

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞAL GERİLİM (SP) VE
ELEKTROMANYETİK VLF YÖNTEMLERİ İLE
AKTİF TEKTONİK ZONLARININ
İNCELENMESİ

Çağlar ÖZER

Ağustos, 2012

İZMİR

**DOĞAL GERİLİM (SP) VE
ELEKTROMANYETİK VLF YÖNTEMLERİ İLE
AKTİF TEKTONİK ZONLARININ
İNCELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Çağlar ÖZER

Ağustos, 2012

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

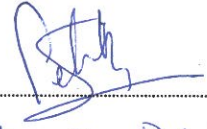
ÇAĞLAR ÖZER, tarafından PROF.DR. MAHMUT GÖKTUĞ DRAHOR yönetiminde hazırlanan “DOĞAL GERİLİM (SP) VE ELEKTROMANYETİK VLF YÖNTEMLERİ İLE AKTİF TEKTONİK ZONLARININ İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Mahmut G. Drahor

Yönetici


Dr. Dr. Derman DONDURUR

Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Petek SINDIRGI

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışmayı bana öneren, tez çalışmam boyunca bilgi birikimi ve tecrübeleriyle beni sabırla yönlendiren, bana kattığı bilgi birikiminin yanı sıra verdiği çalışma disiplini ve ahlakı için Sayın Prof. Dr. Mahmut Göktuğ DRAHOR' a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunuyorum.

Tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan bilgileriyle sürekli beni aydınlatan, sabırla tezimle ilgili her problemi aşmamda benden desteğini hiç esirgemeyen ve meslek hayatım boyunca kendisini hep örnek alacağım Sayın Arş. Gör. Dr. Meriç Aziz BERGE' ye teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunuyorum.

Çalışmalarım sırasında kendilerine hep az vakit ayırmama rağmen desteklerini hiç esirgemeyen hayatımın her anında bana maddi manevi destek veren, bana hayatı sevdiren annem Nazlı ÖZER'e babam Ferhat ÖZER'e kardeşim Efe ÖZER' e teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunuyorum.

Çağlar ÖZER

DOĞAL GERİLİM (SP) VE ELEKTROMANYETİK VLF YÖNTEMLERİ İLE AKTİF TEKTONİK ZONLARININ İNCELENMESİ

ÖZ

Bu çalışmada tektonik açıdan aktif bir bölge olan Urla – İçmeler ve Demircili mevkiilerinde elektromanyetik – VLF ile doğal potansiyel yöntemleri (SP) yardımıyla tektonizmanın etkisiyle oluşan yeraltındaki olası süreksizliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda bölgede jeofizik anlamda geniş çapta çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların diğer jeofizik araştırmalarda kullanılan hatlar üzerinde başarılmıştır.

EM – VLF yönteminde üç farklı frekans kullanılarak, gerçel bileşen, sanal bileşen, eğim, toplam alan ve öz direnç değerleri ölçülmüştür. EM – VLF’ den elde edilen değerler ters-çözüm ile değerlendirilerek yeraltına ait öz direnç kesitleri elde edilmiştir. Bu kesitler üzerinde fay zonu ile ilgili süreksizlikler gözlenmiştir.

Doğal potansiyel yönteminde ise toplam alan ve gradyent şeklinde iki tür ölçüm alınmıştır. Toplam alan verileri üzerinde yapılan ters-çözüm işleminden sonra küre modeline ait parametrelere ulaşılmıştır. Bu parametrelerden yer altı ile ilgili derinlik, polarizasyon açısı ve konum bilgileri elde edilmiştir. Buna göre İçmeler bölgesinde dike yakın polarlanma açısı ile faya ilişkin belirtiler saptanmıştır.

Aktif tektonik amaçlı yapılan EM-VLF ve SP yöntemlerinin ters-çözüm değerlendirmeleri yapılarak, bu tür alanlarda fay türü süreksizlikleri belirlemede başarılı olabileceği ortaya çıkarmıştır.

Anahtar sözcük : Aktif tektonizma, EM-VLF , doğal potansiyel (SP), fay zonu, Urla, İçmeler, Demircili

INVESTIGATION OF ACTIVE TECTONIC ZONES BY SELF POTENTIAL AND ELECTROMAGNETIC-VLF

ABSTRACT

In this research, it is aimed to determine the possible subsurface discontinuities, which occurs by the effect of tectonism using electromagnetic-VLF and self-potential (SP) methods, around Urla-İçmeler and Demircili regions, which is an active region in terms of tectonics. In this context, large-scale investigations have been done in the region. These investigations were performed on the same lines used in other geophysical measuring.

Real and imaginary components, tilt and resistivity values of EM-VLF are measured by using three different frequencies. The data which are obtained from EM-VLF are evaluated by the inversion method, and resistivity sections of the subsurface are obtained. Some discontinuities related to the fault zones are observed upon these processed data.

Two kinds of measures are taken in self potential method as total field and gradient. After the inversion of total field data, parameters were found for the sphere model. These parameters include the depth, the polarization angle and the focal location of the model. As a result, the indications with near-vertical polarization angle belonging to possible fault zones are occurred in İçmeler region.

In this research, the inversion of EM-VLF and SP methods revealed that it could be successfully determined the fault zones as subsurface discontinuities at actively tectonic areas.

Keywords: Active tectonics, electromagnetic-VLF, self potential, fault zone, Urla, İçmeler, Demircili

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ – AKTİF TEKTONİZMA VE JEOFİZİK	4
2.1 Aktif Tektonik.....	4
2.2 Aktif Tektonikte Jeofiziğin Önemi	5
2.3 Aktif Tektonizma ve Paleosismoloji	6
BÖLÜM ÜÇ –KULLANILAN YÖNTEMLER..	8
3.1 Doğal Potansiyel	8
3.1.1 Elektrokinetik Gerilim	8
3.1.2 Akma Gerilimi.....	9
3.1.3 Termoelektrik Gerilim	9
3.1.4 Elektrokimyasal Gerilim.....	10
3.1.5 Mineralizasyon Gerilimi	10
3.1.5.1 Sato ve Mooney Görüşü.....	11
3.1.5.2 Galvanik Yapı Görüşü	11
3.1.5.3 Asitlilik.....	12
3.1.6 Tellürik Akımlar	12
3.1.7 Ortamın Nem Ve Su İçeriği	13
3.2 Ölçü Aletleri	13
3.3 Ölçü Tekniği.....	15
3.3.1 Gradyent Ölçü Tekniği.....	15

3.3.2 Toplam Alan Ölçü Tekniği	16
3.4 Ölçü Değerlerini Etkileyen Faktörler	17
3.4.1 İklim	17
3.4.2 Topoğrafya	17
3.4.3 Jeolojik Koşullar Ve Diğer Faktörler.....	17
3.5 Doğal Potansiyel Verilerinin Değerlendirilmesi	18
3.6 EM-VLF Yöntemi	21
3.6.1 Yöntemin Tarihçesi.....	22
3.6.2 Ölçüm Tekniği.....	23
3.6.3 Ölçülen Parametreler	25
3.6.4 EM-VLF Verilerinin Değerlendirilmesi	27
BÖLÜM DÖRT – ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	28
4.1 Bölgenin Stratigrafisi ve Sedimentolojisi.....	28
4.2 Çalışma Alanında Gözlenen Jeolojik Birimler	29
4.2.1 Bornova Filiş Zonu.....	29
4.2.2 Bozavlu Formasyonu	30
4.2.3 Urla Kireçtaşı	30
4.2.4 Güzelbahçe Formasyonu.....	30
4.2.5 Güncel Alüvyonal Tortullar	30
4.3 Ege Bölgesinin Jeolojik Gelişimi.....	31
4.4 Çalışma Sahası Çevresinde Deprem Üretebilecek Diri Faylar	32
BÖLÜM BEŞ –ARAZİ UYGULAMALARI.....	34
5.1 Veri Toplama	34
5.1.1 Doğal Potansiyel Ölçümleri	34
5.1.1.1 İçmeler Bölgesi Doğal Potansiyel Verileri	37
5.1.1.2 Demircili Bölgesi Doğal Potansiyel Verileri	39
5.1.2 Elektromanyetik-Vlf Ölçümleri	41
5.2 Değerlendirme Yöntemleri	46
5.2.1 Doğal potansiyel Ölçümlerinin Değerlendirmesi.....	46

5.2.2 EM-VLF Ölçümlerinin Değerlendirmesi.....	54
5.2.2.1 İçmeler 18.3 kHz Verisi	56
5.2.2.2 İçmeler 20.3 kHz Verisi	61
5.2.2.3 İçmeler 26.7 kHz Verisi	65
5.2.2.4 Demircili 18.3 kHz Verisi	69
5.2.2.5 Demircili 23.4 kHz Verisi	71
5.2.2.6 Demircili 26.7 kHz Verisi	73
5.2.2.7 İçmeler EM-VLF Derinlik Kesitleri	75
BÖLÜM ALTI -SONUÇLAR.....	79
KAYNAKLAR.....	80

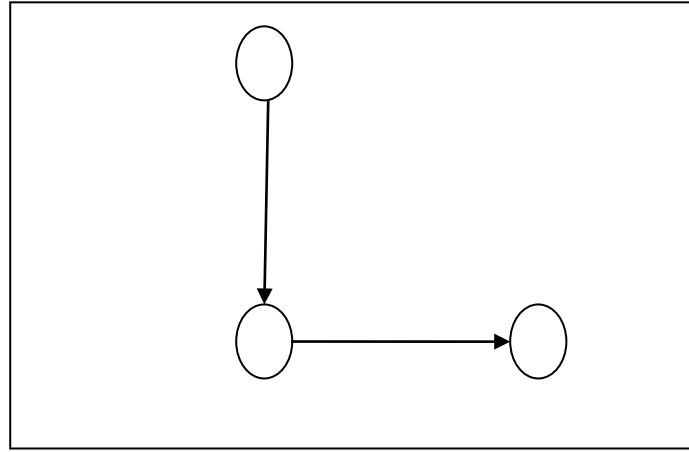
BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Aktif tektonik zonların yerbilimciler tarafından incelenmesi günümüzde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu araştırmalarda fayın betimlenmesi için gerekli olan bir çok faktörü ortaya koyma şansı doğmaktadır. Bu araştırmalar sonucunda incelenen aktif tektonik bölgelerdeki fayın işleyiş mekanizması, eğimi, uzanımı, geçmiş yıllarda ürettiği depremler gibi birçok parametreyi belirleme şansına sahip oluruz. Aktif tektonik bölgelerde uygulanacak bu parametreleri belirlemek planlı ve disiplinli bir çalışma gerektirir. Bu aşamada jeofiziğin önemi ortaya çıkmaktadır. Jeofizik bilimi fiziksel değişimlerden kaynaklanan jeolojik problemlerin çözümünde matematiksel ve fiziksel yöntemler kullanarak hızlı, ekonomik, doğru ve matematiksel bir yaklaşım elde etmemizi sağlar. Aktif tektonik araştırmalarda uygulamalı jeofiziğin hemen hemen tüm yöntemleri kullanılmakla birlikte, etkin olarak elektrik öz direnç tomografisi, jeoradar, manyetik, doğal gerilim ve sismik tomografi çalışmaları daha yaygın biçimde uygulanmaktadır (Suzuki vd., 2000; Demanet vd., 2001a; Fleta vd., 2001; Caputo vd., 2003; Salvi vd., 2003). Tez konum kapsamında ise Aktif Tektonizmanın yoğun olduğu Urla – İzmir bölgesinde EM - VLF ve Doğal Potansiyel yöntemleri uygulanmıştır.

Çok alçak frekanslı elektromanyetik yöntem (Very Low Frequency) diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, sığ derinliklerinin araştırılmasında tercih edilir. EM -VLF yönteminde kaynak olarak dünyadaki deniz aşırı haberleşme için yapılan askeri radyo istasyonlarının yaydığı elektromanyetik dalgaları kullanır. EM - VLF yöntemi, kaynak vericiden yayılan elektromanyetik dalgaların yarattığı indüksiyon sonucu araştırma yapılan ölçü noktaları civarındaki süreksizlik veya iletken bölgelerde oluşan ikincil alan bileşenlerinin (gerçek bileşen, sanal bileşen, eğim açısı ve toplam alan) ölçülmesi ilkesine dayanır. Genel olarak yatay yöndeki iletkenlik değişimlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan VLF yöntemi çok çeşitli problemler için uygulama alanı bularak, kırık ve çatlaklar ile kesme bölgeleri içerisinde oluşmuş yeraltı suyu araştırmaları, karstik boşlukların araştırmaları ve arkeojeofizik çalışmalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir (Timur, 2009).

Çalışma Alanında yapılan toplam alan manyetik ve EM-VLF ölçümlerinde Scintrex ENVI ölçüm cihazı kullanılmıştır. EM-VLF ölçümlerine ek olarak L tipi dizilim ile Şekil 1.1’ de gösterildiği gibi VLF –R uygulanmıştır. Bu çalışmada sadece EM-VLF yönteminin sonuçları sunulmuştur. EM-VLF yönteminde değişik frekans değerleri seçilmiştir. Bu farklı seçimlerin amacı farklı derinliklerden kaynaklanan etkileri ölçümlerimizde görebilmektir. Bu frekanslar sırasıyla, 18,3 kHz, 20,3 kHz ve 26,7 kHz ’dir. Ölçümler sonucunda, gerçel, sanal, eğim, toplam alan ve öz direnç değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra IP ve sanal bileşenler yardımıyla öz direnç değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerler yardımıyla ters-çözüm yapılmış ve öz direnç kesitleri oluşturulmuştur.



Şekil 1.1 VLF-R için L tipi ölçüm şekli (Şekildeki elipsler VLF-R elektrotlarını simgelemektedir).

Çalışma alanında uygulanan bir diğer yöntem ise Doğal potansiyel (self potential ya da spontaneous potential) yöntemidir. Doğal potansiyel yöntemi (SP) ile yer içerisindeki doğal elektrik akımlarının oluşturduğu doğal potansiyeller ölçülür. Bu yöntem yapay akımlar kullanılmadan uygulanan tek jeoelektrik yöntemdir. Doğal uçuşma yöntemini jeofiziğin en eski yöntemlerinden bir tanesi olup bir çok jeolojik problemde yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal potansiyel yöntemi (SP), ilk başlarda sülfürlü madenlerin tespiti amaçlı kullanılıyordu. Programlı olarak kullanımına 1920’ li yıllarda başlanmıştır. Daha sonra SP yöntemi geliştirildi ve bir çok jeolojik problemin çözümünde aktif olarak kullanılmaya başlandı. Günümüzde

SP yöntemi metalik madenlerin aranmasında, faylanmaların tespitinde, yer altı boşlukların belirlenmesinde, olası kırıkların belirlenmesinde tatlı-tuzlu su kontağının belirlenmesinde, jeotermal alanların ve deprem ön kestirimi çalışmalarında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada doğal potansiyel ölçümleri iki ayrı ölçüm tekniğiyle toplanmıştır. Ölçümler zamansal sorunları minimize edebilmek amacıyla birbirini izleyen iki ölçüm grubu tarafından uygulanmıştır. Bu süreçte birinci grup toplam alan verisi toplarken, 2. grup gradyent ölçüsü almıştır. Ölçümler sırasında uçlaşmaz Cu-CuSO₄ elektrotlar kullanılmıştır. Toplam alan ölçüsünde elektrotlardan biri bir noktada sabit tutulurken, diğer elektrot her 5 m'de bir hareket ettirilerek, milivolt düzeyinde ölçümler almıştır. Baz noktaları ise ölçüm başı ve sonunda yapılmıştır. Gradyent ölçümleri ise 5 metre aralıklarla alınmıştır ve hata değerlerini önlemek amacıyla çeşitli düzeltmeler yapılmıştır.

Aktif tektonizma ile genel bilgiler ikinci bölümde, kullanılan yöntemler üçüncü bölümde, çalışma alanının ayrıntılı jeolojisi dördüncü bölümde, arazi uygulamaları ve yorumlama beşinci bölümde, sonuçlar ise altıncı bölümde verilecektir.

BÖLÜM İKİ

AKTİF TEKTONİZMA VE JEOFİZİK

2.1 Aktif Tektonik

Tektonik, yer kabuğunun deformasyonu ile ilgili süreçlerle, yapı ve yüzey şekilleri ile ilgilenir. Geniş anlamda bu yapıların ve yüzey şekillerinin zaman içindeki evrimi ile ilgilenirken global ölçekte kıtaların ve okyanus basenlerinin orijini ile, bölgesel ölçekte dağ zincirlerini oluşturan yapılarla, yerel ölçekte ise küçük kıvrımlar, fay diklikleri, fay yarıkları ile ilgilenir. Tektoniğin zaman ölçeği tamamen sürecin özelliği ile ilgilidir. Örnek olarak, kıtaların hareketi yılda bir kaç metreyle sınırlıyken, deprem anında bir fay üzerindeki deplasmanı saniyede birkaç metreyi bulabilir. Geniş okyanus basenlerinin oluşması bir kaç yüz milyon, dağların oluşması ise bir kaç milyon yıl sürerken tepe oluşturan kıvrımlar birkaç yüz bin yılda oluşabilir. Birkaç metre yükseklikteki fay diklikleri ise deprem sırasında oluşabilir.

Yer kabuğunda deformasyona neden olan tektonik olaylar aktif tektoniğin konusudur. Aktif tektoniğin önemli dallarından biri olan tektonik jeomorfoloji; aktif fayların belirleme, jeolojik yapıların meydana gelişi, sismik tehlike değerlendirme çalışmalarına büyük katkı sağlar.

Neotektonik, tektonik rejim değişiminin zamanı açısından zamansal bir terimdir. Miyosen sonrası tektoniğe neotektonik denir. Tektonik rejim, belirli bir bölgeyi denetleyen gerilme sistemidir. Dönemin uzunluğu veya kısalığına göre bu dönemi anlatan yapısal unsurlar ve çeşitli jeolojik olaylar ortaya çıkmış olabilir. Dönem kısa ise özellikle üst kabukta sıkışmayı anlatan yapısal unsurların belirmesi zordur. Fakat açılma ile ilgili yapılar daha kolay ortaya çıkabilirler. Bu şekilde kısımlarda başlangıç noktası normal faylar ve tansiyon çatlakları olabilir. Zamanın uzunluğu, volkanik etkinliğe kadar süren bir dizi jeolojik olayın ortaya çıkabilmesine olanak sağlayabilir.

2.2 Aktif Tektonikte Jeofiziğin Önemi

Deprem riski yüksek olan fay sistemlerinin geçmişi, mevcut durumu ve gelecekteki aktivitesi deprem oluşturma riskini belirlemek çok disiplinli çalışmaları destekleyecek şekilde güncel tekniklerin kullanılması ile mümkündür. Deprem üretme riski fazla olan fay sistemlerinin tanımlanması; paleosismoloji, deprem kataloglarının geliştirilmesi ve tarihsel dönem deprem faaliyetlerinin doğru olarak tespiti ile geçmişin saptanması ve bu bilgilerin güncel jeolojik, jeofizik, jeokimyasal ve jeodezik verilerle birlikte değerlendirilmesi ile mümkündür.

Bu bilgiler ışığında aktif fay zonlarının yerbilimleri yöntemleri ile ayrıntılı biçimde araştırılması büyük önem taşımaktadır. Araştırmalarda yerbilimcilerin araştırıcı olarak uyguladıkları ortak çalışmalar sonucunda; fayın işleyiş mekanizması, uzanımı, eğimi, zonun özellikleri, geçmişte bu zon üzerinde daha önce meydana gelmiş olan depremlerin izleri gibi önemli birçok parametreyi belirleyip muhtemel depremin yaratacağı etkiyi ortaya koymaya çalışırlar. Aktif tektonik bölgelerdeki diri faylar yerbilimcilerin multidisipliner çalışmalarıyla birlikte uygulanacak paleosismolojik çalışmalar sayesinde aktif zonları betimlememiz mümkün olmaktadır. Bu noktada jeofizik hızlı, doğru ve ekonomik olarak problemi çözmemize yardım etmektedir. Jeofizik yer kürenin fiziksel özelliklerini inceleyerek ve yeraltındaki değişimleri kaydederek bu verilerin değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Basit olarak ifade edilirse aktif fay zonlarının bulunduğu bölgede yeraltında çeşitli fiziksel değişimler meydana getirecektir. Bu değişimlerin jeofizik ölçümlerde yaratacağı değişimlerin algılanıp doğru şekilde yorumlanması sayesinde aktif fayların tespiti mümkündür. Uygulamalı jeofiziğin bazı yöntemlerinin aktif tektonik üzerinde belli bir disiplin eşliğinde uygulanması ile bu zonların tespiti mümkündür. Aktif tektonik araştırmalarda uygulamalı jeofiziğin hemen hemen tüm yöntemleri kullanılmakla birlikte, tez konusu kapsamında EM – VLF ile Doğal potansiyel (SP) yöntemleri kullanılmıştır. Jeofizik yöntemin belirlenmesinde temel ölçüt yeraltındaki jeolojik problemdir. Jeofizik ölçümlerle fay zonunun geometrik özellikleri, derinliği, uzanımı ve fiziksel özellikleri belirlenebilmekte ve fayın işleyişi hakkında önemli veriler ortaya çıkmaktadır. Jeofizik yöntemlerin sınanması

kapsamında yapılacak paleosismolojik çalışmalar fayın karakterini belirlemede çok önemlidir.

