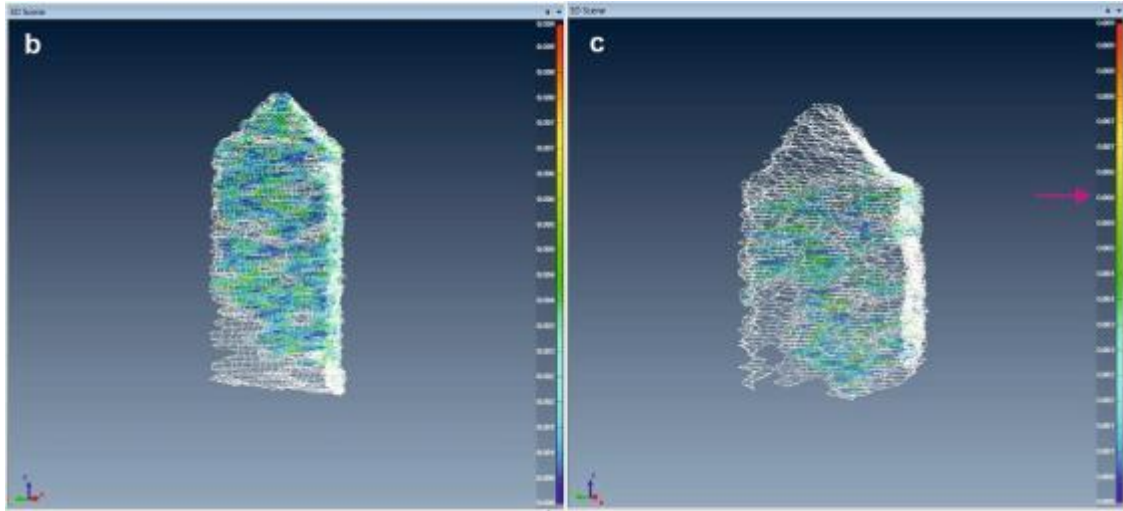
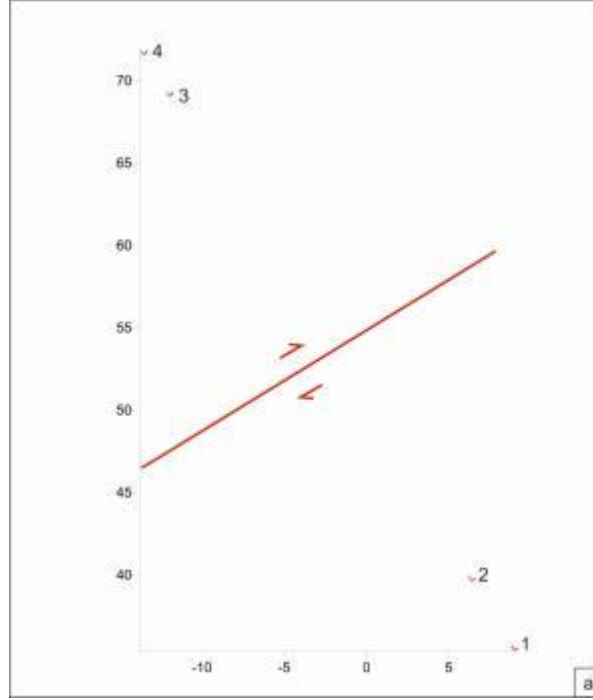
Hamamlı istasyonunda Mayıs 2013 - Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında 29 aylık sürede 8 mm yer değiştirme hesaplanmıştır (Şekil İ.6 a,b ve c).



**Şekil İ.6.a.** Hamamlı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

### Ahallar İstasyonu

Ahallar istasyonunda Mayıs 2013 –Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında 6 mm lik bir yer değıştirme tespit edilmiştir.(Şekil İ.7. a,b ve c).