2.3 Aktif Tektonizma ve Paleosismoloji

Bir fayı aktif olarak nitelendirebilmemiz için son 10.000 yıl içerisinde (Holosen) deprem üretmiş olmalıdır. Depremlerin aletsel kayıtlarının son 100 yıldır olduğu düşünülürse bir aktif fayı tespit etmek için aletsel veriler yetersizdir. Bu anlamda aktif faylarla ilgili parametreleri belirlemede paleosismoloji olarak adlandırılan yeni bir alan doğmuştur. Paleosismoloji, aletsel dönem öncesi oluşmuş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin sayısını, atım miktarını, büyüklüğünü ve yinelenme aralığını belirlemek amacıyla yapılan çalışmaların bütünüdür. Paleosismolojinin amaçlarının başında fayın kayma hızını belirlemek ve aletsel kayıt öncesi depremlerin yinelenme aralığını saptamaya çalışmaktadır. Paleosismoloji çalışmalarında kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de hendek açmaktır. Bir fay üzerinde hendek açılması, yüzey kırığı meydana getirmiş bir diri fayın araştırılması için en yaygın tekniktir. Bu sebepten dolayı hendek yeri belirleme hayati önem taşımaktadır. Bu noktada jeofizik fay lokasyonunu belirleyip hendek yerinin tespitinde kilit rol oynar. Yeraltındaki fiziksel değişimleri matematiksel yöntemler yardımıyla tespit edip yeraltını yorumlayan jeofizik bu çalışmalarda vazgeçilmezdir. Hendekler genellikle 20 ile 30 m uzunlukta, 1 ile 4 m genişliklerde ve 3 ile 4 m derinlikte açılır. Hendek açılınca hendeğin emniyeti sağlandıktan sonra tabakaların net görünmesi için kırıntılar traşlanır. Daha sonra ipler yardımıyla gridlemeler yapılır. Gridleme işlemi bitince hendek duvarının 1:20 ölçekli logları çizilir. Log alınmaları ile birlikte hendek duvarlarındaki sedimanlar ve yapıların arasındaki ilişkilerin yorumlanmaları yapılır. Her bir jeolojik kayıt incelenir ve aynı zamanda fay izlerinin geometrisi, hareketin tipi ve deformasyon miktarı hesaplanmaya çalışılır. Hendek çalışmalarında en kritik aşama, faydaki eski depremlerin yaşlarını sınırlayacak depremleri yaşlandırmaktır. Bir paleosismolojik çalışmada elde edilebilecek sonuçlar ise depremlerin meydana getirdiği kayma miktarı, kayma hızı, tekrarlama periyotları ve en son ne zaman deprem ürettiği hakkında bilgi verebilir. Şekil 2.1’ de bir paleosismolojik çalışmadan görünüm sunulmuştur.



Şekil 2. 1 Paleosismolojik bir çalışmanın görünüm (The work in the trench, 2012).

BÖLÜM ÜÇ

KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1 Doğal Potansiyel

Doğal potansiyel yöntemi yapay akım kullanılmadan uygulanan tek yöntemdir. Yeraltındaki doğal elektrik akımının doğal alanını ölçer. Doğal potansiyel yöntemini jeofiziğin en eski yöntemlerinden bir tanesi olup bir çok jeolojik problem çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Yöntemin ilk uygulanma alanı sülfürlü cevherlerin aramasıdır. Doğal potansiyel yönteminin uygulama alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Fay ve kırık hatlarının belirlenmesinde,
- Jeotermal kaynakların araştırılmasında,
- Hidrojeoloji çalışmalarında,
- Yer altı boşluklarının saptanmasında,
- Metalik maden yataklarının aranmasında,
- Depremlerin önceden belirlenmesi çalışmalarında,
- Mühendislik ve çevre jeofiziği çalışmalarında,
- Baraj ve sızıntı denetimi çalışmalarında,
- Arkeolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılır.

Yer altında oluşan doğal potansiyelin çeşitli sebepleri vardır;

3.1.1 Elektrokinetik Gerilim

Elektrokinetik gerilim yeraltındaki basınç ayrılığından doğar. Gözenekli kayalar üzerinde yapılan deneyler iletkenliğin basınç artışıyla doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Jeolojik olarak etkin fay düzlemleri, yeraltındaki mineral içerikli suları yeryüzüne taşıyan kırık dizgeleri elektrokinetik gerilimle açıklanabilir. ρ öz direncine ve η viskozitesine sahip bir çözelti geçirimli bir ortamdan basınç zoruyla geçirilirse

bu ortamda elektokinetik bir gerilim oluşur.

$$E_k = \frac{\rho \varepsilon C_e \Delta p}{4 \pi \eta}$$

Şeklinde verilir. Burada kullanılan sembollerin açıklaması izleyen şekildedir:

C_e : Elektrofilitasyon Katsayısı

ρ : Özdirenç

ε : Dielektrik Permittivite

Δp : Basıç Farkı

η : Akışkanın dinamik viskozitesi

Bu gerilim birkaç milivolt ile birkaç yüz milivolt arasında değişebilir. Bu gerilme türüne çeşitli örneklendirmeler yapılabilir. Yağmur sularının toprağa süzülüşü de kısa süreli olsa yaklaşık 5 mV'a yakın SP belirtileri verebilmektedir. Ayrıca yeraltı suyunu yüzeye çeken pompaların yakınlarında da 10 mV'a yakın SP belirtileri belirlenmiştir

3.1.2 Akma Gerilimi

Böyle gerilimler jeotermal ve diğer prospeksyonlarda bir gürültü kaynağı olarak görülür ve ısıl olmayan yüzeyaltının suyunun akışıyla oluşur. Ortamda gözenek suyu kayaca göre daha temiz ve tekdüze olduğundan eksi uçlu bir elektrik yükü oluşur. Böylece su akışı genelde katoda doğrudur (Drahor, 1993).

3.1.3 Termoelektrik Gerilim

Bu tür gerilimler jeotermal alanlarda görülürler. Temel nedeni sıcaklık farklılığı ve çözelti yoğunluğudur. Termoelektrik gerilim uzun dalga boylu ve büyük genlikli belirtilerin oluşmasına neden olur. Örnek olarak sıg kömür yanmaları üzerinde yapılan doğal potansiyel çalışmaları termoelektrik gerilim için güzel bir örnek oluşturur (Drahor, 1993).

3.1.4 Elektrokimyasal Gerilim (Nernst ve Difüzyon Potansiyeli)

Yer içinde elektrolitlerin içerdiği iyonlar bölgesel olarak değişim gösterebilir. Bu iyon hareketi değişimi doğal gerilim oluşturur. Bu gerilimler difüzyon gerilimi olarak tanımlanır (Candansayar, 2010). Bu durum atmosferik oksijen yardımıyla sürekli olarak çözelti farklılığı olan yerlerde meydana gelir. Birde iki metal elektrot, iki farklı çözelti içine batırılırsa aralarında yine bir gerilim farkı milivolt ölçeğinde ölçülür. Bu gerilim Nernst Gerilimi olarak bilinir (Candansayar, 2010). Difüzyon ve Nernst gerilimi birlikte yer içinde oluşan elektrokimyasal gerilimler olarak bilinirler. Bu duruma örnek olarak petrol ve su ara yüzeylerinde, nehirlerle denizlerin karıştığı kontak yerlerinde bu gerilim ölçülebilir.

$$E_d = \frac{RT(I_a - I_c)}{nF(I_a + I_c)} \ln(C_1 / C_2)$$

Burada E_d difüzyon potansiyelini, I_a ve I_c sırasıyla anyon ve katyonların hareketliliğidir. R, evrensel gaz sabiti ($8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$); T, mutlak sıcaklık (K) ; n, iyonik birleşme değeri (valence) ; F, Faraday sabiti (96487 C mol^{-1}) ; C_1 ve C_2 ise, çözelti konsantrasyonlarıdır.

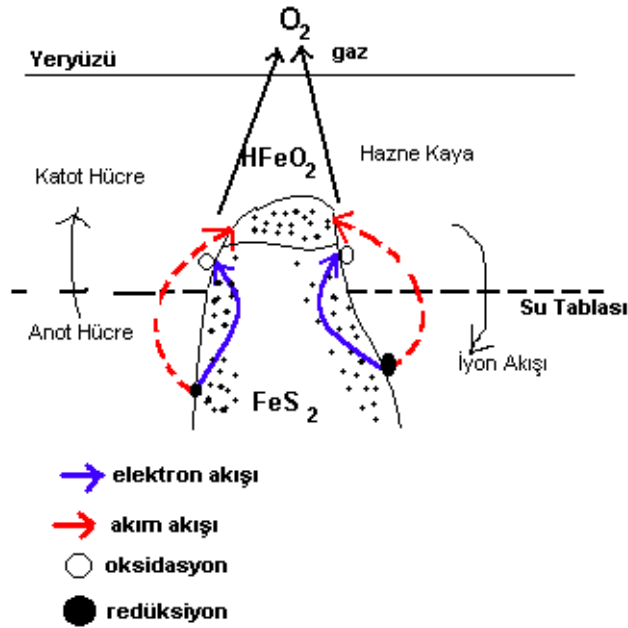
3.1.5 Mineralizasyon Gerilimi

Mineral Potansiyeli, zaman içinde değişim göstermediği düşünülen bir potansiyel türüdür. Genelde masif sülfürlü cevherlerle ilişkili büyük ve negatif özelliğe sahip bir anomaliye sahip bir potansiyel türüdür. Pirit, kalkopirit ve diğer iyi elektronik iletme sahip ortamlarda görülür. Bu potansiyeller, zayıf ileticilerde de ortaya çıkmaktadır. Nedenleri hakkında bazı görüşler açıklanmıştır. Bunlar;

- Sato ve Mooney (1960)
- Galvanik yapı,
- Asitlilik,

3.1.5.1 Sato ve Mooney (1960) Görüşü

Bu görüşe göre su tablasına batırılmış cevherler gerilimi meydana getirir. Su tabakası altında, gözeneklerdeki çözelti içindeki elektrolitler oksidasyonla, serbest elektron bırakırlar ve bunlar cevher aracılığı ile yukarı doğru yönelim gösterirler. Bu esnada su tabakası üzerinde çözelti içindeki maddelerde kimyasal indirgeme meydana gelir. Böylelikle, gözenekler içindeki çözeltide elektrolitler ile taşınan ve cevher içinde elektronik olarak dolaşan bir elektrik devresi oluşur. Bu durumda mineralli cevher iyi bir iletken olur ve elektrokimyasal tepkime oluşmadan elektronların aşağıdan yukarıya doğru Şekil 3.1'deki gibi geçişi sağlanır. Ancak Sato ve Mooney in teorik doğal potansiyel hesaplamaları, pratik ölçü değerlerinden çok küçüktür (Candansayar, 2010).

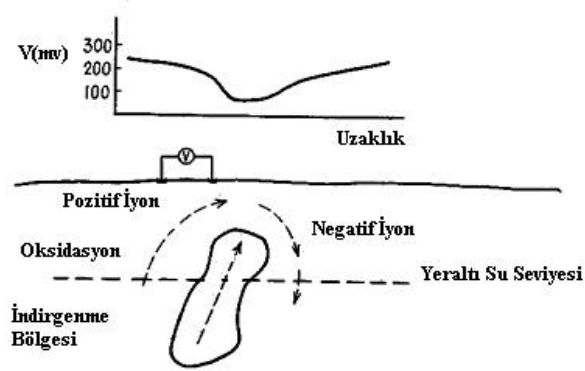


Şekil 3.1 Pirit cevheri için SP belirtisi oluşumu (Sharma, 1997).

3.1.5.2 Galvanik Yapı Görüşü

Bu görüşü açıklamak için Şekil 3.2 kullanılmıştır. Bir maden cevheri yatağının üst bölümü oksijen zengin yükseltgenme (oksidasyon) alt bölümü ise oksijen fakir indirgenme (redüksiyon) zonlarında kalırsa, iki bölüm arasında oksijen dengesinin kurulması sırasında bir elektriksel akım akışı oluşur ve bu da belirlenebilir bir doğal

gerilimin doğmasına neden olur. Elektron akışı nedeni ile yeryüzünde ölçülebilecek bir gerilim ortaya çıkar. Böyle bir cevher kütlesi galvanik hücre görünümünde olup basit bir pil gibi davranır. Pirit, kalkopirit, galenit v.b. mineral kütlelerinin verebileceği doğal potansiyel belirtileri bu galvanik yapı ile açıklanabilir.



Şekil 3.2 Yeraltı su seviyesi tarafından kesilen sülfürlü cevherde oluşan doğal gerilim (Dobrin,1986).

3.1.5.3 Asitlilik

Ortamlar arasında pH değerleri birbirinden oldukça farklı olabilir. Genelde yüzeye yakın bölümler ile derin bölümler arasında bir pH farklılığı bulunur. Bu olgu, yüzeye yakın ama hızlı pH değişimi içeren alanlarda da ortaya çıkabilir. Böylece aradaki bu farklılaşma ortamda bir akım akışına ve buna bağlı olarak ta ölçülebilir bir doğal gerilim oluşumuna neden olur.

3.1.6 Tellürik Akımlar

Yerküre manyetik alanındaki değişimlerden kaynaklanan uzun periyotlu tellürik akımlar, dirençli alan üzerinde birkaç yüz mV/km gibi çok büyük belirtiler oluşturabilirler. (Keller ve diğ., 1966). Tellürik etkinlikler genellikle 10 ile 40 s dönemindedir. Fakat daha uzun enerji döneminde olanlarda mevcuttur (Corwin, 1976). Doğal gerilimi ölçme işlemlerinde 10 ile 40 s' lik dönemlerde önemli değişimler var ise bunlardan kaynaklanan etkiler doğal yapıdan kaynaklanan

belirtilerin içine etkili biçimde girecektir. Bunu belirleyip yok etmenin en iyi yolu araştırma alanının durağan bir noktada birbirine dik düzlemdeki değişimlerin kaydını elde etmektir. Bu kayıtlarda tellürik akımların yönü açıkça gözlenecektir. Bu aşamadan sonra bu ölçümlere dik ölçüm alınır ya da kayıtlardaki tellürik gürültüler daha sonra ölçüm değerlerinden çıkartılarak yok edilmeye çalışılır. (Drahor, 1993)

3.1.7 Ortamın Nem ve Su İçeriği

Toprağın nem içeriğindeki değişiklikler sık sık doğal gerilim değişimlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Poldini (1939)' ye göre ıslak topraklardaki elektrotlar bu özelliğin daha çok pozitif olmasına neden olur. Bu gibi sebeplerden dolayı ortamdaki nem içeriği dikkatlice gözlemlenmelidir. Çünkü bunlar birkaç 10 mV mertebesinde gerilim üretebilirler (Drahor, 1993). Kısa elektrot aralıkları ile yapılan ölçümlerde verilerimizi etkiletebilecek diğer faktörleri sıralarsak;

- Termal olmayan yüzeyaltı su akışı,
- Tarım ilaçları,
- Sulama,
- Sürülmüş alanlar,
- Tarım gibi faktörlere dikkat edilmelidir.

Bu faktörlerin etkisini azaltmak için toprak tipinin iyi belirlenmesi, bölgesel jeoloji, bitki topluluğu gibi görünümünün elektrot aralıkları ve profil seçimlerinde göz önüne alınırsa bu etkilerin yarattığı etkiler azaltılabilir.

3.2 Ölçü Aletleri

Bir SP ölçümü çalışmasında kullanılan cihaz ve ekipman; uçlaşmaz elektrotlar, yeterince kablo, milivoltmetre, ve çukur açmaya yarayan diğer gereçlerden oluşur. Çelikten yapılma metal elektrotlar ile doğal potansiyel ölçümü alındığında toprak ile metal arasında özellikle toprağın nemine bağlı olarak değişik kutuplanmalar oluşur. Bu kutuplaşma değeri aslında yerde olan doğal gerilimden çok daha farklı ve büyük

genlik değerleri olabilir. Bu sebepten dolayı kutuplanmayan genellikle pvc den yapılmış elektrotlar kullanılır. Bu elektrotların altı geçirimsizdir ve içinde metal çubuk ve iletken eriyik konur. Bu iletken eriyik içinde, gerek ekonomik olması gerek efektif sonuç verdiği için halk arasında gztaşı diye bilinen bakır sülfat (CuSO_4) kullanılır. Öncelikle belli profiller ve çalışma disiplini eşliğinde ölçü çukurları açılır içine uygun olarak su yardımıyla çamur hazırlanır ve yer ile uçlaşmaz elektrotlar arası iletim direnci minimuma indirilmeye çalışılır.

Milivoltmetre yardımıyla yeraltında oluşan doğal gerilimler ölçülür. Kablo, metre, su, kırtasiye malzemeleri, çapa, tamir aletleri, ip arazi çalışmaları için gerekli olan diğer gerelerimizdir. Kablonun uzunluğu 500 metreyi geçmemesi önerilir. Kablonun iç direnci düşük ve iyi yalıtılmış olmalıdır. şekil 3.3 ve şekil 3.4' de arazi çalışmalarından görüntüler sunulmuştur.



şekil 3.3 Urla-İçmeler bölgesi doğal potansiyel arazi çalışması.

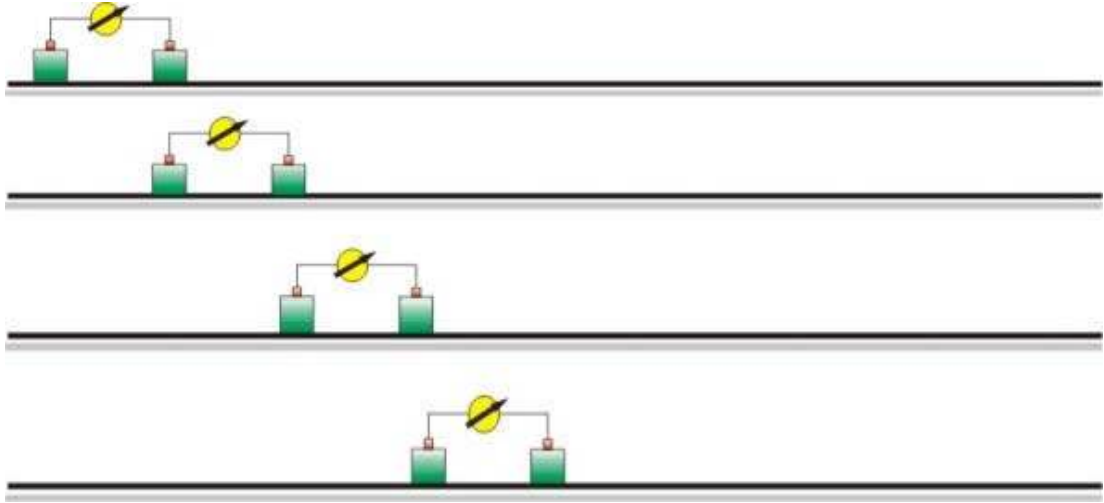


Şekil 3.4 Milivoltmetre ve elektrotların gösterimi .

3.3 Ölçü Tekniği

3.3.1 Gradyent Ölçü Tekniği

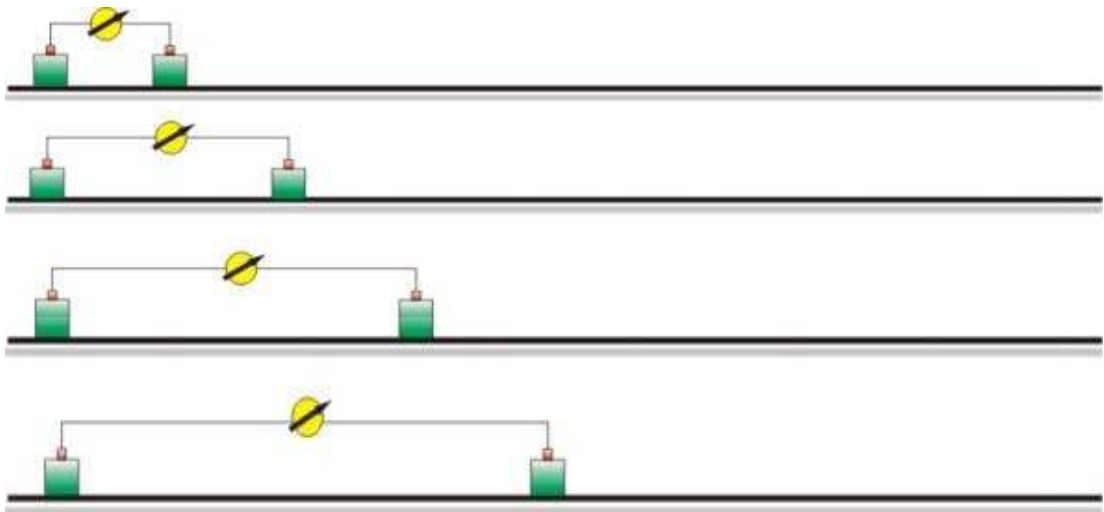
Uygulanması oldukça basit olup uygulanabilmesi için en az 2 kişiye ihtiyaç vardır. Önce ilk ölçü noktasına 1. elektrotumuzu ikinci ölçü noktamıza ise 2. elektrotumuzu koyup ilk ölçümümüzü alırız. Sonra ilk noktadaki elektrot bu sefer ikinci noktaya, ikinci noktadaki elektrot daha önceki aralıkla bu kez üçüncü noktaya konulur ve aralarındaki doğal potansiyel fark (mV/m) ölçülür. Genellikle her 5 ölçüde bir elektrotlar aynı çukura konup aralarındaki gerilim farkı ölçülerek gerekli dengeleme işlemi yapılır. Bu değer düzeltme değeri olarak alınır ve ölçülere yansıtılır. Burada en önemli nokta arazi şartlarında yapılacak muhtemel hata birinci ve ikinci elektrotun karıştırılmaması yani elektrot sırasının değişmemesidir.



Şekil 3.5 Gradyent Ölçü Tekniği (Kaypak, 2006).

3.3.2 Toplam Alan Ölçü Tekniği

Öncelikle baz noktasına elektrotlarımızdan biri sabitlenir ve diğer elektrotumuzda profilimiz boyunca uzun kablo yardımıyla hareketli olarak kullanılır. Burada sabit elektrot voltmetrenin negatif kısmına, hareketli elektrot ise pozitif uca takılır. Bu dizilimin kaydırma ölçü tekniğine göre avantajı, zamanla artan hatanın az olmasıdır. Diğer avantajı ise, küçük dalga boylu yapıların bozucu etkisinin daha az görülmesidir. Dezavantajı ise, uzun kablo kullanılması ve bu kablonun engebeli topoğrafya olan yerlerde ölçü alımını zor hale getirmesidir.



Şekil 3.6 Toplam alan Ölçü Tekniği (Kaypak, 2006).

3.4 Ölçü Değerlerini Etkileyen Faktörler

3.4.1 İklim

Yeraltı su seviyesi doğal uçlaşma değişimini etkileyen en önemli sebeplerdendir. Bu yüzden dolaylı olarak da yağışların ölçümlerimizi etkilediğini söyleyebiliriz. Yağışlı bölgelerde yeraltı su seviyesi yüksektir. Eğer yeraltında bir cevherleşme söz konusu ise ve cevher yüzeye yakınsa oksidasyon bölgesi çok azdır. Fakat biraz da olsa çevreye göre bir farklılaşım gözlenir. Kurak iklimlerde yeraltı su seviyesi daha aşağıdadır. Cevherleşmenin bir kısmı su seviyesinin altında kalmıştır. Bu sebepten bir etkileşim oluşabilir.

3.4.2 Topografya

Çalışma alanı engebeli ise doğal potansiyel değerlerini örtecek kadar yüksek değerler elde edilebilir. Topoğrafyanın oluşturduğu doğal potansiyeli tanımlayacak olursak yerçekimi etkisiyle suyun akışından dolayı oluşan etki negatif değerler verirken, buharlaşma sebebiyle yükselmesi ise pozitif değerler verir.

3.4.3 Jeolojik koşullar ve diğer faktörler

Asitli ve tuzlu sular, eski sülfür yataklarının alt zonları, kayaçların petrofizik etkileri, kuyular, metal su boruları, trafolar küçükte olsa bir doğal potansiyel değeri vermektedir. Bu koşulların ölçümlerde yarattığı değişimler ölçümlerden ayıklanmalıdır.

Bir doğal potansiyel çalışmasında dikkat edilmesi gerekenler ise;

- Ölçüm işlemi sırasında mutlaka bir ana baz istasyonu belirlenmeli ve toplanan veriler bu baza göre bir düzeltme işleminden geçirilmelidir.
- Kuyuların çamur kıvamlılığı birbirleriyle benzerlik göstermelidir. Yani iki ölçüm elektrotu arasında ortamsal farklılıklar bulunmamalıdır.

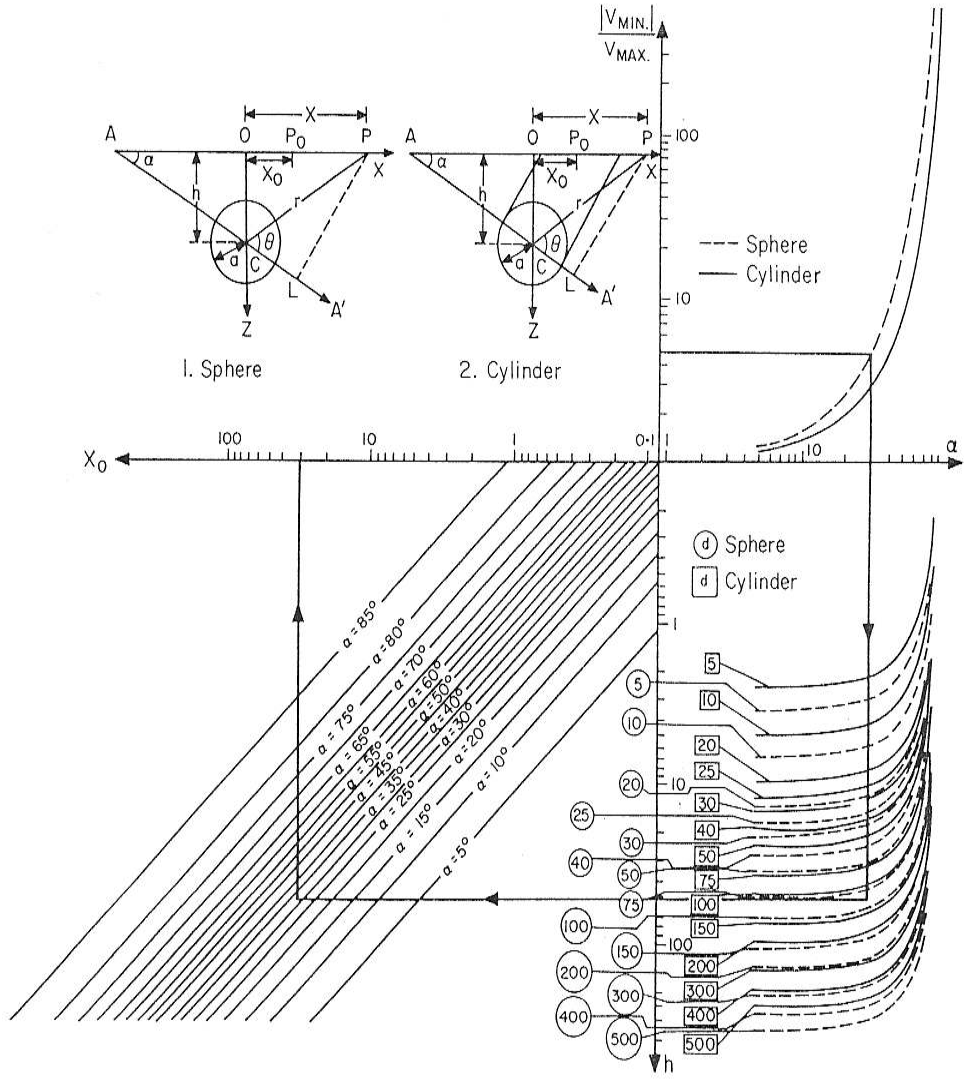
- Türevsel ölçüm işleminde veriler ölçüm doğrultusundan etkileneceğinden, eğer olanaklıysa birbirine dik iki farklı doğrultuda ölçüm almak yorum gücünü artıracaktır.
- Türevsel araştırmalarda ölçüm yönünün işaretine ve elektrot iç gerilim farklarına çok dikkat edilmelidir.
- Ölçümler sırasında; toprağın niteliği, toprağın nem durumu, varsa yüzey altı su akışı, tarım ilaçlarından etkilenmiş toprak, sulama işlemi ve yeni sürülmüş alanlar mutlaka ölçüm karnelerine işlenmelidirler.
- Kentlere, elektrikli demir yollarına ve yüksek gerilim hatlarına olan yakınlık başboş akımların oluşumuna neden olacağından, düşük genlikli verileri etkileyebilir. Bu nedenle elden geldiğince bu özelliklerden uzak kalınmalıdır.
- Ölçüm alanındaki bölgesel jeoloji, bitki topluluğu ve topoğrafyanın da ölçümler üzerinde önemli etkileri olacağı unutulmamalıdır.
- Baz noktalarının ölçümleri sırasında, uçlaşmaz elektrotlar arası gerilim 1-2mV düzeyini aşmamalıdır.

3.5 Doğal Potansiyel Verilerinin Değerlendirilmesi

Doğal potansiyel değerlendirme işlemi nitel veya nicel şekilde yapılır. Nitel yorumlamada nomogram yardımıyla (Bhattacharya & Roy, 1981) öncelikle V_{min}/V_{max} oranı bulunur ve bu bilgi yardımıyla α açısına geçiş yapılır. Daha sonra sırasıyla derinlik ve merkezden olan uzaklık belirlenir. Tez çalışması kapsamında nomogram yardımıyla çalışmalar yapılmıştır. Fakat ters-çözüm yönteminin daha hassas sonuç üretmesinden dolayı nicel yönteme geçilmiş ve bu yöntemin sonuçları sunulmuştur.

R yarıçaplı gömülü bir kürenin üreteceği doğal uçlaşma şu bağıntıyla verilir.

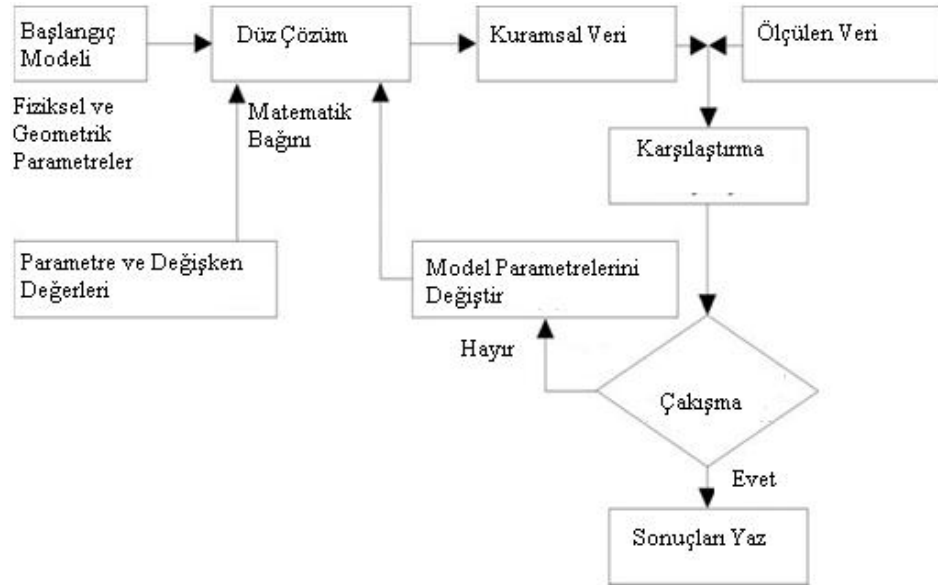
$$V = \frac{E.R^2}{2} \frac{(h \cos \alpha + x \sin \alpha)}{(x^2 + h^2)^{3/2}} \quad (\text{Heiland, 1968})$$



Şekil 3.7. Doğal potansiyel ölçümlerinde kullanılan nomogram (Bhattacharya & Roy, 1981).

Burada R yarıçapı, E dipoller arasındaki gerilim farkıdır ve elektriksel dipol moment olarak $m = E \frac{R^2}{2}$ bağlantısıyla tanımlanır. h kürenin merkezinden küre odağına olan derinlik, x kürenin merkezinin yeryüzü üzerindeki izdüşümünden ölçümü yada hesaplaması yapılan herhangi bir noktaya olan uzaklıktır. α ise polarizasyon ekseninin dik doğrultuyla saat yönünde yaptığı açıdır. Heiland 1968 bağıntısında uzaklığa bağlı olarak 1. türevi alınırsa gradyent doğal gerilim değerleri elde edilir

Nicel yorumlama tekniğinde ise ters-çözüm işlemleri gerçekleştirilir. Ölçülen veriden parametre değerlerinin hesaplanması ters-çözüm işlemini oluşturur. Bu anlamda ters-çözüm işleminin uygulanabilmesi için düz-çözüm işlemi uygulamak kaçınılmazdır. Çünkü kuramsal belirtinin hesaplanması ise bilindiği üzere düz-çözümdür. Yapılan bu işlemlerdeki amaç gözlemsel belirtiye uyan bir kuramsal belirti hesaplamak ve bunu veren yeraltı yapısını ya da kaynağı bulmayı hedefler. Ters çözümün ilk aşamasında deneme yanılma yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemde gözlemsel verilere, arazi tecrübelerine, beklenen jeolojik yapıya göre olan faktörler göz önüne alınarak bir başlangıç modeli seçilir ve kuramsal model tepkisi hesaplanır. Bu model tepkisiyle gözlemsel değerler karşılaştırıp ikisi arasındaki uyum incelenir. Uyum iyi değilse model değiştirilerek işlem en baştan yapılır. Bu akış en iyi uyum sağlanana kadar devam ettirilir. Uyumun en iyi olduğu nokta mümkün jeolojik modele uygun en iyi jeolojik modeldir (Çayır, 2006). Ters-çözüm akış şeması Şekil 3.7 de verilmiştir.



Şekil 3.7 Ters-çözüm işleminin basitleştirilmiş akış şeması (Başokur, 2003).

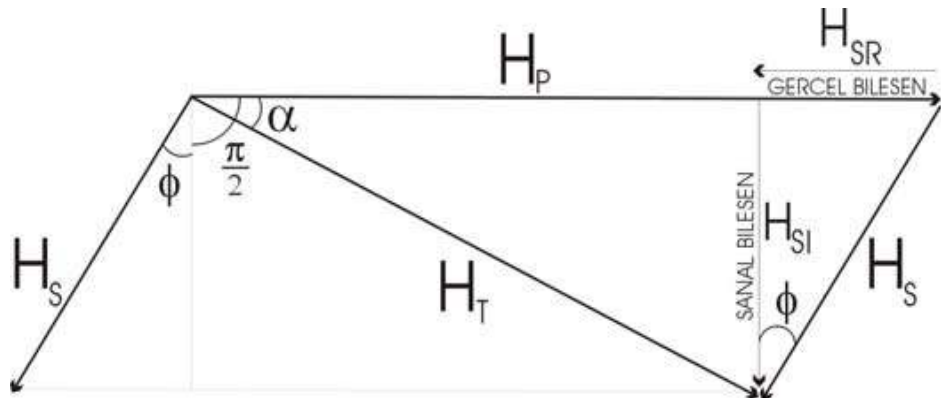
Doğal potansiyelde ters çözüm işleminde öncelikle uygun veri aralıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda arazi ölçüm grafiklerinden faydalanarak yeraltındaki jeolojik yapı sebebiyle oluşmuş olabilecek veri aralıkları, genliği, ve α açısı programa öncelikle girilir. Daha sonra programın işleyiş mekanizması ise bu bilgiler

ışığında ters-çözüm işlemini yapar. Ters çözüm işlemi sonucunda her profil için α açısını, merkezden olan uzaklığı ve derinlik belirlenmiştir ve bu sonuçlar daha sonraki bölümlerde arazi anomalilerinin altına yerleştirilmiş şekilde verilmiştir.

3.6 EM-VLF Yöntemi

Çok alçak frekans elektromanyetik yöntem yerin sığ kesimlerinin araştırılması amacıyla kullanılan bir jeofizik yöntemdir. EM – VLF yönteminde, kaynak verici olarak dünyanın çeşitli yerlerinde deniz aşırı haberleşmeler için yapılan 15-30 kHz frekans aralığında yayın yapan çok güçlü askeri radyo istasyonlarının yaydığı elektromanyetik alanlar kullanılır. EM - VLF vericileri, sabit duran ortalama 50-150 m boyunda ve 100-1000 kW gücünde dikey antenlerdir (Özürlan ve Uluggerli, 2005). EM - VLF yöntemi, kaynak vericiden yayılan elektromanyetik dalgaların yarattığı indüksiyon sonucu araştırma yapılan ölçü noktaları civarındaki süreksizlik veya iletken bölgelerde oluşan ikincil alan bileşenlerinin (gerçel bileşen, sanal bileşen, eğim açısı ve toplam alan) ölçülmesi ilkesine dayanır.

- In-Phase: Gerçel bileşen ortamdaki birincil alanla aynı fazdadır.
- Out of Phase (Quadrature): Sanal Bileşen birincil alanla farklı fazdadır.
- Tilt: Elektromanyetik dalganın eğim açısıdır.
- Total Field: Toplam manyetik alan şiddetidir



Şekil 3.8 Birincil alan H_p ve ikincil alan H_s bileşenlerinden oluşan toplam alan H_t ve alanlar arasındaki faz kaymasını gösteren vektör çizimi (Telford ve diğ., 1976).

Genel olarak yatay yöndeki iletkenlik değişimlerinin saptanması amacıyla kullanılan EM - VLF yöntemi, kırık ve çatlaklar ile kesme bölgeleri içerisinde biriken yer altı suyu araştırmalarında Placky ve diğerleri (1981), McNeill (1990); karstik boşlukların aranmasında Guerin ve Benderitter'in (1995), jeolojik haritalamalarda McNeill ve Labson'ın (1991), yeraltı suyu kirliliği araştırmalarında Benson ve diğer. (1997), Tezkan (1999) ve Karlık ve Kaya'nın (2000), jeolojik çalışmalarda Telford ve diğer.'de (1976), arkeolojik prospeksiyonda (Drahor, 2006) yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından başarıyla uygulanmıştır. Uygulamada oldukça hızlı, kolay ve ucuz bir yöntem olduğu için birçok araştırmada ön çalışmalar arasında yerini alan EM - VLF yönteminin uygulama alanları izleyen biçimde sıralanabilir :

- Süreksizlik ve çatlaklı bölgelerin aranmasında,
- Hidrojeolojik amaçlı uygulamalarda,
- Yatay ve düşey iletkenlik değişimlerinin belirlenmesi amacıyla,
- Gömülü yapı ve cisimlerin aranmasında,
- Arkeolojik yapıların aranmasında yaygın olarak kullanılır.
- Çevre kirliliği araştırmalarında düşey sınırların saptanması amaçlı,
- Mühendislik jeofiziği uygulamalarında,
- Karstik boşlukların aranmasında,
- Maden ve cevher zonlarının ve sokulum yapıların aranmasında,

3.6.1 Yöntemin Tarihçesi

1964 yılında Ronka şirketi ilk ticari VLF cihazı üretilmiş ve akabinde diğer üretici firmalarda farklı modeller üretmeye başlamıştır. Paal, 1965 yılında VLF frekanslarındaki radyo dalgalarını kullanarak elektriksel iletkenliği olan maden yataklarının incelenmesine yönelik çalışmalar yapmıştır (McNeill ve Labson, 1991). Paal, özel olarak VLF istasyonlarına ayarlanarak kalibre edilmiş bir cihazla İsveç'te

yerleri belli olan maden yataklarını incelemiş ve sonuç olarak, VLF elektromanyetik alanının yatay bileşeninin, iletken yapılar üzerinde maksimum değere ulaştığını, düşey bileşeninin ise en düşük değerler aldığını belirlemiştir (McNeill ve Labson, 1991). Collett ve Becker ise 1967 yılında farklı bir yaklaşıma sahip cihaz üretmişlerdir. Bu cihazın diğerlerinden farkı manyetotellürik temellere dayanması ve sinyal olarak doğal atmosferik sinyallerin aksine VLF istasyonlarını kullanmıştır. Bunun en büyük avantajı tutarlı bir kaynağa bağlı olması ve yorumlama sırasında kullanılan yatay elektrik ve manyetik alan arasındaki faz açısının ölçülebilmesiydi (McNeill ve Labson, 1991). Eğim açısı değerlerinin haritalanmasına yönelik çalışmalarıyla Fraser 1969 yılında öne çıkmıştır. Fraser, geliştirdiği bir sayısal süzgeç yöntemiyle yapıların daha net haritalanabileceğini göstermiştir (Fraser, 1969). Bu çalışmalardan 14 yıl sonra Karous ve Hjelt bu süzgeç tekniğini akım yoğunluğu kavramını da içerecek bir şekilde geliştirmişlerdir (Karous ve Hjelt, 1983). Günümüzde ise bir çok EM - VLF yaygın olarak kullanılmakta ve bir çok jeolojik probleme çözüm bulmaktadır.

3.6.2 Ölçüm Tekniği

Tez çalışması kapsamında Scintrex firması tarafından üretilen aynı anda üç ayrı frekansta ölçüm yapılabilen ENVI cihazı kullanıldı. Sözü edilen ölçüm cihazlarının çoğu ölçülen elektromanyetik alanın düşey manyetik alan bileşenini (Hz) ölçmekle birlikte bazıları birbirine dik yatay bileşenlerini de (Hx, Hy) ölçmek üzere dizayn edilmiştir (Timur, 2009). Günümüzde kullanılan birçok cihaz manyetik alan bileşenlerinin yanı sıra yine birbirine dik uyartılan yatay elektrik alanları da ölçebilmektedir. Ayrıca cihaz ek aparat elektrot yardımıyla rezistivite değerini de ölçmektedir. İlk başlarda EM - VLF yöntemiyle derinlik hakkında net bir bilgi verememek yöntemin dezavantajları arasındaydı fakat son yıllarda geliştirilen yeni süzgeçleme, modelleme ve ters çözüm teknikleri ile bu problem büyük ölçüde çözülmüştür. Genel olarak en az 2 istasyondan veri almak gerekmektedir fakat daha fazla istasyondan veri almak problemi çözmeyi kolaylaştıracaktır. Arazide ölçüm yapılması ise basittir. Ölçüm cihazı operatör tarafından sırtta taşınarak almak mümkündür. Elektrik alan (VLF - R) yapılacaksa 2 kişiye daha ihtiyaç vardır. Vericilerdeki bakım ve çeşitli sebepler yüzünden düzensiz çalışmalar sebebiyle her

zaman vericilerden düzenli sinyal alamama gibi problemler yaşanabilir. Bunun yanında sinyallerdeki değişimler ölçüm esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer noktadır. Bu gibi sebeplere önlem alabilmek için özellikle uzun süreli araştırmalarda manyetik alan değişimleri için önlem alınmalıdır (Timur, 2009).

EM-VLF yöntem ölçümleri esnasında dikkat edilmesi gerekenler ise;

- Ölçüm yapan kişinin ölçüm anında dik ve hareketsiz olmalıdır. Ölçüm süresinin yaklaşık 5 sn olduğu varsayılarak bu süre içinde ölçümü etkilemeyecek bir şekilde davranılmalıdır.
- Ölçüm profili boyunca trafo, elektrik hattı, telefon hattı vb. gibi durumları arazi defterine kayıt edilmeli ve profil değerlendirilirken bu durumların yaratacağı etki göz önünde bulundurulmalıdır.
- Arazi mümkün olduğu kadar engebesiz olmalıdır çünkü topografik değişimler uzun dalga boylu dalgaların yükseltilerden yansımaları sağlayacağından bu etkileşimler arazi ölçümlerimizi etkileyebilir.