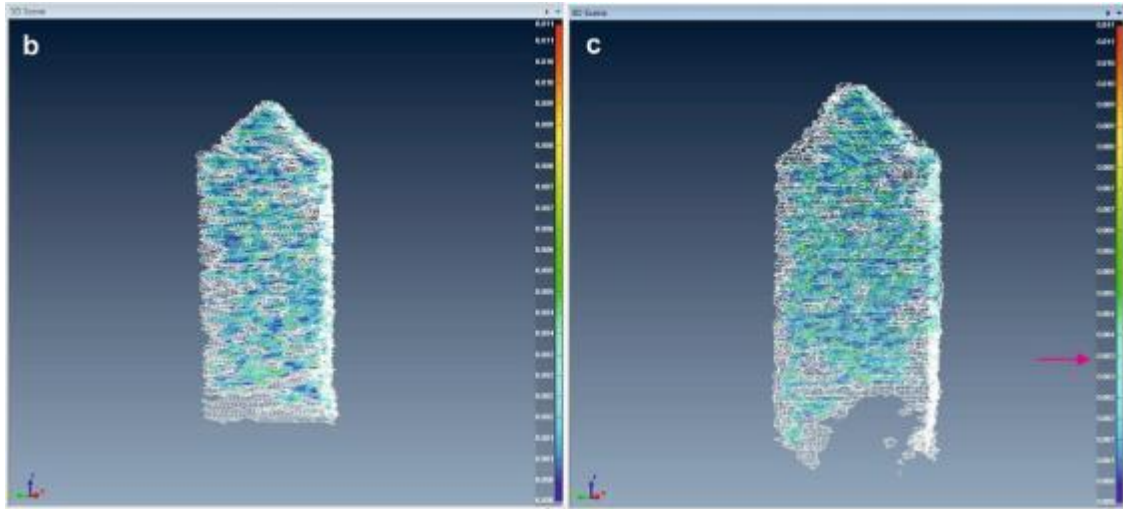
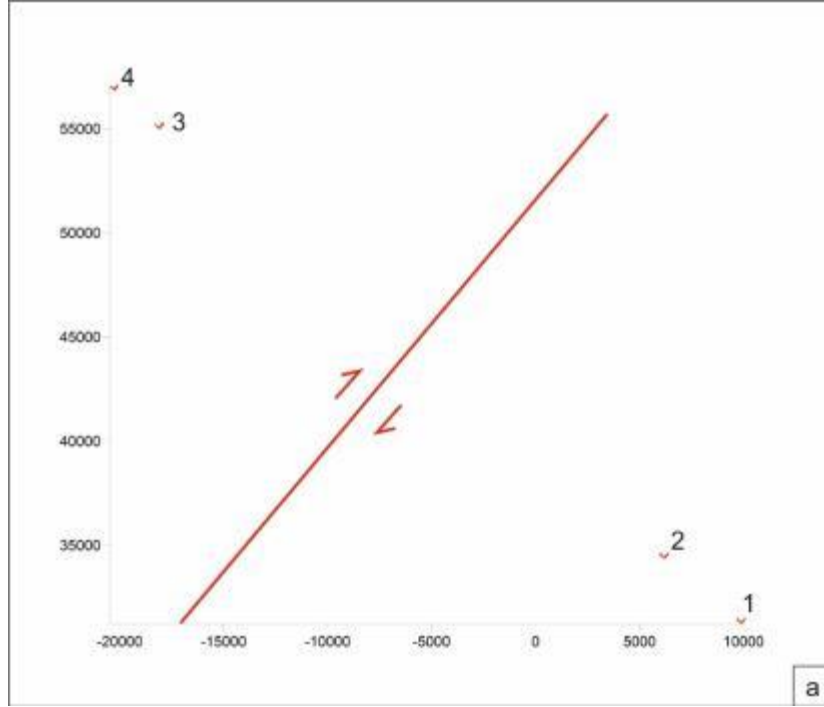


**Şekil İ.7. a.** Ahallar istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.



### Çaylı İstasyonu

Çaylı istasyonunda Mayıs 2013 - Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında, başlangıç tarihinden bu yana yapılan ölçümlerin aksine 29 aylık periyotta 3 mm'lik yer değiştirme görülmüştür (Şekil İ.8. a,b ve c).