Tablo 3.1 Dünyadaki VLF kaynakları (Bu çalışmada kullanılan frekanslar koyu renk ile işaretlenmiştir)

İSTASYON TANIMLARI				
İSTASYON-FREKANS(kHz)	LOKASYON	ÜLKE	KOORDİNAT	
3SA-29.9	Changde	Çin	29N04	111E43
3SB-27.7	Datong	Çin	39N56	113E15
DHO-28.0	Burlage	Almanya	53N05	007E37
EWB-15.6	Odessa	Ukrayna	46N29	030E44
GBR-16.0	Rugby	İngiltere	52N22	001W48
GBZ-19.6	Rugby	İngiltere	52N22	001W11
GQD-19.0	Rugby	İngiltere	52N22	001W11
HWU-18.3	Le Blanc	Fransa	46N37	001E05
ICV-20.3	Tavolara	İtalya	40N55	009E45
JAP-16.2	Yosami	Japonya	34N58	137E01
JJH-18.2	Kure	Japonya	34N14	132E34
JJI-20.2	Ebino	Japonya	32N05	131E51
JXN-16.4	Helgeland	Norveç	66N25	013E01
JXZ-17.6	Helgeland	Norveç	66N25	013E01

NAA-22.3	Cutler ME	A.B.D	44N39	067W17
NAK-16.6	Annapolis	A.B.D	38N59	076W28
NAU-28.5	Aguada	Porto Riko	18N23	067W11
NBA-24.0	Balboa	Panama	09N04	079W39
NEJ-26.1	Seattle	A.B.D	47N41	122W15
NHB-15.3	Kodiak	Alaska	57N45	152W30
NLK-15.3	Balboa	A.B.D	48N12	121W00
NPC-22.3	Seattle	A.B.D	47N35	122W32
NPG-26.1	S Francisco	A.B.D	38N06	122W16
NPL-18.0	S Diego	A.B.D	32N44	117W05
NPM-18.6	Pearl Harbour	Havai	21N25	158W09
NPN-15.3	Guam	Guatemala	13N34	114E50
NSS-25.8	Washington	A.B.D	38N59	076W27
NWC-19.8	North West Cape	Avusturalya	21S25	114E09
RAM-28.6	Moscow	Rusya	55N49	037E18
RCV-27.0	Rostov	Rusya	47N18	039E48
TBA-21.8	Antalya	Türkiye	36N53	030E43
TBB-26.7	Bafa	Türkiye	37N26	027E33
UGK-16.2	Kaliningrad	Rusya	54N42	020E30
UMB-18.9	Rostov	Rusya	57N14	039E48
UMS-17.1	Moscow	Rusya	55N49	037E18
UNW-30.0	Kaliningrad	Rusya	54N45	020E30
UPD-18.1	Mumansk	Rusya	68N58	033E35
VTI-15.1	Bombay	Hindistan	19N00	073E00
VTX-16.3	Vijayanarayanam	Hindistan	08N26	077E44
23.4	Ramsloh	Almanya	-	-
NPM-23.4	Honolulu	A.B.D	-	-

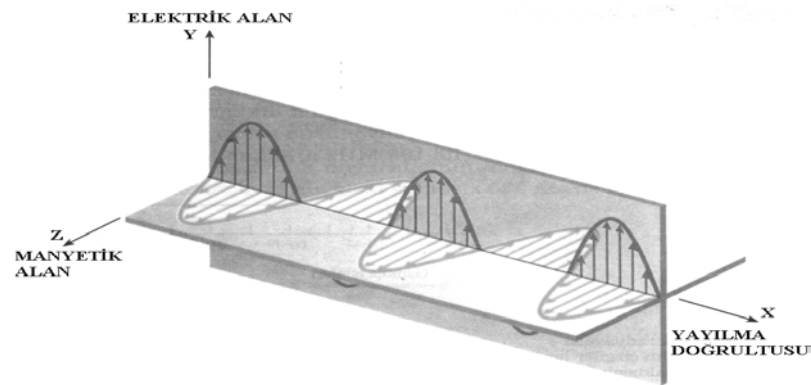
3.6.3 Ölçülen Parametreler

Yer altında ikincil alandan oluşan gerçel bileşen, sanal bileşen, toplam alan ve eğim ölçülür. Gerçel ve sanal bileşenler yüzde (%) olarak ölçülür. Gerçel bileşen birincil alanla aynı fazda olduğundan in-phase ile, sanal bileşen farklı fazda olduğu için out-of-phase veya quadrature isimleriyle nitelenir. Yeraltındaki problemi çözmek için alınan EM - VLF yönteminde birbirinden farklı frekansta ölçüm almak bize yarar sağlar. Fakat farklı frekanslardaki ölçümlerimizde derinlik ile ilgili bilgi verirken dikkat etmek gerekir. Bunun sebebi farklı frekans değerleriyle ulaşabileceğimiz derinlikler farklılık gösterir. Ayrıca elektromanyetik dalgaların yayılma yönüne dik olarak bir elektrik alan ve manyetik alan oluşu bu Şekil 3.10 da gösterilmiştir.

Ölçüm mekanizması ise vericiden uzakta yatay ve tekdüze olan birincil alan kendisine dik doğrultuda uzanan bir iletkende eddy akımları oluşmaktadır. Eğer ortamda herhangi bir iletken yoksa toplam alan yalnızca yatay birincil alandır. Eğimi sıfır olduğu için fazı da birincil alanın fazıyla aynıdır yani fazı yoktur. Ortamda iletken olması durumunda ise bu iletkende eddy akımları sayesinde ikincil alan oluşur. Bu ikincil alandan birincil alanlarda etkilenir. Bu etki birincil alanı azaltacaktır (Timur, 2009).

VLF İSTASYONU	FREKANS (kHz)	Özdirenc (ohm.m)	Nüfuz Derinliği (m)
FVO BORDEAUX	15.1	10	12,95
		100	40,95
		1000	129,52
		10000	409,57
GBR RUGBY	16	10	12,58
		100	39,78
		1000	125,82
		10000	397,89
UPD MUMANSK	18.1	10	11,83
		100	37,40
		1000	118,3
		10000	374,09
ICV TAVOLARA	20.3	10	11,03
		100	34,89
		1000	110,35
		10000	348,97
TBA ANTALYA	21.8	10	10,77
		100	34,08
		1000	107,79
		10000	340,87
TBB BAFA	26.7	10	9,74
		100	30,8
		1000	97,4
		10000	308,26

Şekil 3.9 Çeşitli VLF istasyonları ve etki derinlikleri (Timur, 2009)



Şekil 3.10 Bir Elektromanyetik dalgada manyetik alan hem elektrik alana hem de yayılma doğrultusuna diktir (Bueche ve Jerde, 2000)

3.6.4 EM-VLF Verilerinin Değerlendirilmesi

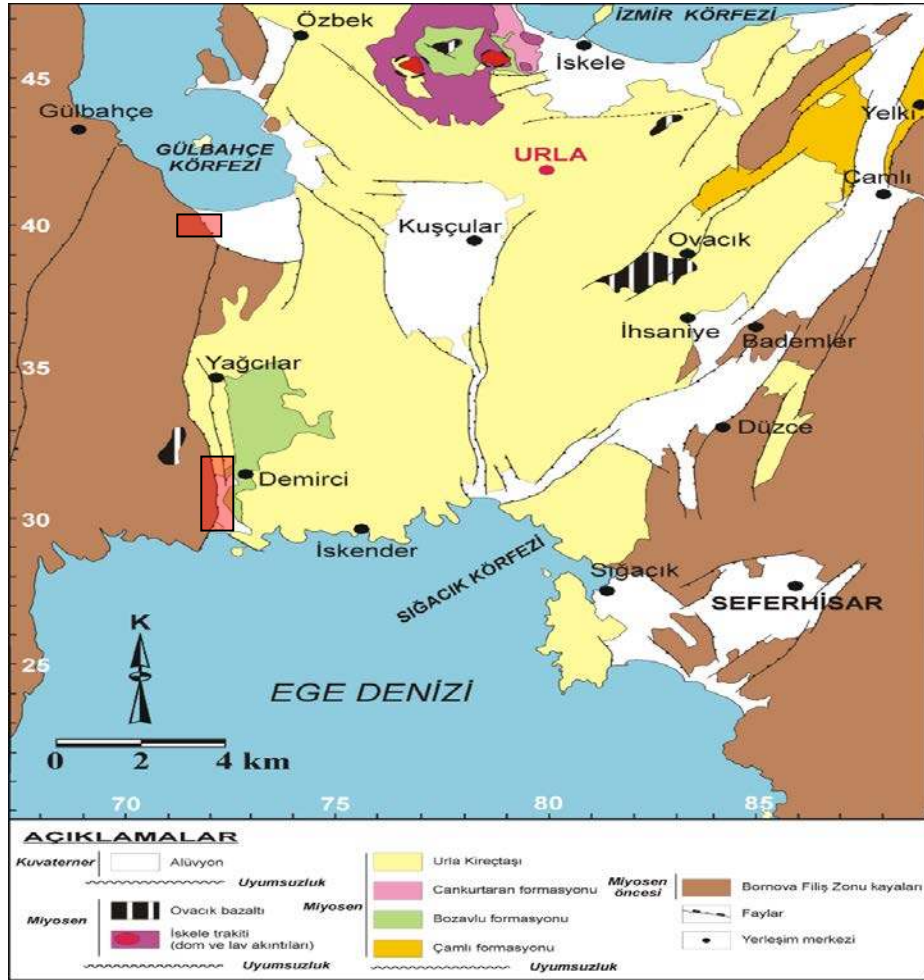
Inv2DVLF programı kullanılarak EM-VLF verilerinin düz ve ters-çözümü yapılabilmektedir (Santos, 2006). Tez kapsamında Ters-çözüm işlemi için bu programın içinde olan ve ters-çözüm öncesi kullanılması gereken PrepVLF'den yararlanıldı. Araziden elde edilen EM-VLF verilerinin in-phase ve quadrature değerleri kullanılarak PrepVLF'de hazırlanmış dosyalar Inv2DVLF programına tanıtılmış ve ters-çözümleri yapılmıştır. Oluşturulan model dosyaları SURFER programında çizdirilerek model kesitleri elde edilmiştir. Elde edilen kesitler Şekil 3.9' da verilen derinlik-frekans ilişkisiyle orantılı olarak oluşturulmuştur. Ayrıca ileriki bölümlerde gerçel bileşen ve sanal bileşenlerin uzaklıkla olan değişimleri sunulmaktadır.

BÖLÜM DÖRT

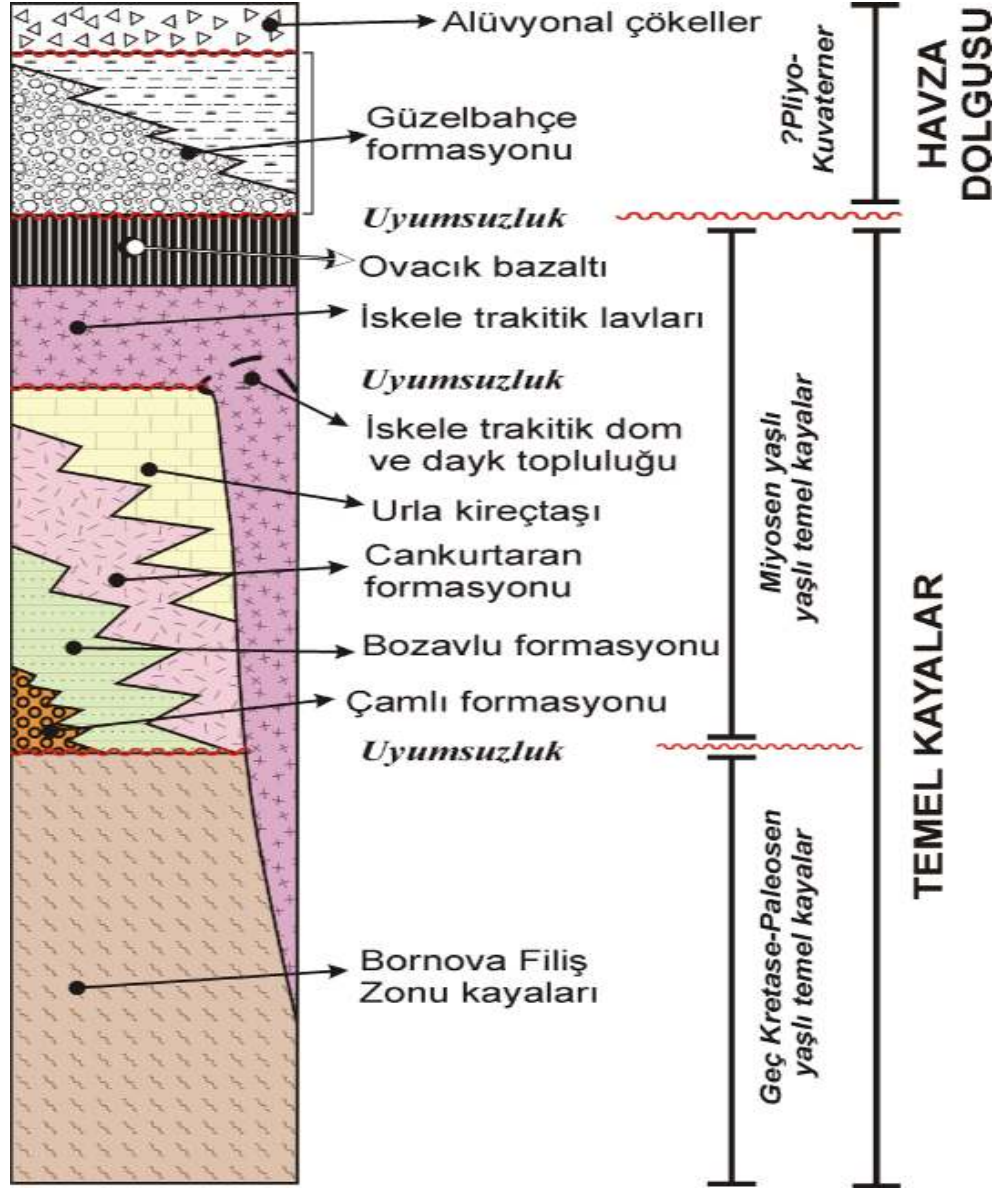
ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

4.1 Bölgenin Stratigrafisi ve Sedimentolojisi

Çalışma alanındaki kaya birimlerini iki başlığa bölüp incelemek gerekir. Bu kayabirimleri; temel kayalar ve genç havza dolgusudur. Şekil 4.2’de genç havzanın beslenme alanı kısmında bulunan temel kayalar, Üst Kretase-Paleosen yaşlı İzmir-Ankara Zonu’na ait Bornova Karmaşığı (Erdoğan, 1990) veya Bornova Fliş Zonu (Okay ve diğ. 1996) ve Miyosen yaşlı volkano-sedimenter birimlerdir (Akartuna, 1962; Kaya, 1979; Savaşçın, 1978; Sümer ve diğ, 2003; Sözbilir ve diğ, 2003; İnci ve diğ, 2003).



Şekil 4.1 Urla çevresinin temel kayalarını gösteren jeoloji haritası (İnci ve Sözbilir, 2004). Çalışma alanları kırmızı dikdörtgenler ile belirtilmiştir.



Şekil 4.2 Urla Havzası'nın genelleştirilmiş kolon kesiti (Sümer, 2007).

4.2 Çalışma Alanında Gözlenen Jeolojik Birimler

4.2.1 Bornova Fliş Zonu

Bornova Fliş Zonu kumtaşı – şeyl ardalanması ve bu ardalanmayla uyumluluk gösteren kireçtaşlarından oluşur. Çalışma alanının batı sınırında kireçtaşları, doğu sınırında ise kumtaşı- şeyl ardalanması gözlemlenir.

4.2.2 Bozavlu Formasyonu

Urla Havza'sının kuzey ve güneybatı kenarında gözlenen formasyon baskın olarak çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı aralanmalıdır. Bu çakıl bileşenler az miktarda volkanik, baskın olarak Bornova Fliş Zonuna aittir. Bu formasyon Çamlı formasyonuna ait birimlere benzerlik gösterir (Sümer, 2007).

4.2.3 Urla Kireçtaşı

Formasyon bej ve açık kahverenkli, ince ve kalın katmanlı kiltası arakatmanlı kireçtaşından meydana gelir. Urla çevresinde yaygın olarak gözlemlenir. Alt bölümlerinde kumtaşı, çamurtaşı, volkanoklastik kayalar konumlanmıştır. Birim, iskele trakiti ve Ovacık bazaltının volkanik dom ve daykları ile kesilir, lavları ile uyumsuz olarak örtülür (Öngür , 1972).

4.2.4 Güzelbahçe Formasyonu

Bu formasyon Urla havzasının doğusunda Güzelbahçe havzasında gözlemlenmektedir. Bu birim kırıntılı çökellerden oluşmuş olup İzmir – Seferihisar karayolunda bu formasyon gözlemlenebilir. Formasyon sedimantolojik olarak baskın alüvyonal bir yelpazeye benzetilebilir. Güzelbahçe formasyonu daha çok döküntü akması baskın alüvyon yelpazeleri tarafından biriktirilmiş bir çökel topluluğundan oluşmuştur. Bu çökellerin baskın litolojilerini kaba kırıntılı tortullar oluşturmaktadır. Ölçülen kesitlerde; bloklu aramadde destekli çakıltası , aramadde destekli çakıltası, çakıllı kumtaşı, çakıllı kumlu silttaşı ve kumlu çakıllı silttaşı gibi litofasiyesler, döküntü akmalarına karakterize eder (Sümer, 2007).

4.2.5 Güncel Alüvyonal Tortullar

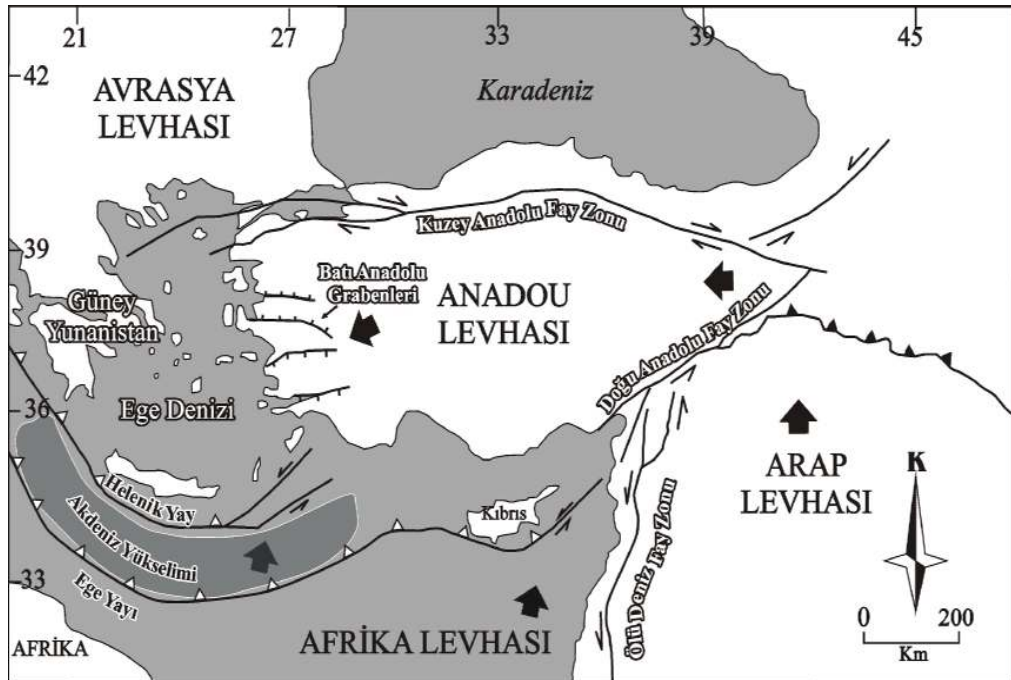
Bu tortullar Urla havzasının tüm temel kaya kırıntılarını içerirler. Bu tortullar grimsi bej ve kırmızımsı – kahverengi olarak gözlemlenir. Baskın olarak akarsu fasiyesi, az olarak yamaç çökelleri ve geçiş/kıyı fasiyesi çökellerinden yapıldır. Çamlı Köyü'nün doğusundan başlayıp, Güzelbahçe alt –havzasının tam ortasından

kuzeye akan Çamlı Deresi bu alüvyonal tortulların yüzeylediği alandır (Sümer, 2007).

4.3 Ege Bölgesi'nin Jeolojik Gelişimi

Ege bölgesi 3 ana tektonik hatla sınırlıdır ve bu yapısal süreksizlikler altında deforme olmaktadır. Bu üç yapısal hat; kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), güneyde Ege Dalma- Batma Kuşağı (EDBK) ve doğuda kıtasal bir açılma ile gelişen Batı Anadolu Graben alanlarıdır (BAG).

Ege Bölgesi'nin güneyi ve güney batısının şekillenmesi Ege dalma-batma kuşağı tarafından yönlendirilir. Literatürde dalma batma zonuna ait iki ana tektonik dikkat çeker. Bunlar; güneyden kuzeye Ege Yayı ve Helenik Yay olarak adlandırılmıştır. (Şekil 4.3). Özellikle Helenik Yayı, Ege Bölgesi'nin jeodinamik olarak şekillenmesinde kilit rol oynamaktadır. Bu iki yay arasında kalan alanı ise Akdeniz Yükselimi karakterize eder (Bozkurt, 2001).



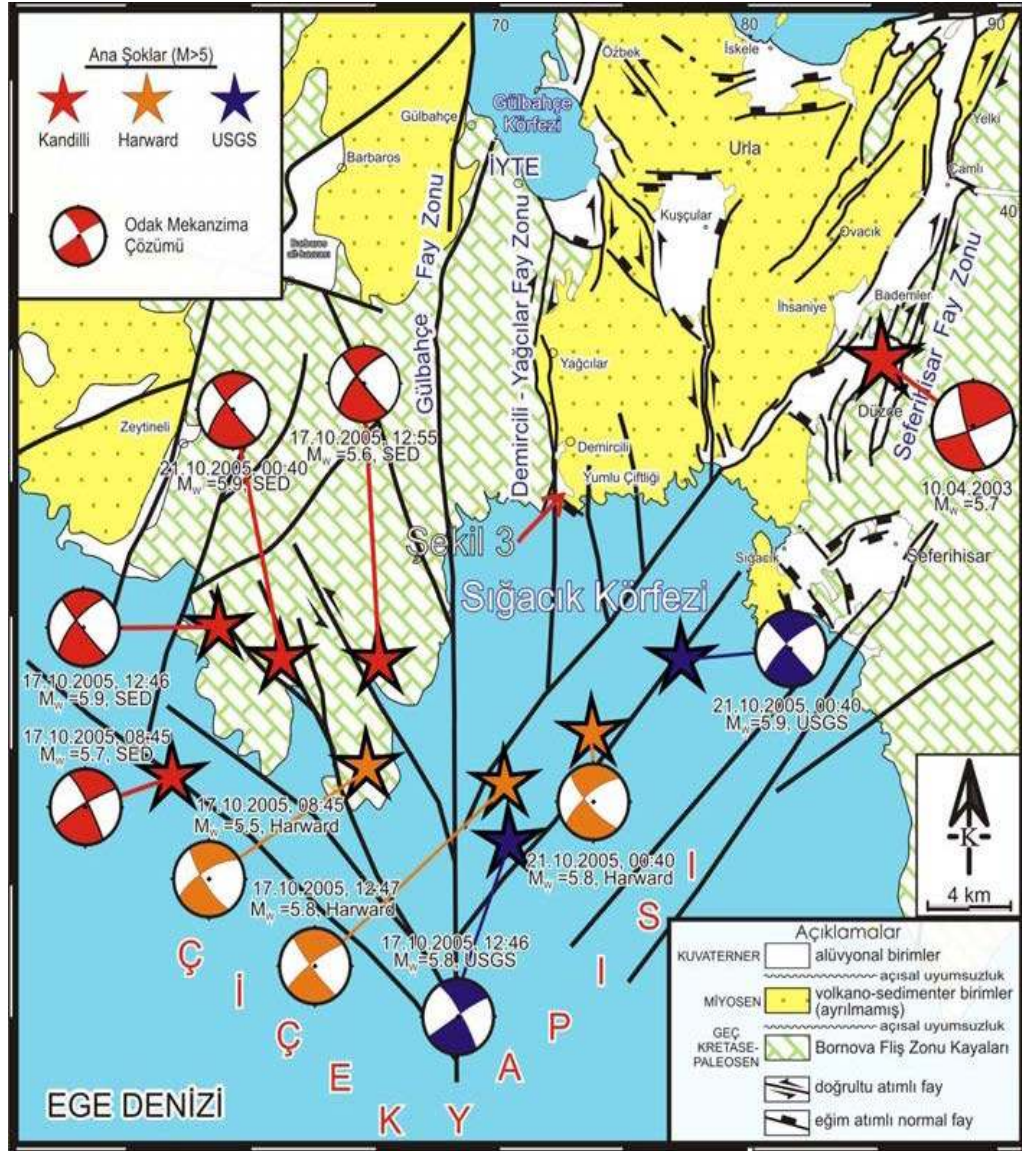
Şekil 4.3 Türkiye'nin neotektonik yapılarını gösteren harita . (Sümer 2007).

Arpat ve Bingöl (1969) gediz ve Büyük Menderes Grabenlerini ilk kez graben ve horst olarak isimlendiren araştırmacılarıdır. Batı Anadolu dünyada kıtasal açılmanın en hızlı geliştiği bölgedir. Bu açılma yaklaşık K-G doğrultuda ve açılma hızı 20–60 mm/yıl olarak belirtilmektedir (Reilinger ve diğ, 1997; Jackson ve McKenzie, 1988; Taymaz ve diğ, 1991; Le Pichon ve diğ, 1995; Ambraseys ve Jackson, 1998). D-B uzanan grabenleri ise kuzeyden güneye sıralamak mümkündür. En kuzeyde Edremit, Bakırçay, Kütahya, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, ve en güneyde ise Gökova Grabenleri yer alır. Bu havzaları kontrol eden aktif graben kenar fayları da ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Bu faylar, Batı Anadolu'nun en önemli yapısal hatlarını oluşturur (Şengör ve diğ, 1985; Seyitoğlu ve Scott, 1991; Emre ve Sözbilir, 1997; Bozkurt, 2000; Yılmaz ve diğ, 2000; Bozkurt, 2001), (Şekil 4.3).

4.4 Çalışma Sahası Çevresinde Deprem Üretebilecek Diri Faylar

17-20 Ekim 2005-Sığacık depremlerinin meydana geldiği Sığacık Körfezi'nin kara kısmındaki Urla ilçesi ve çevresinde 2003-Urla depreminden önce yapılan haritalama çalışmaları sonucunda bölgede çok sayıda KD-GB, KB-GD ve K-G uzanımlı doğrultu atımlı fay haritalanmıştır (İnci ve diğ. 2003). Bu faylar arasında yaklaşık D-B uzanımlı ve daha küçük ölçekli oblik normal faylar da haritalanmıştır. Bu faylardan KD-GB uzanımlı olanlar sağ yönlü doğrultu atımlı, KB-GD uzanımlı olanlar ise sol yönlü doğrultu atımlı fay niteliğindedir (Sözbilir vd. 2009). Haritalanan faylar Sığacık Körfezi'ndeki sismik verilerle birleştirildiğinde (Şekil 4.4), kuzeyden güneye doğru daralan 'V' şekilli bir yapının varlığı ortaya çıkar (Sözbilir vd. 2009). Urla Havzası, batıdan ve doğudan Bornova fliş zonu (Okay ve diğ. 1996) veya Bornova karmaşığı (Erdoğan, 1990) adı verilen Üst Kretase-Paleosen yaşlı kaya topluluğuyla sınırlıdır. Urla Havzası'nın doğu kenarını Seferihisar Fay Zonu oluşturur. Fay zonu ortalama yaklaşık 2-3 km genişlikte ve 23 km uzunluğundadır. Fay zonu içinde, uzunlukları 1 ile 12 km arasında değişen çok sayıda doğrultu atımlı fay segmenti haritalanmıştır (Sözbilir vd. 2009). 10 Nisan 2003 tarihindeki ana deprem bu alanda gelişmiştir (Şekil 4.4). Urla Havzası'nın batı kenarında ise, 11 km uzunluğunda ve 2 km genişliğindeki K-G doğrultulu Yağcılar-Demircili Fay Zonu bulunur. Bu zon Demircili Köyü güneyinden başlar ve Kuzeye

doğru Yağcılar Köyü'nden geçerek Gülbahçe Körfezi'ne kadar uzanır ve Bornova Fliş Zonu kayalarını Miyosen birimlerinden ayırır. Seferihisar Fay Zonu ile Yağcılar-Demircili Fay Zonu güneye doğru Sığacık Körfezi içinde K-G uzanımlı Gülbahçe Fay Zonu ile KB-GD uzanımlı sol yönlü doğrultu atımlı faylarla çiçek yapısı oluşturacak şekilde birleşirler (Sözbilir vd. 2009).



Şekil 4.4 Ekim-2005 ve Nisan-2003 depremlerinin ana şoklar harita üzerinde gösterilmiştir (Sözbilir vd. 2009).

BÖLÜM BEŞ

ARAZİ UYGULAMALARI

5.1 Veri Toplama

Tez kapsamında Urla İçmeler ve Urla Demircili mevkilerinde jeolojik ve topoğrafik olarak fayın varlığını işaret eden bölümler üzerinde kapsamlı ölçüm profilleri belirlenmiş ve Doğal Potansiyel ile EM-VLF yöntemleri uygulanmıştır. Şekil 5.1’de arazi çalışmalarından bir görünüm, Şekil 5.2’de İçmeler bölgesinin uydu görüntüsü sunulmuştur. Uygulanan profiller olası fayın kesilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla D-B ölçüm yönünde Şekil 5.3’ de gösterildiği gibi İçmeler bölgesinde 9 profil, Demircili bölgesinde ise Şekil 5.4’de gösterildiği gibi 4 profil alınmıştır. İçmeler bölgesinde alınan profiller üzerinde ek olarak derinlik kesitleri oluşturulmuştur.

5.1.1 Doğal Potansiyel Ölçümleri

Doğal potansiyel (self-potential) verileri Urla-İçmeler bölgesinde Şekil 5.3’de verilen profiller üzerinde iki ayrı ölçüm düzeninde toplanmıştır. Urla-Demircili bölgesinde ölçüm profilleri ise Şekil 5.4’de verilmiştir. Arazi çalışmasında D-B yönünde ölçümler alınmış ve bu ölçümlerde fayın kesilmesi amaçlanmıştır. Ölçümler zamansal sorunları en aza indirebilmek amacıyla birbirini izleyen iki ölçüm grubu tarafından başarılmıştır. Bu süreçte bir grup toplam alan verisi toplarken, diğer grup gradyent verisi toplamıştır. Ölçümler sırasında uçlaşmaz Cu-CuSO₄ elektrotlar kullanılmıştır. Toplam alan ölçüsünde elektrotlardan biri bir noktada sabit tutulurken, diğer elektrot her 5 m’de bir hareket ettirilerek, milivolt düzeyinde ölçümler yapılmıştır. Bu aşamada sabit elektrotun bulunduğu ortamın nem içeriğinin değişmemesi ve günlük sıcaklık değişimlerinden bu elektrotun etkilenmemesi amacıyla elektrot dış ortamdan izole edilmiştir. Kullanılan elektrotların iç gerilim değer değişimleri zamana bağlı olarak önemli bir değişim göstermediğinden, bazlar ölçüm başı ve sonunda ilk noktada yapılmıştır. Daha sonra elde edilen bu değerler iki baz değeri arasındaki değişime bağlı olarak bir düzeltme işlemine tabi tutulmuş ve yapılan düzeltme ile birlikte hattaki toplam

alan değerleri elde edilmiştir. Daha sonra bu veriler basit bir kayan ortalama işlemi yardımıyla yuvarlatılmış ve bylece daha tanımsal anomaliler elde edilmeye çalışılmıştır. Gradyent ls işe, yine ilk noktadan başlamak üzere her iki ölçüm elektrotu arası 5 metre olacak biçimde benzer karaktere sahip ikinci bir elektrot seti ile yapılmıştır. Çalışma alanında profil uzunluğu 140 metre olup profil genişliği 40 metredir. Profiller arası uzaklık 5 metre olarak belirlenmiştir.



şekil 5.1 Doğal potansiyel arazisinden bir görünüm.



Şekil 5.2 Urla İçmeler çalışma alanının görünümü.



Şekil 5.3 Urla-İçmeler çalışma alanında EM-VLF ve doğal potansiyel ölçüm profillerini (kırmızı çizgiler) gösteren uydu görüntüsü.

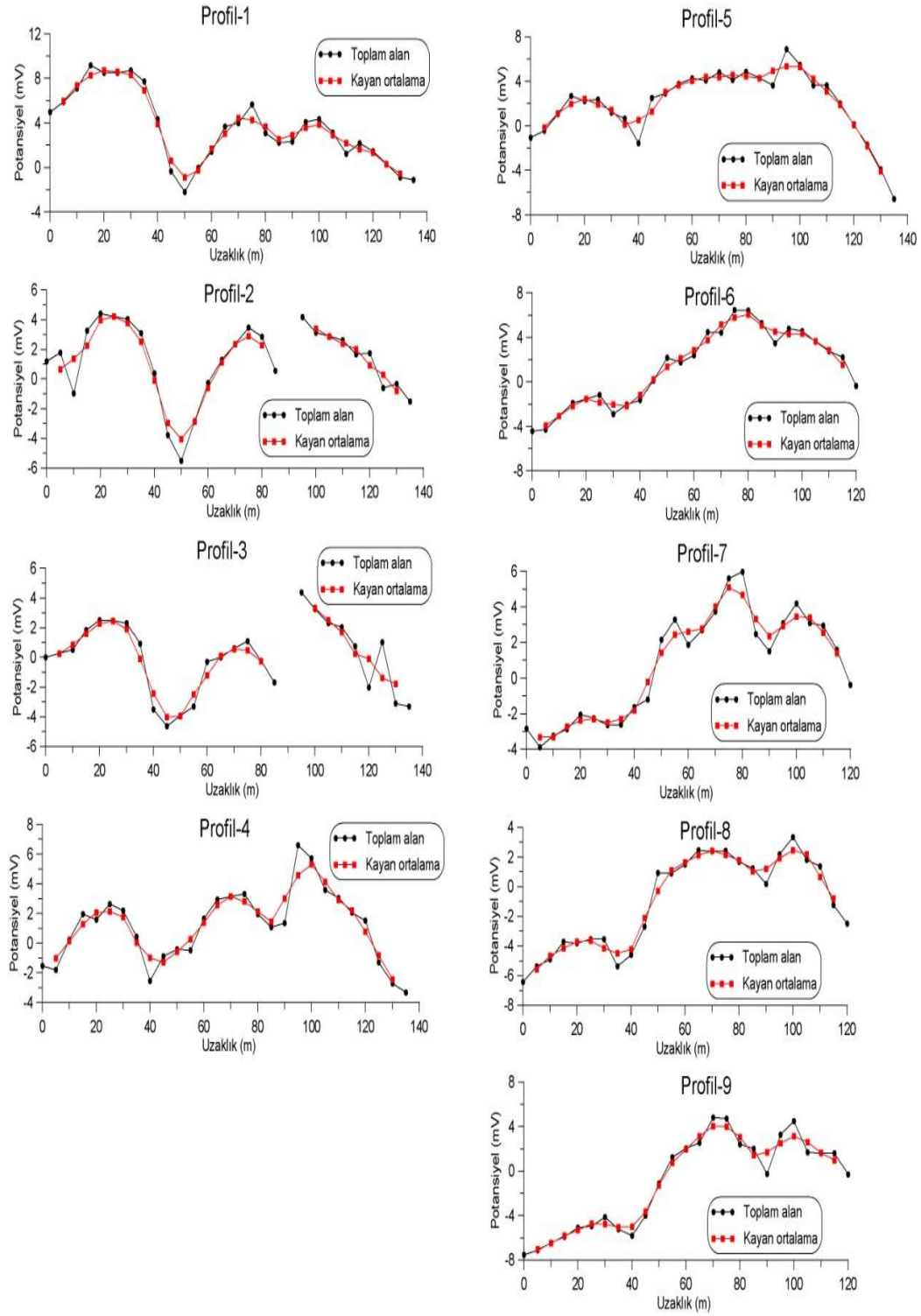


Şekil 5.4 Urla-Demircili çalışma alanında EM-VLF ve doğal potansiyel ölçüm profillerini (kırmızı çizgiler) gösteren uydu görüntüsü.

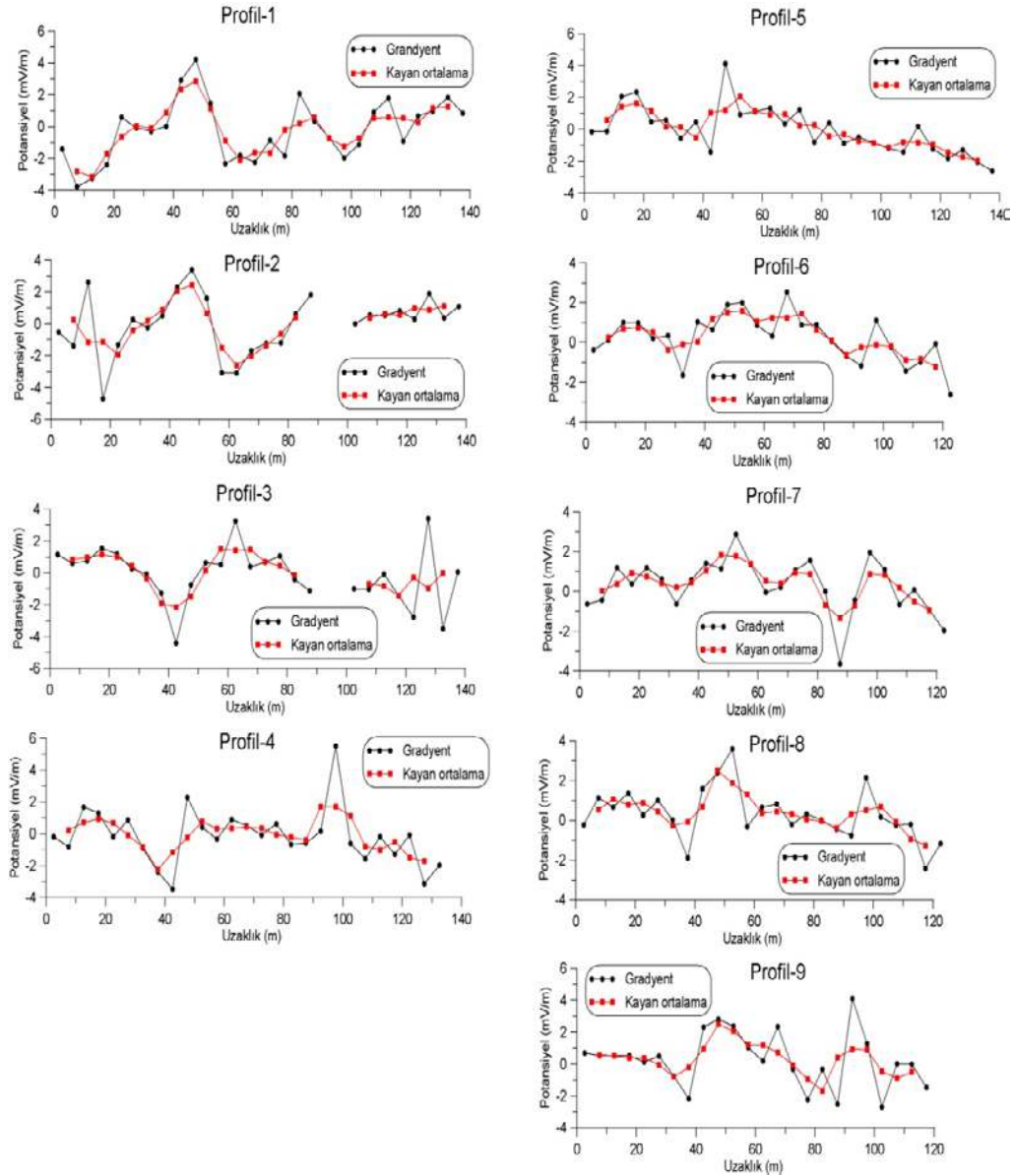
Ölçümler sırasında önden giden ve arkadan giden elektrotlar sabit tutulmuş ve elektrotlar arasında oluşan iç gerilim farklılıkları ise, belirli aralıklarda her iki elektrotun yanyana gelmesiyle yapılan ikinci bir okuma yardımıyla yapılmıştır. Daha sonra okunan bu değerler arasındaki farklar yardımıyla her bir elektrot için iç gerilim değişim değerleri oluşturulmuş ve bu değerler ölçüm değerleri ile işleme tabi tutularak, düzeltilmiş doğal potansiyel değerleri elde edilmiştir.

5.1.1.1 İçmeler Bölgesi Doğal Potansiyel Verileri

Şekil 5.5’de görüldüğü üzere ilk 4 profil arasında önemli benzerlik görülmesine rağmen 5. profilden sonra veriler farklı bir karakter almıştır. Bu durum ortamdaki değişime işaret etmektedir. Aynı durum gradyent verilerinde de görülmektedir. Şekil 5.6 ‘da gösterilen gradyent ölçümlerinde ise 3. profilden itibaren değişim gözlenir.



Şekil 5.5 İçmeler bölgesi doğal potansiyel yöntemi ile toplam alan ölçümlerinden elde edilen grafikler.

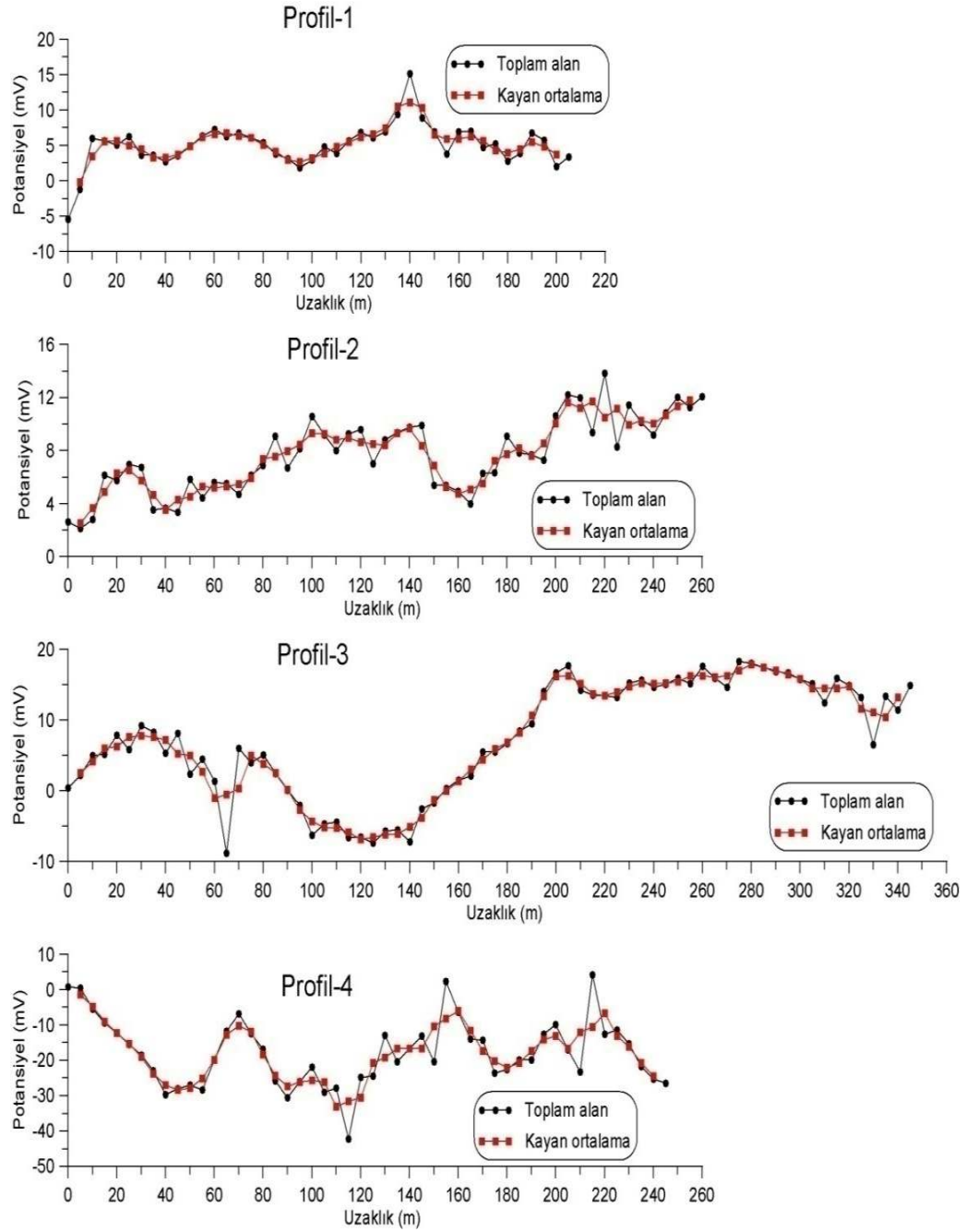


Şekil 5.6 İcmeler bölgesi doğal potansiyel yöntemi ile gradyent ölçümlerinden elde edilen grafikler.