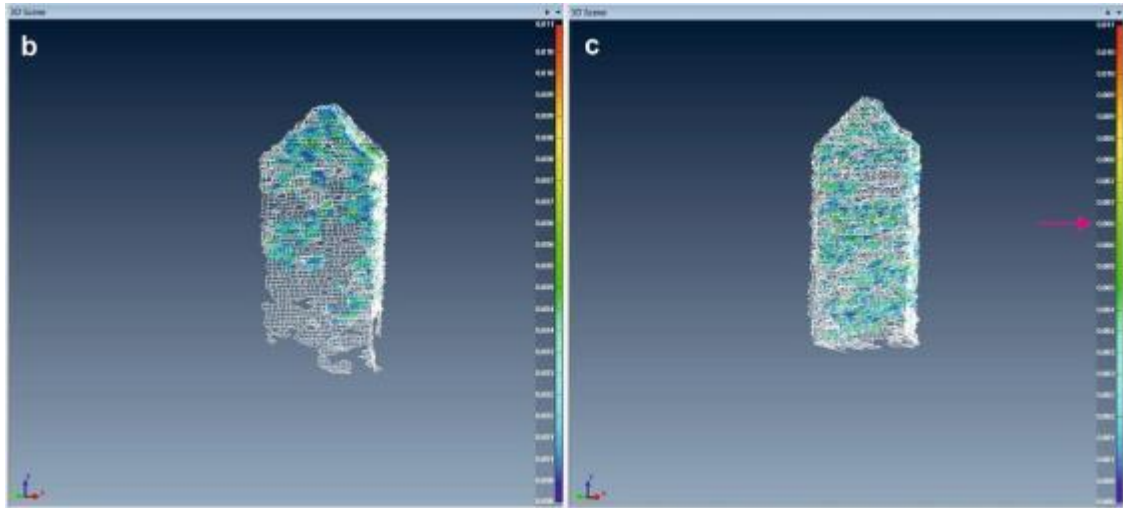
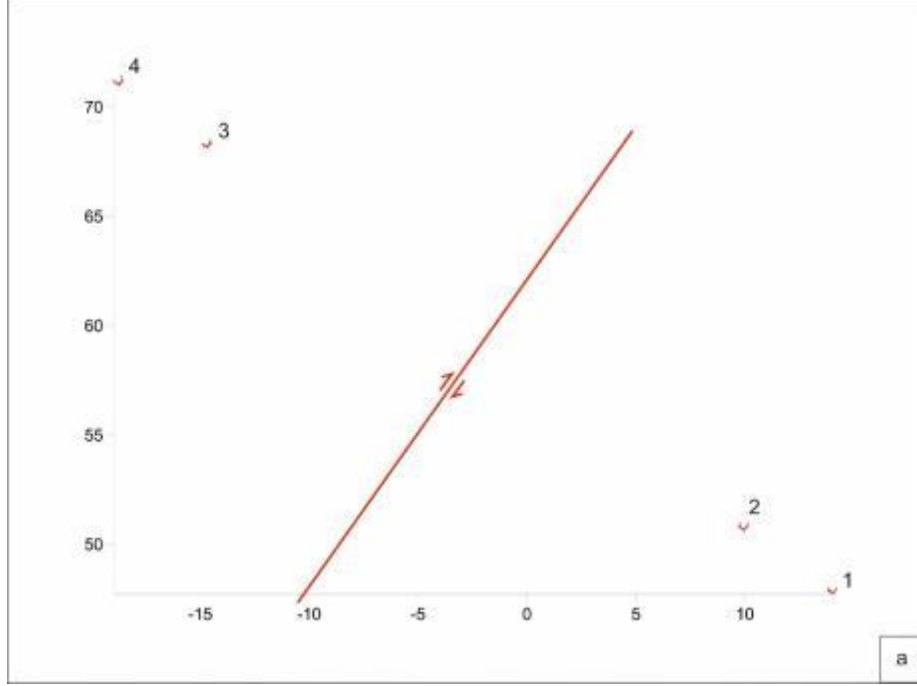


**Şekil İ.8.a.** Çaylı istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 3 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 2 numaralı direğin yakından görünümü.



### Fatih İstasyonu

Fatih istasyonunda Mayıs 2013 –Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında 3 mm'lik bir yer değıştirme görülmektedir. (Şekil İ.9.a,b ve c).



**Şekil İ.9. a.** Fatih istasyonunda yapılan Mayıs 2013 – Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması. **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 1 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nuda Gerede Bayramören Arasında Meydana Gelen Krip  
Hareketinin Yersel LİDAR ile İzlenmesi

Sevgi Altınok Erayık

**EKLER**

**Ek. 1.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nunda Gerede-Bayramören Arasında Kalan Kesiminin  
Jeoloji Haritası

Haziran 2016



## ÖZGEÇMİŞ

<b>Ad Soyad</b>	:Sevgi Altınok Erayık
<b>Doğum Yeri ve Tarihi</b>	:Ankara, 1985
<b>Uyruğu</b>	: T.C
<b>Lisans Eğitimi</b>	:Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
<b>Yüksek Lisans Eğitimi</b>	:Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

### Yayınlar

**Altınok, S.**, Karabacak, V., Altunel, E., Yalçın, C. Ç., Bilgen, A. N., Kıyak, N. G., 2012, Kütahya Fay Zonu'nun Holosen Aktivitesi, Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 55, Sayı 1, Sf.1-17.

Fraser J., Hubert-Ferrari A., Vanneste K., **Altınok S.** and Drab L., 2010, A relict sedimentary record of seven earthquakes between 600 AD and 2000 BC on the central North Anatolian Fault at Elmacık, near Osmancık, Turkey, accepted in Geological Society of America.

Fraser, J., Pigati, J.S., Hubert-Ferrari, A., Vanneste, K., Avşar, U. And **Altınok, S.**, 2009, A 3000-Year record of Ground-Rupturing Earthquakes along the Central North Anatolian Fault near Lake Ladik, Turkey, Bulletin of the Seismology Society of America, 99, 5, 2681-2703.