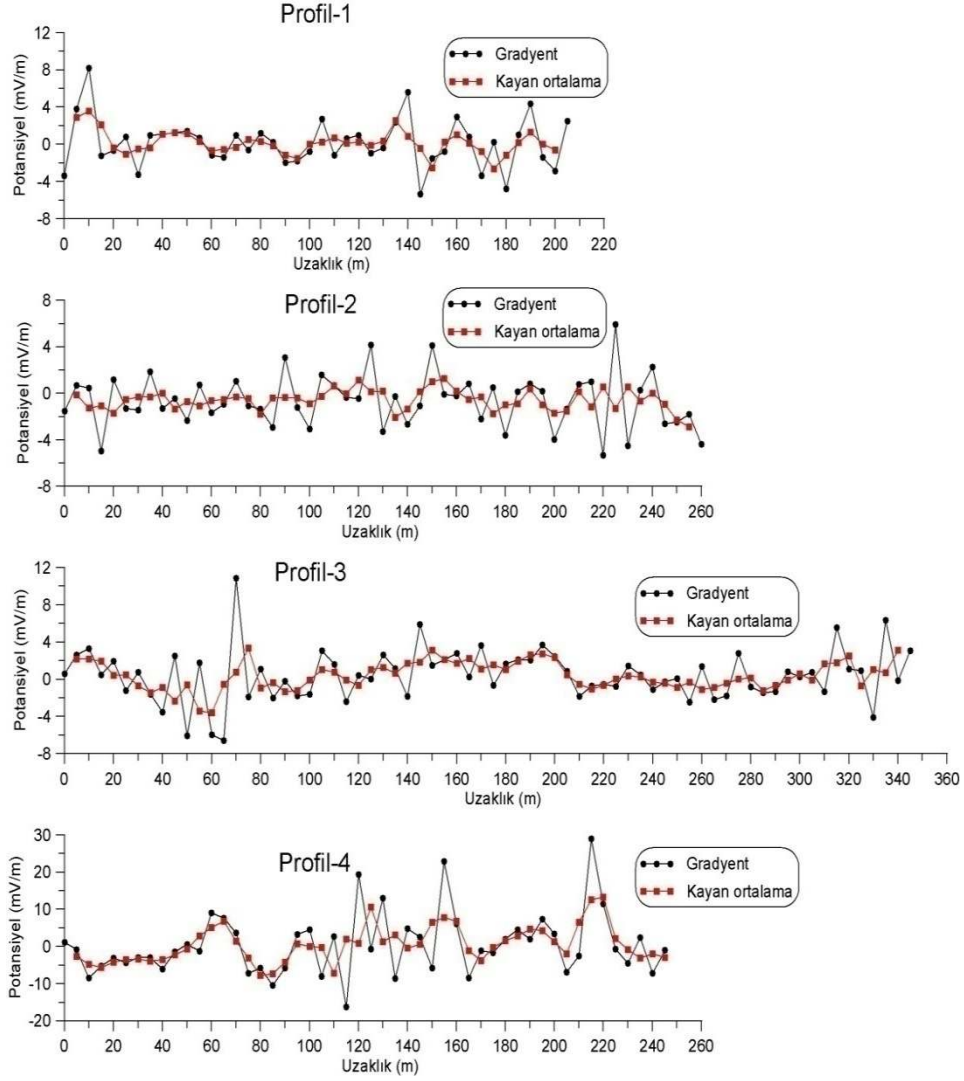
5.1.1.2 Demircili Bölgesi Doğal Potansiyel Verileri

Demircili bölgesinde 4 hat üzerinde ölçümler alınmıştır ve bunlar Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 de verilmiştir. Bu ölçüm hatlarında 1. ve 2. Profil verileri birbirine benzerken 3. profilden itibaren eğrilerin ana karakterinde değişim gözlenmektedir. Bu durum doğal potansiyel ölçülen ortamda değişimi ifade eder. Benzer durum gradyent ölçümünde de görülür. Özellikle gradyent ölçümlerindeki genlik

değişimlerinin yeraltındaki jeolojik yapı ve yeraltı su seviyesi ile ilişkili olabileceğini ortaya koyabilecek değişim verileri görülür.



Şekil 5.7 Demircili bölgesi doğal potansiyel yöntemi ile toplam alan ölçümlerinden elde edilen grafikler.



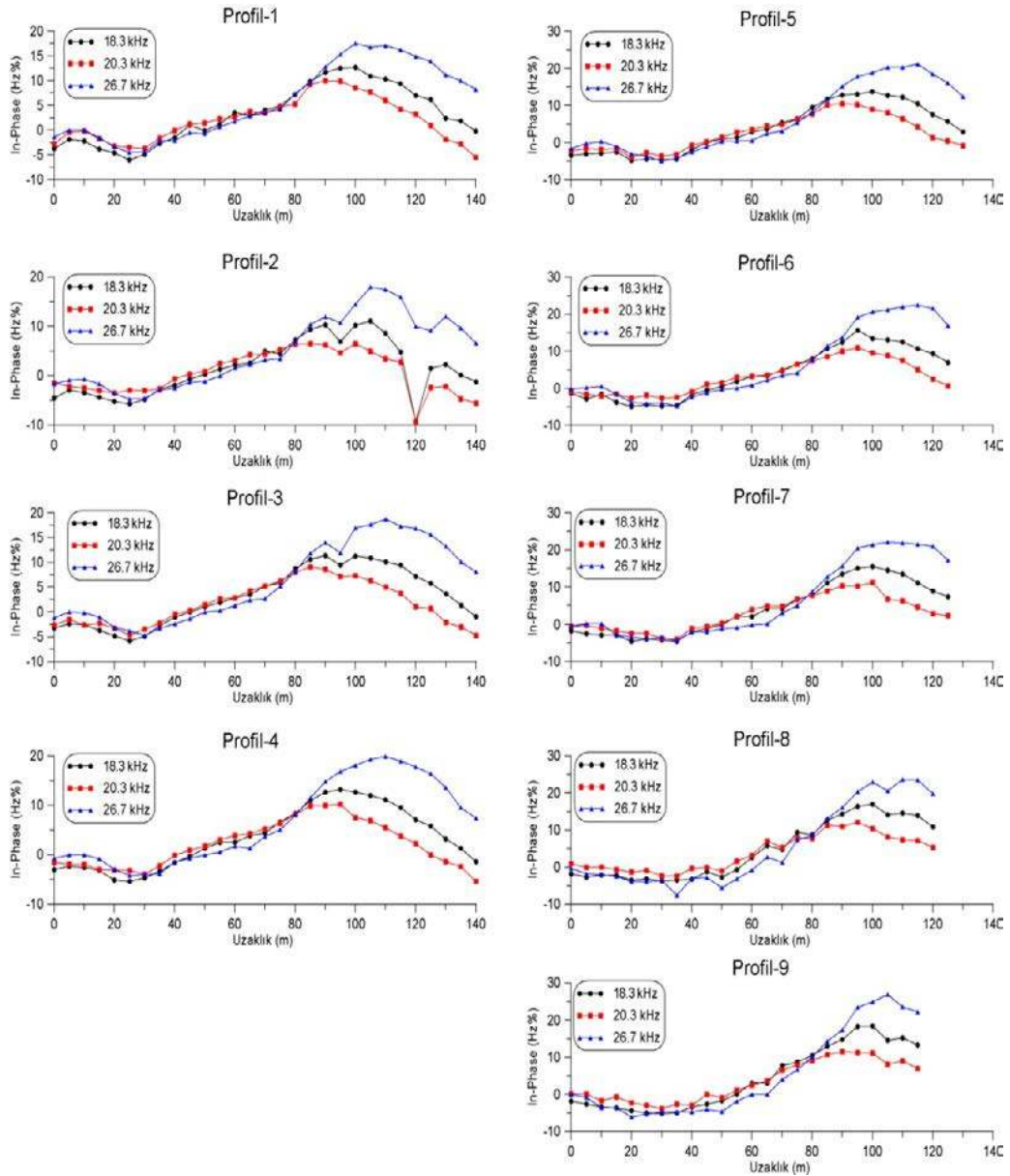
Şekil 5.8 Demircili bölgesi doğal potansiyel yöntemi ile gradyent ölçümlerinden elde edilen grafikler.

5.1.2 Elektromanyetik-VLF Ölçümleri

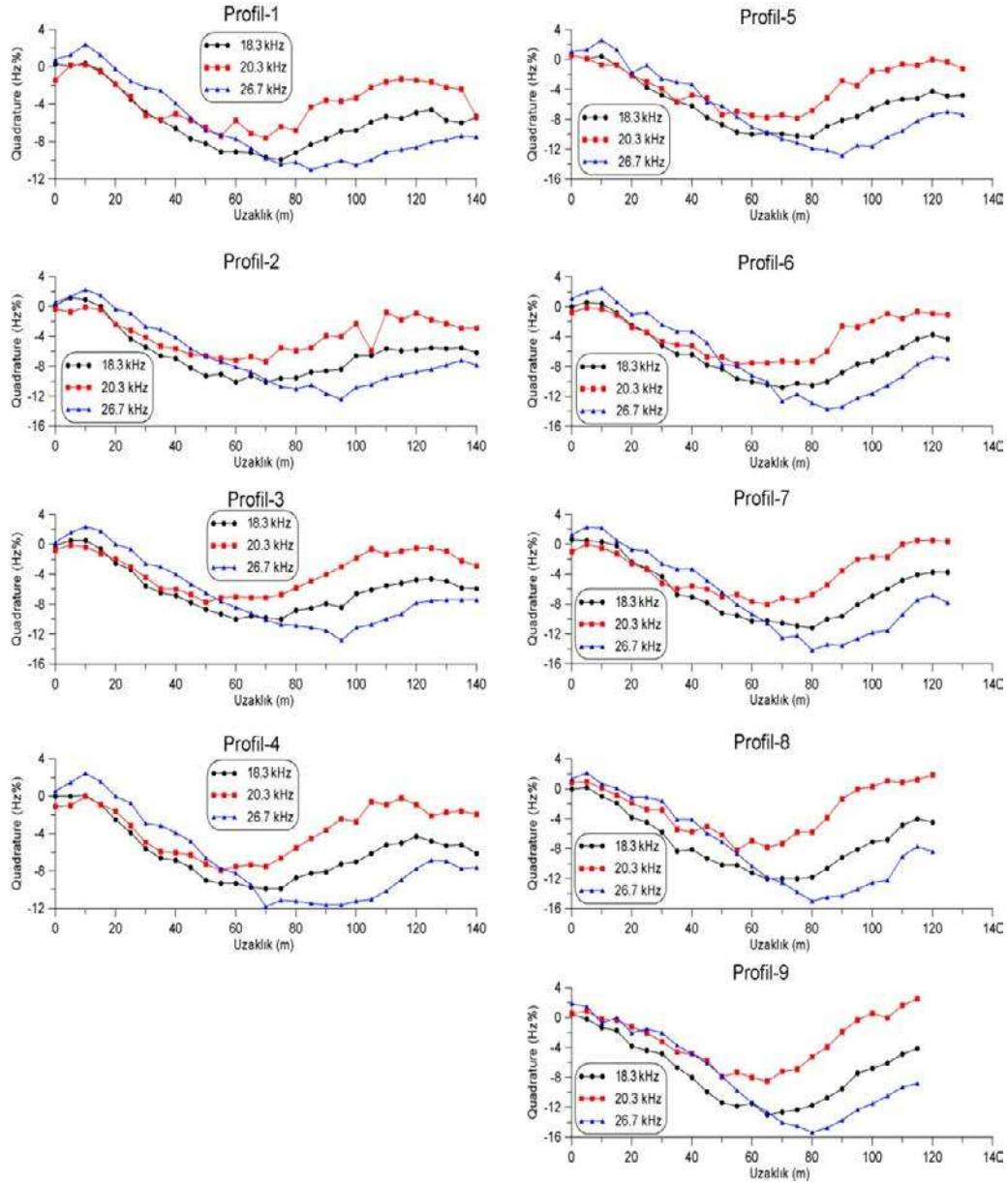
Alanda yapılan toplam alan manyetik ve EM-VLF çalışmalarında Scintrex ENVI ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler Şekil 5.3 ve 5.4’ de verilen profiller üzerinde yapılmıştır.

EM-VLF yönteminde öncelikle değişik frekans değerlerinin yeraltından farklı yanıtlar iletmesi nedeniyle birbirinden farklı üç ayrı frekans seçilmiştir. Bu frekanslar İçmeler bölgesi için sırasıyla, 18,3 kHz (LeBlanc, Fransa), 20,3 kHz (Tavolara, Italya) ve 26,7 kHz (Bafa, Türkiye)’dir. Demircili bölgesinde yapılan

ölçümlerde ise 18,3 kHz (LeBlanc, Fransa), 23,4 kHz (Rhauderfehn, Almanya) ve 26,7 kHz (Bafa, Türkiye) frekansları seçilmiştir. Ölçümler sonucunda, gerçel (in-phase), sanal (out-of phase-quadrature), eğim (tilt) ve toplam alan elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler çizdirilerek, yer altındaki süreksizlik zonunun değişimi belirlenmeye çalışılmıştır.

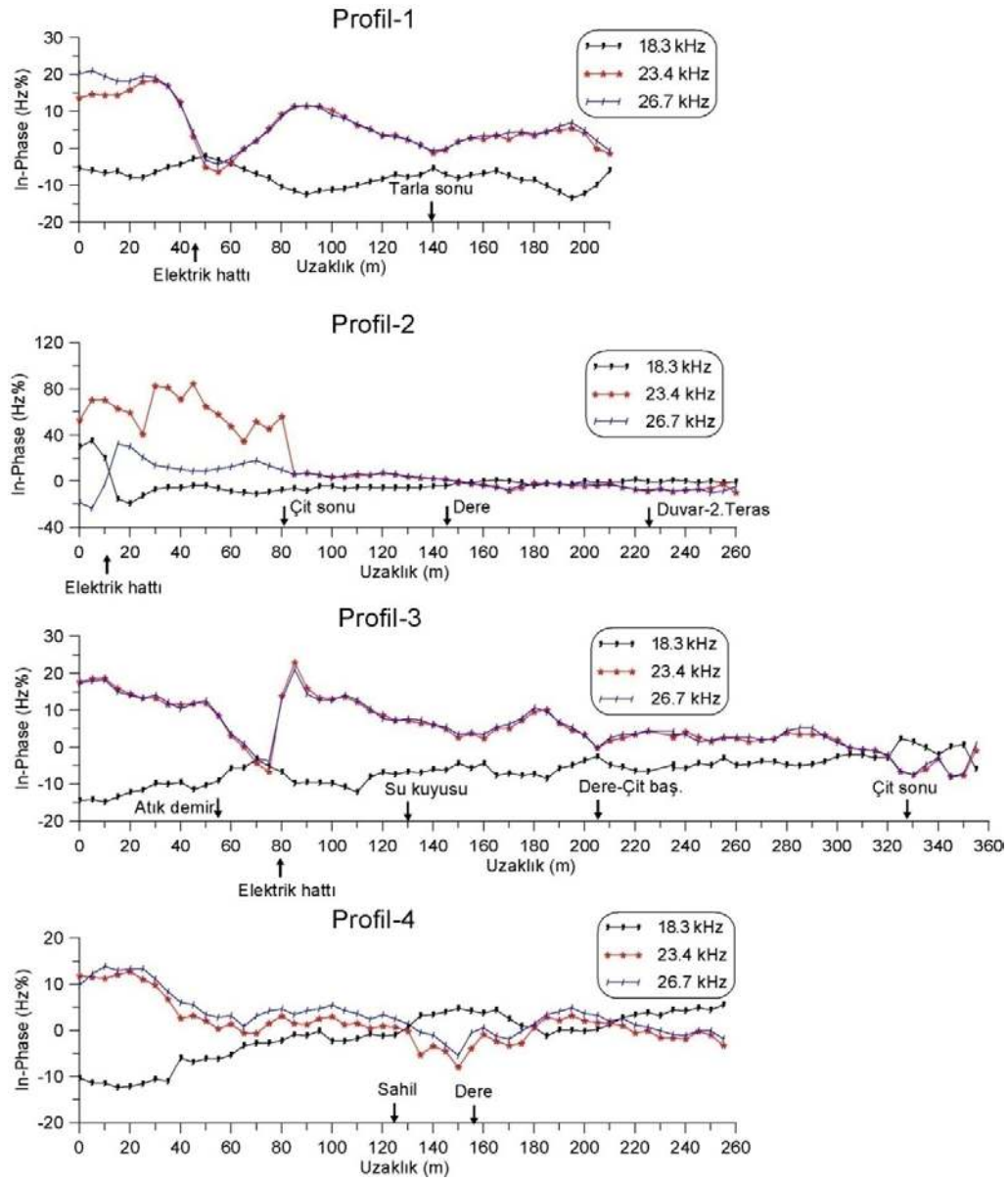


Şekil 5.9 İçmeler bölgesi EM-VLF yöntemi ile gerçel bileşen ölçümlerinden elde edilen grafikler.

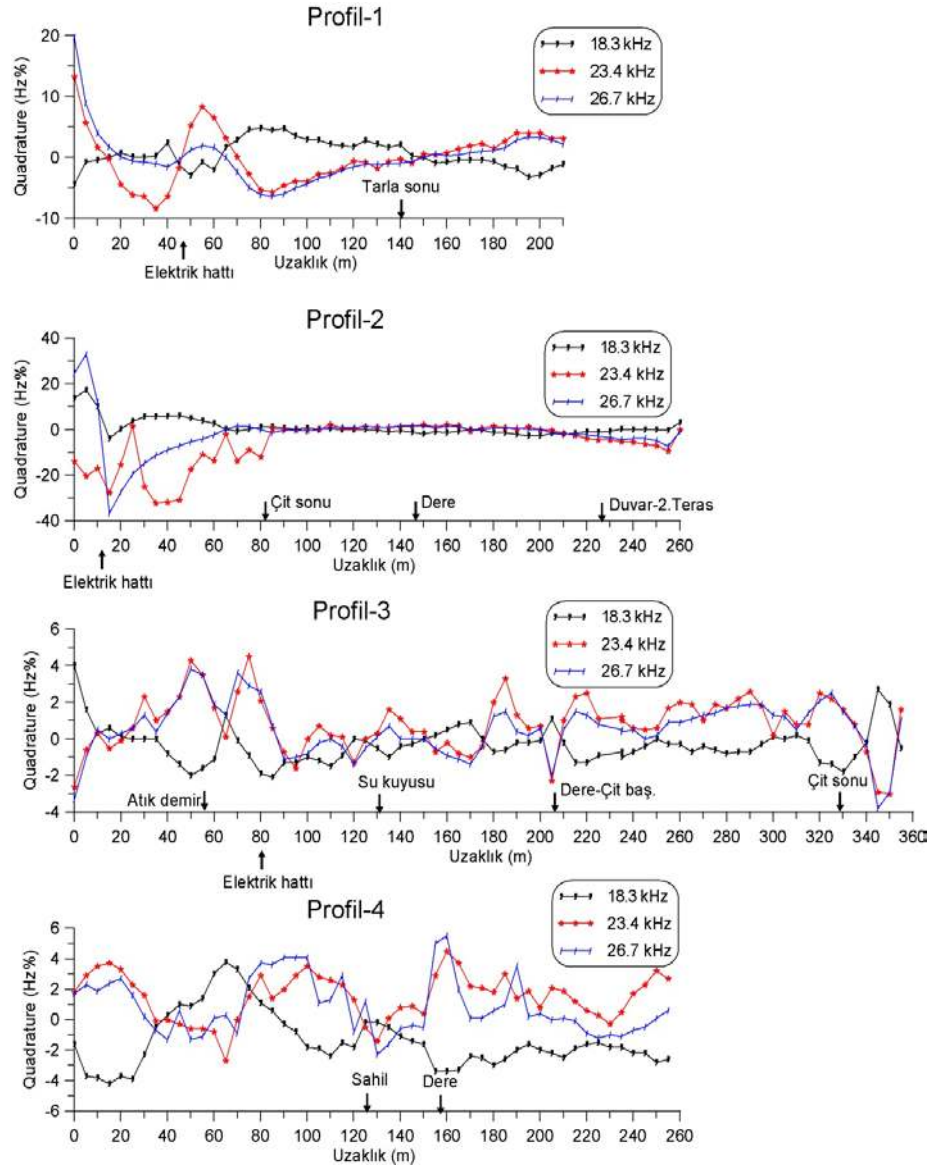


Şekil 5.10 İçmeler bölgesi EM-VLF yöntemi ile sanal bileşen ölçümlerinden elde edilen grafikler.

İçmeler bölgesi incelendiğinde gerçel bileşen verileri birbiriyle benzer karakter göstermektedir. Profiller yaklaşık olarak 80 metreye kadar daha düzgün değişim gösterirken 80 metreden sonra genlik değerlerinde önemli bir yükselme ortaya çıkmaktadır. Eğri tipleri irdelendiğinde burada bir süreksizliğin olma olasılığı yüksektir. Aynı alanın sanal bileşeni verileri arasındaki benzerlik oldukça fazladır. Yine burada da 80. metreden sonra eğri tipinde değişim gözlenmektedir.



Şekil 5.11 Demircili bölgesi EM-VLF yöntemi ile gerçel bileşen ölçümlerinden elde edilen grafikler.



Şekil 5.12 Demircili bölgesi EM-VLF yöntemi ile sanal bileşen ölçümlerinden elde edilen grafikler.

Demircilideki 4 profilde ise gerçel bileşen verilerinin birbirinden çok farklı karakterde olduğu gözlenir. İlk 2 profilde hattın 80. metresine kadar anomaliler gözlenirken sonraki kısımlarda ise tekdüze ve düzgün bir anomali dağılımı gözlenmektedir. Bu durumun yeraltındaki ortamın kendi içinde homojen dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. 3. ve 4. profillerde ise daha karmaşık bir profil karakteri görülmekte çok fazla sayıda anomali karakteri ortaya çıkmaktadır. Bu anomalilerin yeraltında yüzeye yakın değişimlerden kaynaklandığı söylenebilir. Bunun sebebi yüzeye yakın jeolojik değişimler ve yüzeye yakın yeraltı su

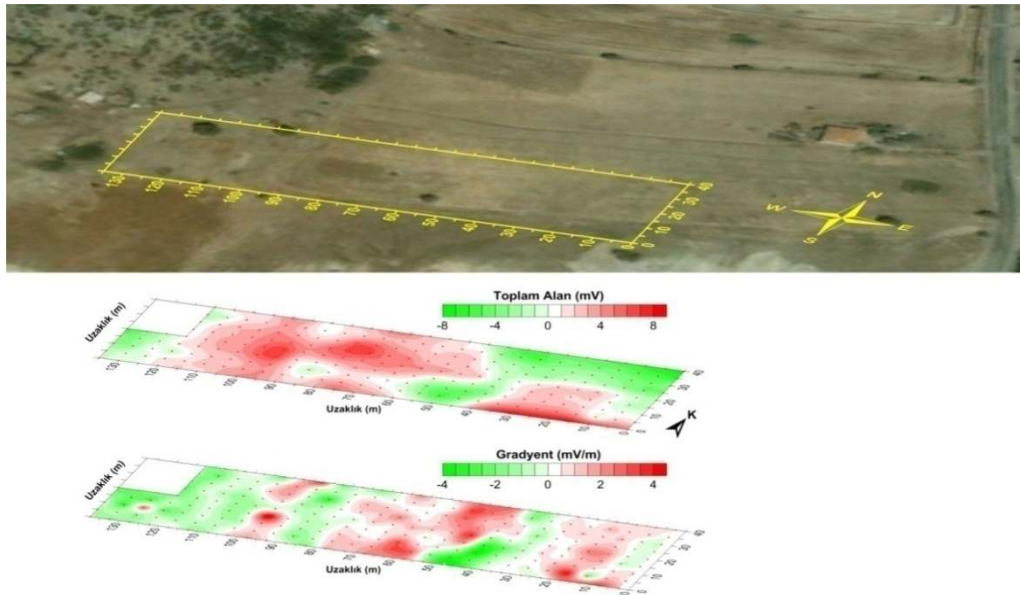
seviyesinden kaynaklanabilir. Aynı durumu sanal bileşen verilerinde de görmekteyiz. Böylece profiller arasında yeraltında iletken ortamlar anlamında önemli değişimler olduğu düşünülebilir.

5. 2 Değerlendirme Yöntemleri

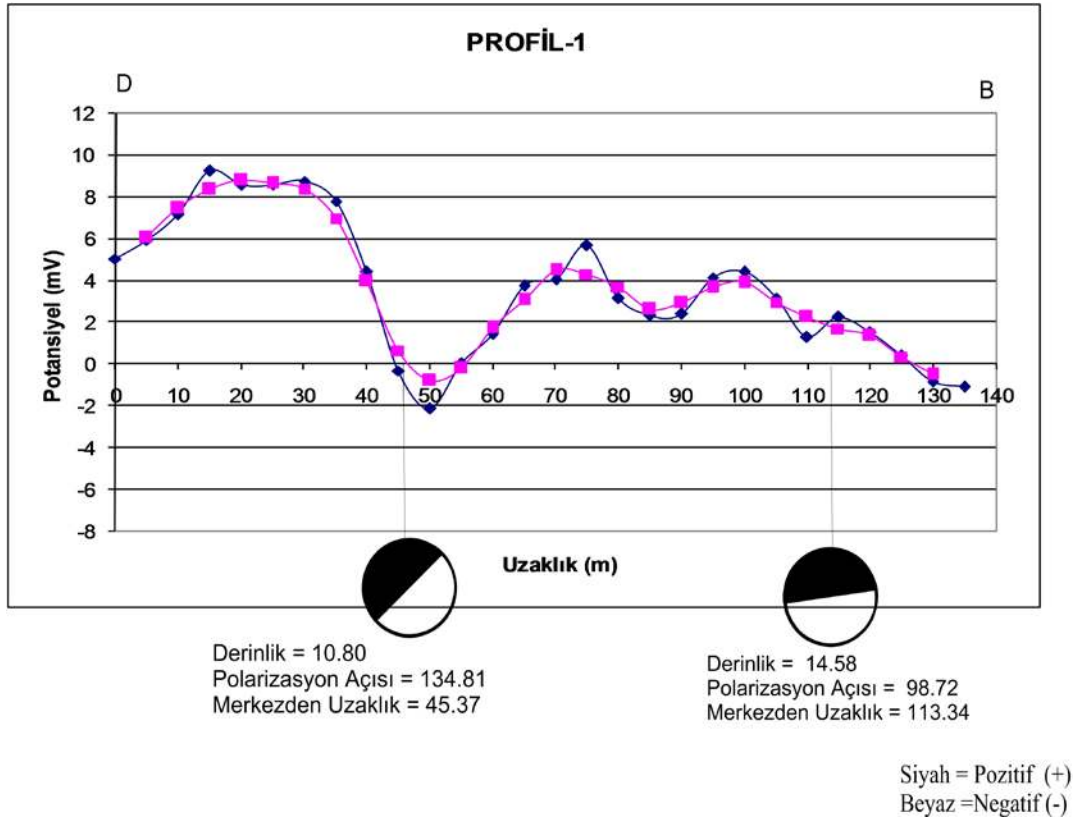
5.2.1. Doğal Potansiyel Ölçümlerinin Değerlendirmesi

Şekil 5.13’ de verilen İçmeler bölgesi doğal potansiyel haritalarında, toplam alan değerlerinin özellikle yüzeydeki toprak değişimlerinden etkilendiği gözlenmiştir. Haritalar ile birlikte verilen uydu görüntüsüne bakıldığında toprak renginin koyulaştığı alanlarda toplam alan değerlerinin pozitif olduğu, açık tonlardaki toprak renginde ise değerlerin negatife döndüğü gözlenebilmektedir. Ayrıca her iki ölçüm yönteminde de 105-115 metreler arasında yaklaşık kuzey-güney uzanımlı negatif değerli bir değişim ortaya çıkmıştır.

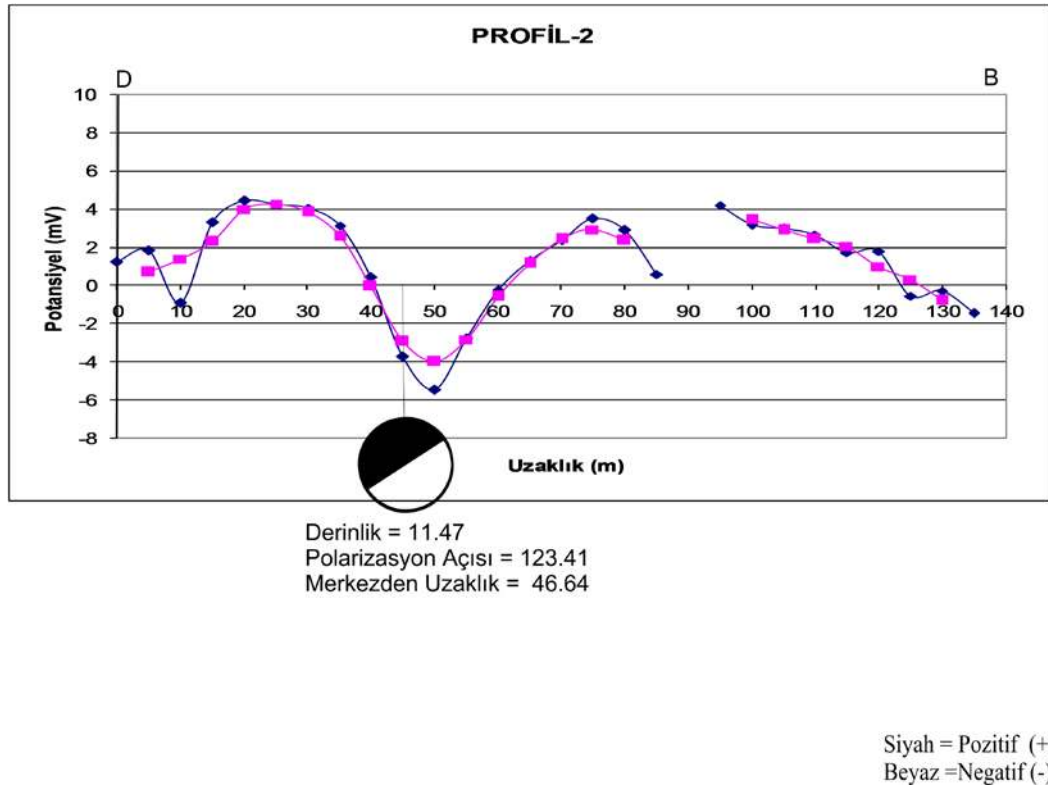
Gradyent haritası incelendiğinde yer yer K-G yönlü negatif uzanımlar, bizlere ortamın değiştiğine ilişkin bazı bulgular sunmaktadır. Hatlar üzerinde yapılan ve anomalilerin ters-çözüm yöntemiyle değerlendirilip elde edilen çözümler her bir hat için ayrı ayrı belirlenmiş ve Şekil 5.14 ile Şekil 5.25 arasında verilmiş ve Tablo 5.1 de sonuçlar toplu halde gösterilmiştir.



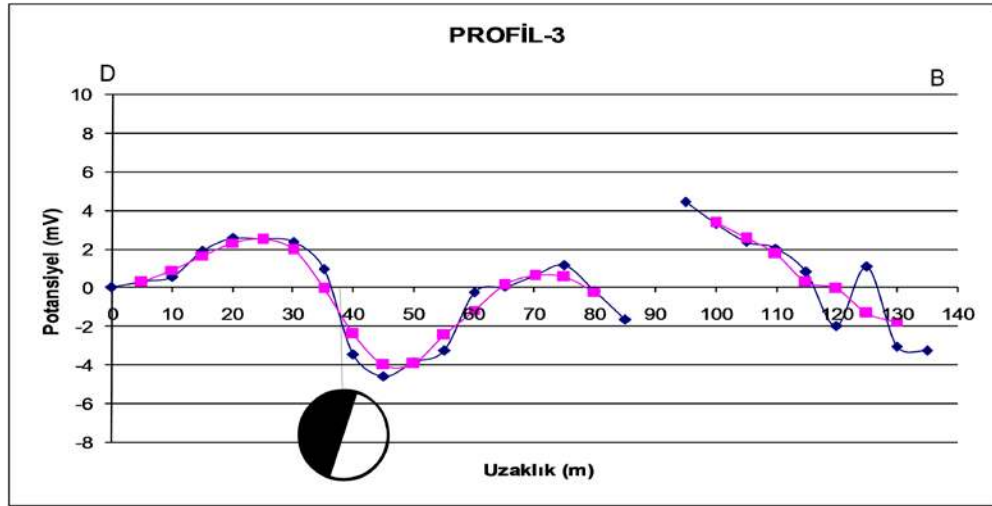
Şekil 5.13 İçmeler bölgesi doğal potansiyel yöntemi ile toplam alan ve gradyent ölçümlerinden elde edilen haritalar.



Şekil 5.14 İçmeler bölgesi 1. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.

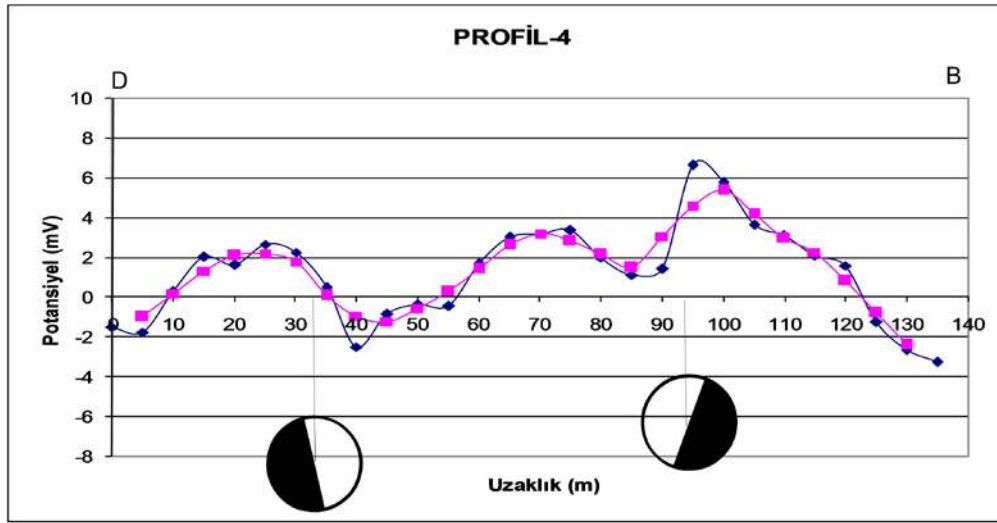


Şekil 5.15 İçmeler bölgesi 2. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.



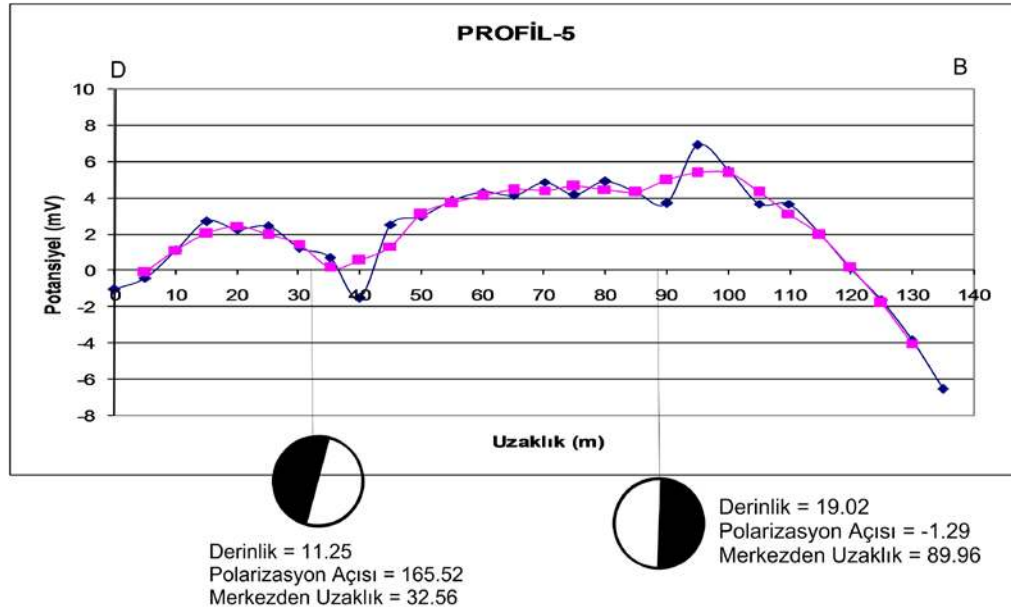
Siyah = Pozitif (+)
Beyaz =Negatif (-)

Şekil 5.16 İçmeler bölgesi 3. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.



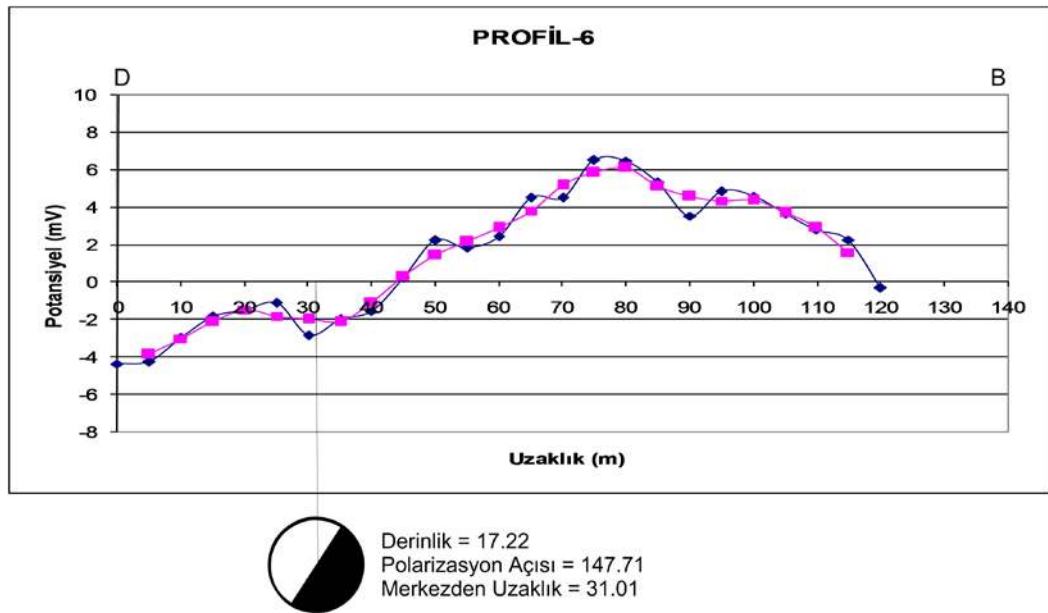
Siyah = Pozitif (+)
Beyaz =Negatif (-)

Şekil 5.17 İçmeler bölgesi 4. profil doğal potansiyel ters çözüm sonuçları.



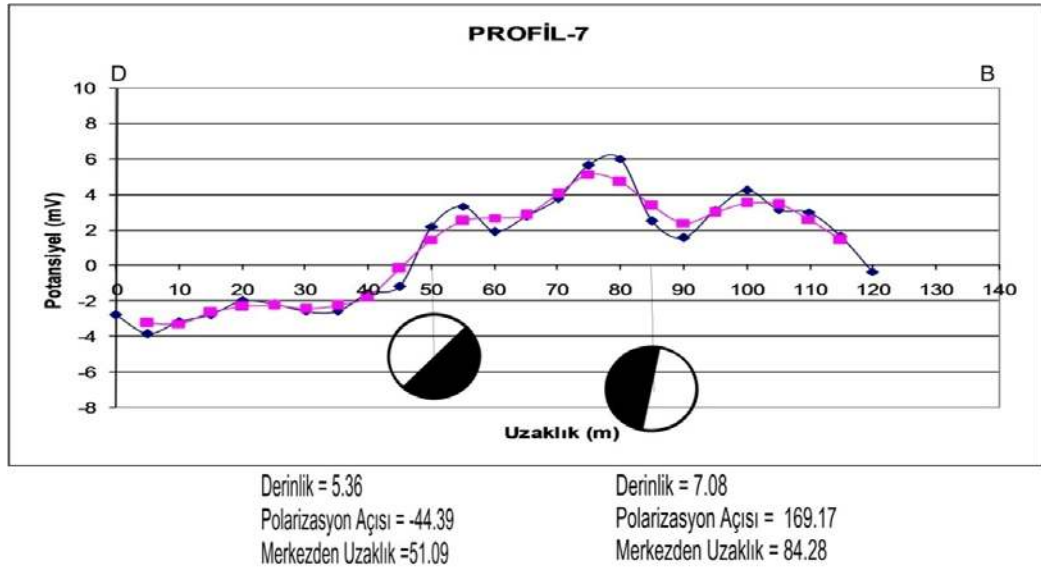
Siyah = Pozitif (+)
Beyaz = Negatif (-)

Şekil 5.18 İçmeler bölgesi 5. profil doğal potansiyel ters çözüm sonuçları.



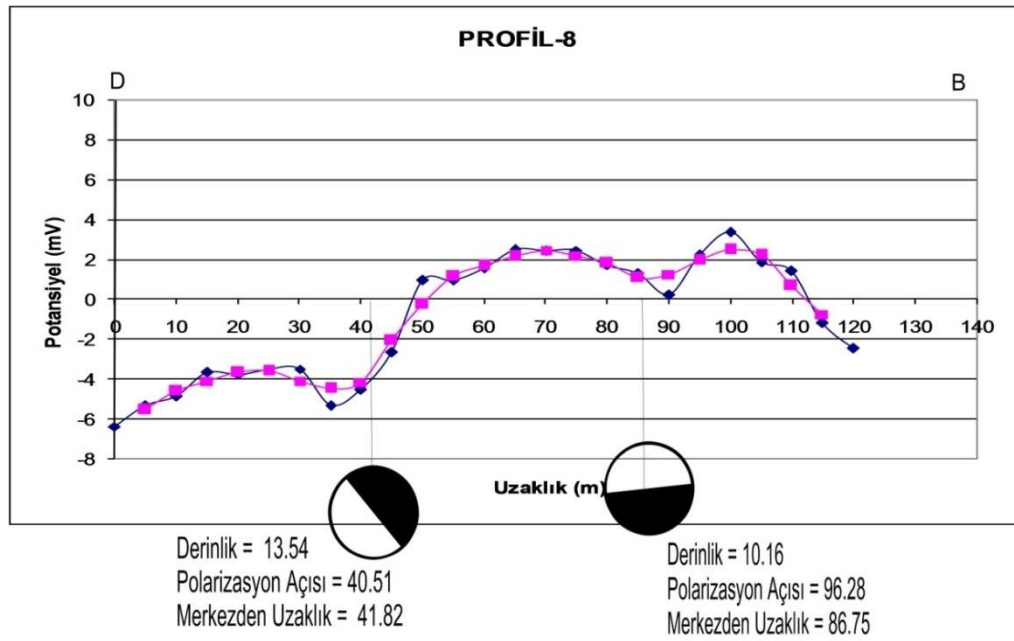
Siyah = Pozitif (+)
Beyaz = Negatif (-)

Şekil 5.19 İçmeler bölgesi 6. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.



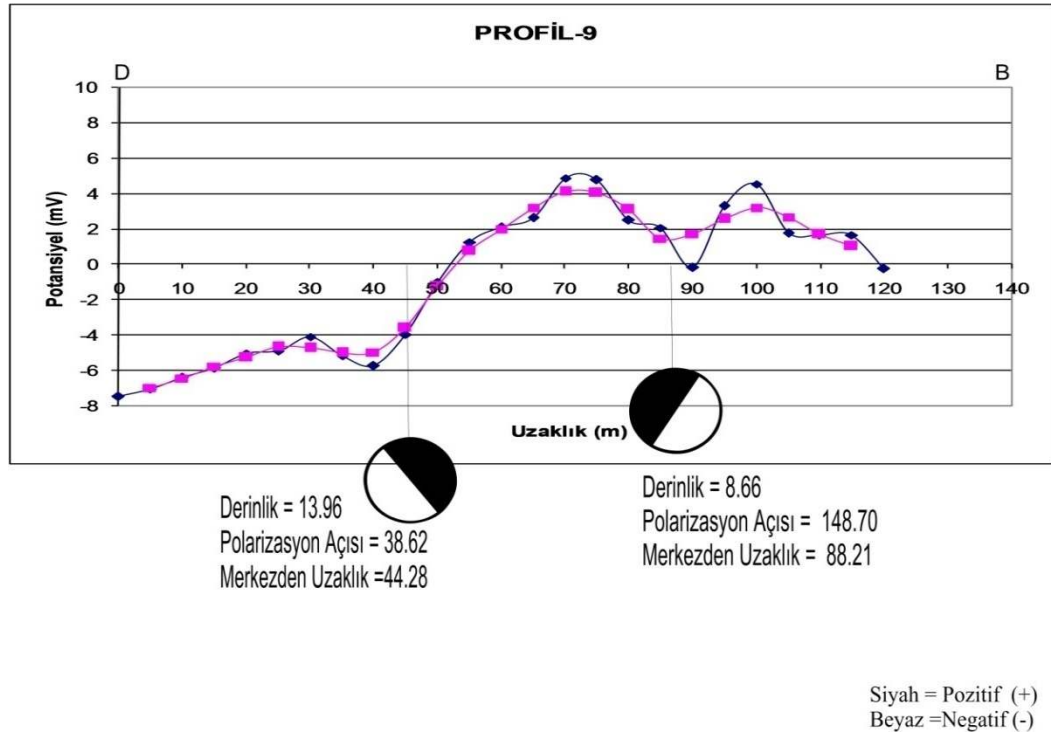
Siyah = Pozitif (+)
Beyaz = Negatif (-)

Şekil 5.20 İçmeler bölgesi 7. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları .



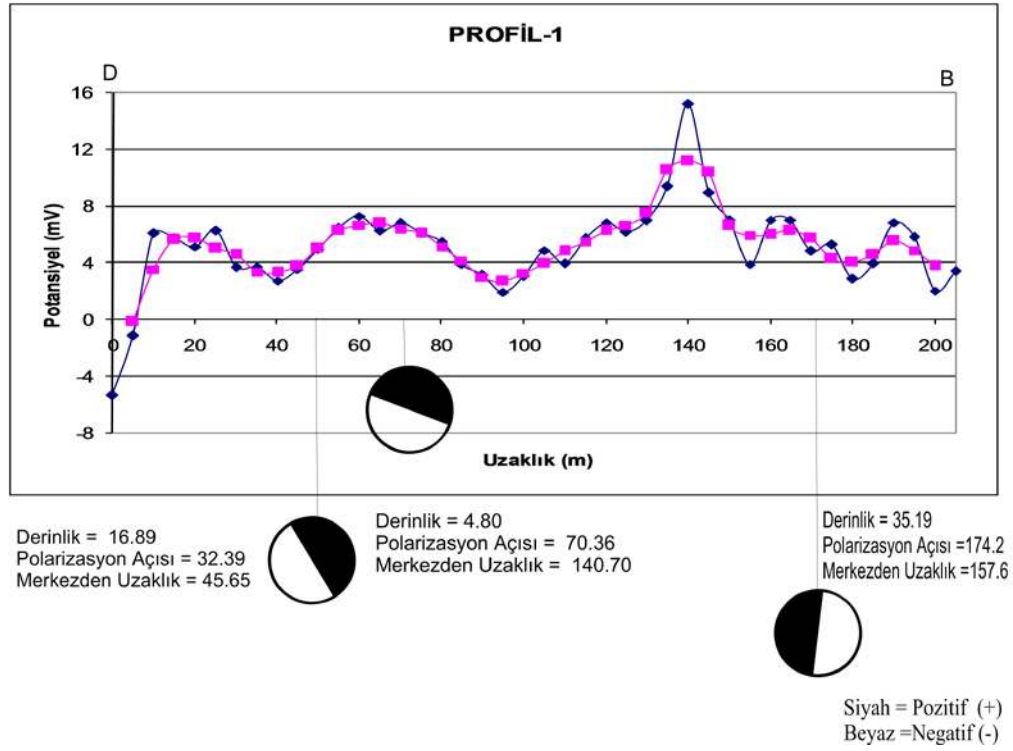
Siyah = Pozitif (+)
Beyaz = Negatif (-)

Şekil 5.21 İçmeler bölgesi 8. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.

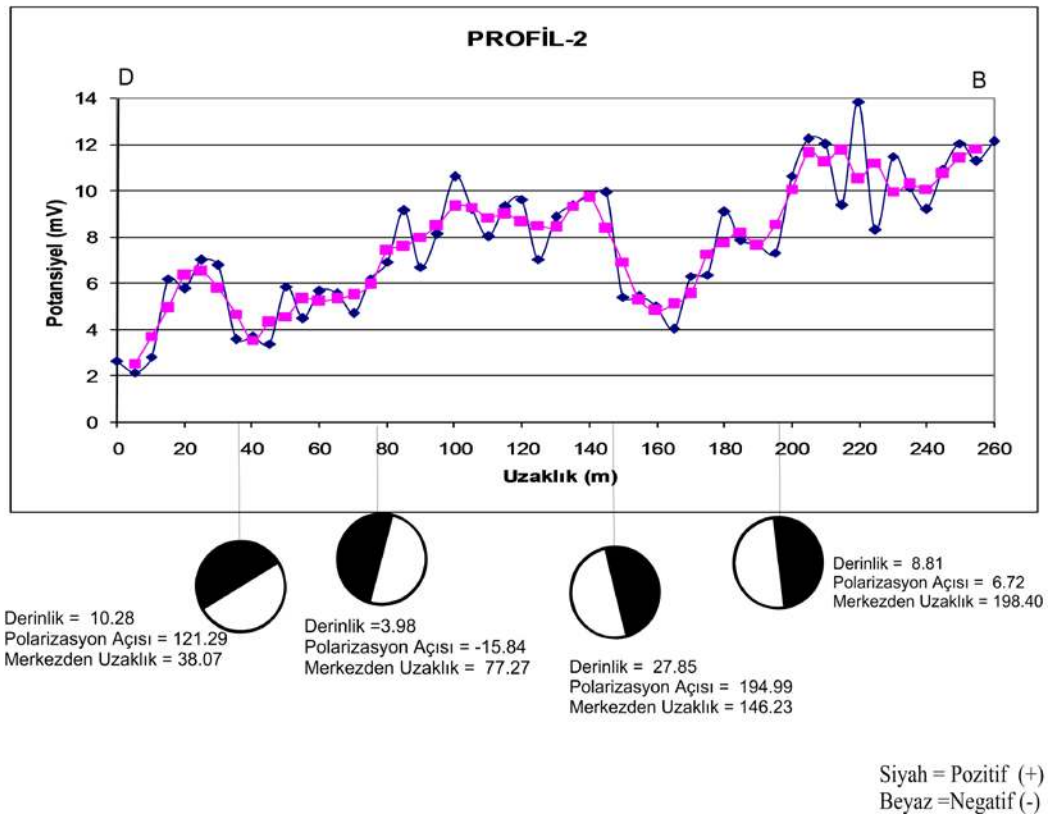


Şekil 5.21 İçmeler bölgesi 9. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.

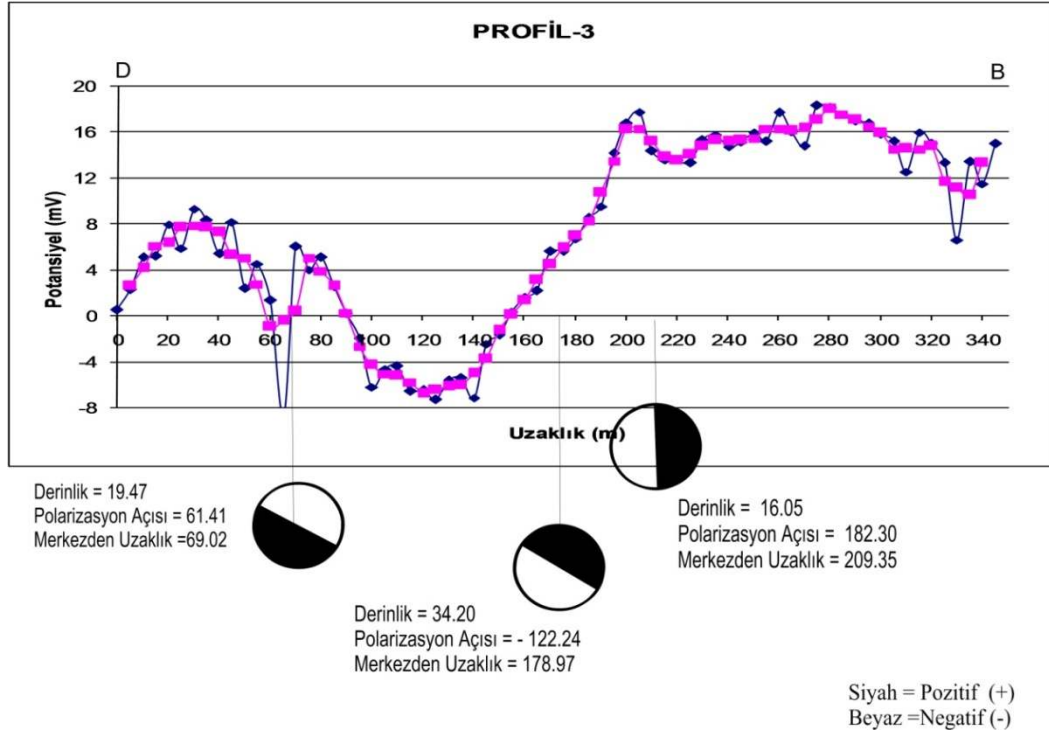
İçmeler bölgesindeki 9 adet profilimizde faylanmaya ait önemli bilgiler edinilmiştir. Doğal potansiyel yöntemine ait sonuçlar Tablo 5.25’ de verilmiştir. 9 profilimize genel anlamda baktığımızda SP anlamında önemli belirtiler görülmüştür. Arazi verilerinden yola çıkarak ilk 3 profil eğrimiz birbirine benzer karakter sunmakla birlikte tüm profiller genel anlamda bakıldığında 70-80. metreler arasında bir süreksizlik zonunun varlığından söz edilebilir. Demircili bölgesinde ise 4 adet profil hattımız boyunca ölçümler alınmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında ters-çözüm sonucu elde edilen ilk 2 profilimiz birbirine benzer karakter sunmaktadır. Profil 3’ teki değişim yüzeye yakın jeolojik birimlerin farklılığından kaynaklandığı düşünülebilir. Profil 4 deki eğri karakteri incelendiğinde ise elde edilen negatif değişimler çalışma alanının bir kısmı sahil kesiminde yapıldığından yeraltı suyu akışı ve tatlı-tuzlu su değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.



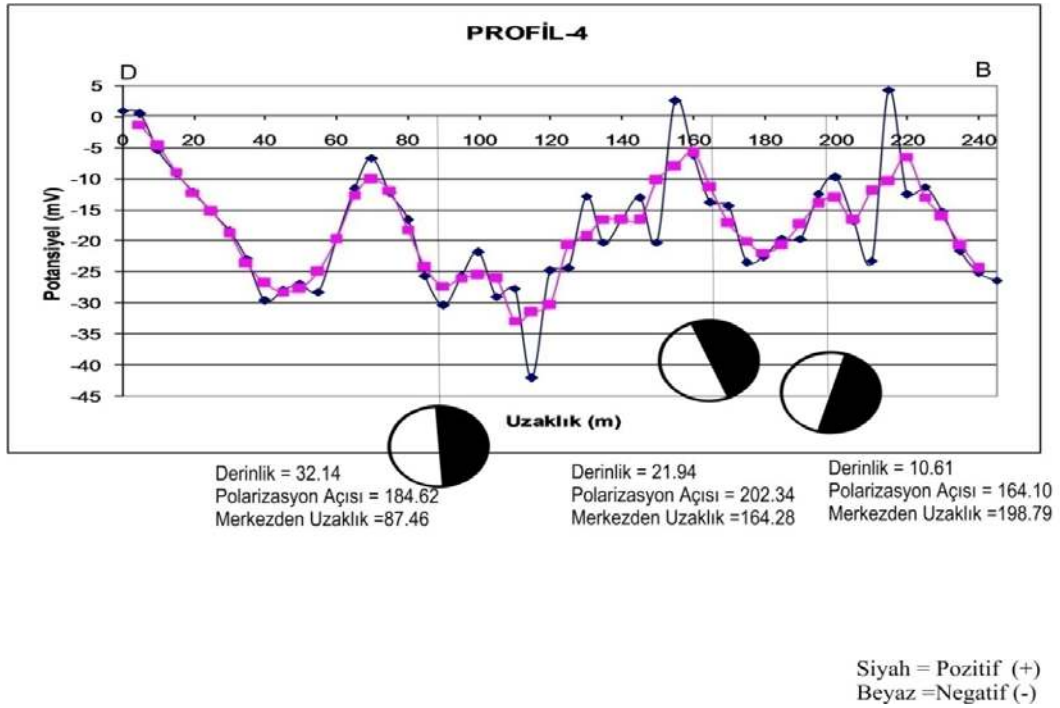
Şekil 5.22 Demircili bölgesi 1. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.



Şekil 5.23 Demircili bölgesi 2. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.



Şekil 5.24 Demircili bölgesi 3. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.



Şekil 5.25 Demircili bölgesi 4. profil doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.

Tablo 5.1 İçmeler bölgesi doğal potansiyel ters-çözüm sonuçları.

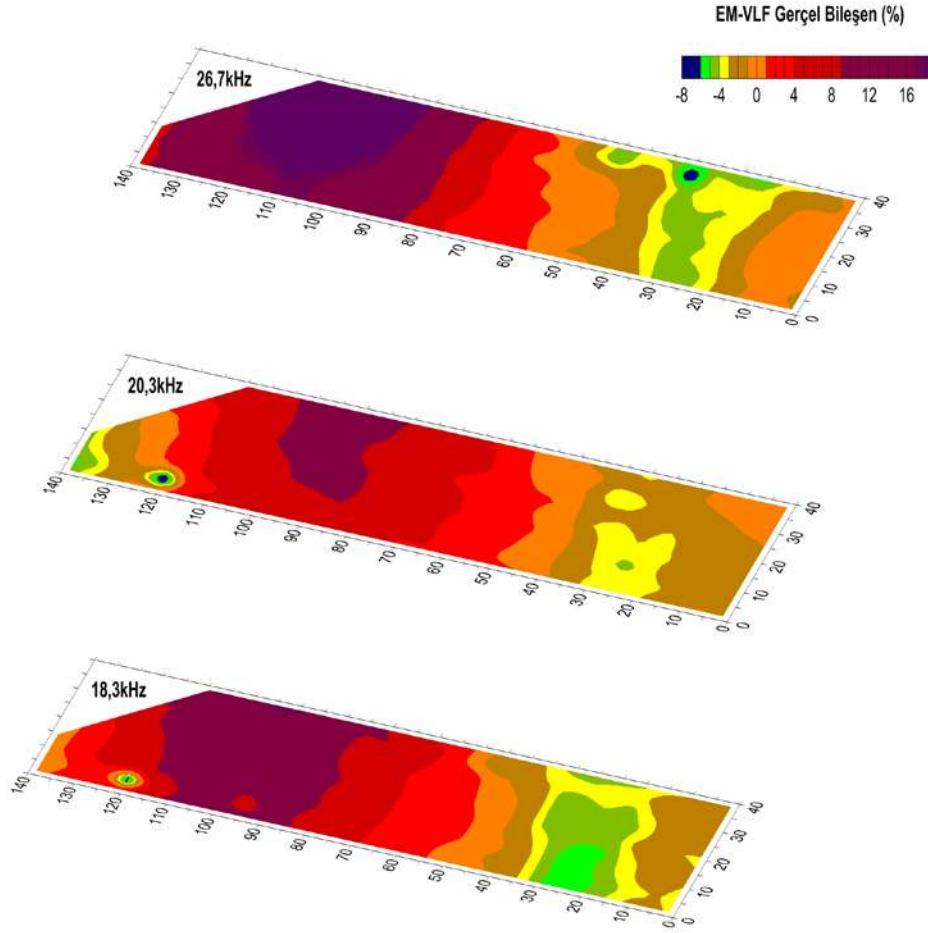
P1	Alfa 1 = 134.81° Alfa 2 = 98.72°	h 1 = 10.80m h 2 = 14.58m	Xo 1= 45.37m Xo 2 = 113.34m
P2	Alfa 1 =123.41°	h 1 =11.47m	Xo1=46.64m
P3	Alfa 1 =162.73°	h 1 =8.38m	Xo1=38.73m
P4	Alfa1 = 133.87° Alfa 2 = -19.90°	h 1 = 5.18m h 2 = 6.24m	Xo1= 37.78m Xo 2 = 93.57m
P5	Alfa 1 = 165.52° Alfa 2 = -1.29°	h 1 = 11.25m h 2 = 19.02m	Xo1= 32.56m Xo 2 = 89.96m
P6	Alfa 1 = 147.71°	h 1 = 17.22m	Xo1= 31.01m
P7	Alfa 1 = -44.39° Alfa 2 = 169.17°	h 1 = 5.36m h 2 = 7.08m	Xo1= 51.09m Xo 2 = 84.28m
P8	Alfa1 = 40.51° Alfa 2 = 96.28°	h 1 = 13.54m h 2 = 10.16m	Xo 1= 41.82m Xo 2 = 86.75m
P9	Alfa 1 = 38.62° Alfa 2 = 148.70°	h 1 = 13.96m h 2 = 8.66m	Xo 1 = 44.28m Xo 2 = 88.21m

İçmeler ve Demircili bölgesinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, ölçülen toplam alan verileri ters-çözüm programı (Ram Babu, 1988) ile değerlendirilmiş ve anomalilere ait yapı parametrelerine ulaşılmıştır. Ters-zm işlemleri sonucu her profil için RMS değerleri kontrol edilmiş, bu değerlerin %0-%4 arası değiştiği gözlenmiştir. Bu sonuçları vlf sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve bölgenin yeraltındaki faylanmalar tespit edilmiş ve sonuçlar kısmında bu tespitler sunulmuştur.

5.2.2 EM-VLF lmlerinin Değerlendirilmesi

şekil 5.25’de 3 frekanstan elde edilen gerçel bileşen değerleri harita olarak verilmiştir. Bu lm sonuçlarında 3 frekansın benzer sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Alanın doğusunda 10 ile 40 metreler arasında değerlerin negatif olduğu, 80 metre civarında ise en yüksek pozitif değerlerin elde edildiği

gözlenmiştir. Toplam alan değerlerindeki bu değişimler uygun programlar (Santos, 2006) ile modellenerek yeraltındaki olası süreksizlikler belirlenmiştir.



Şekil 5.25 Elektromanyetik-VLF ölçümünde 3 frekans için gerçel bileşene ait haritalar ve manyetik toplam alan haritası.

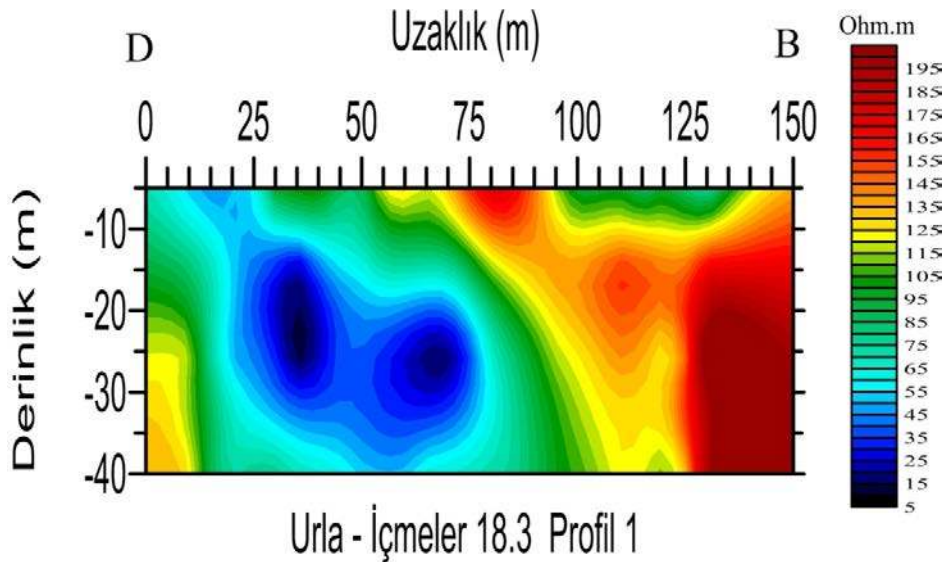
Tüm frekans değerleri incelendiğinde 0 geçişlerinin yaklaşık olarak 40-50 metre arası olduğunu gözlemlemekteyiz. Alanın batısında gerçel bileşen pozitif iken doğusunda negatif değerler aldığını görmekteyiz.

İçmeler ve Demircili bölgesinde gerçekleştirilen EM-VLF ölçümleri ile gerçel ve sanal bileşen değerleri INV2DVLF (Santos, 2006) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ters-çözüm sonucu elde edilen öz direnç kesitleri Şekil 5.26-5.64'de verilmiştir.

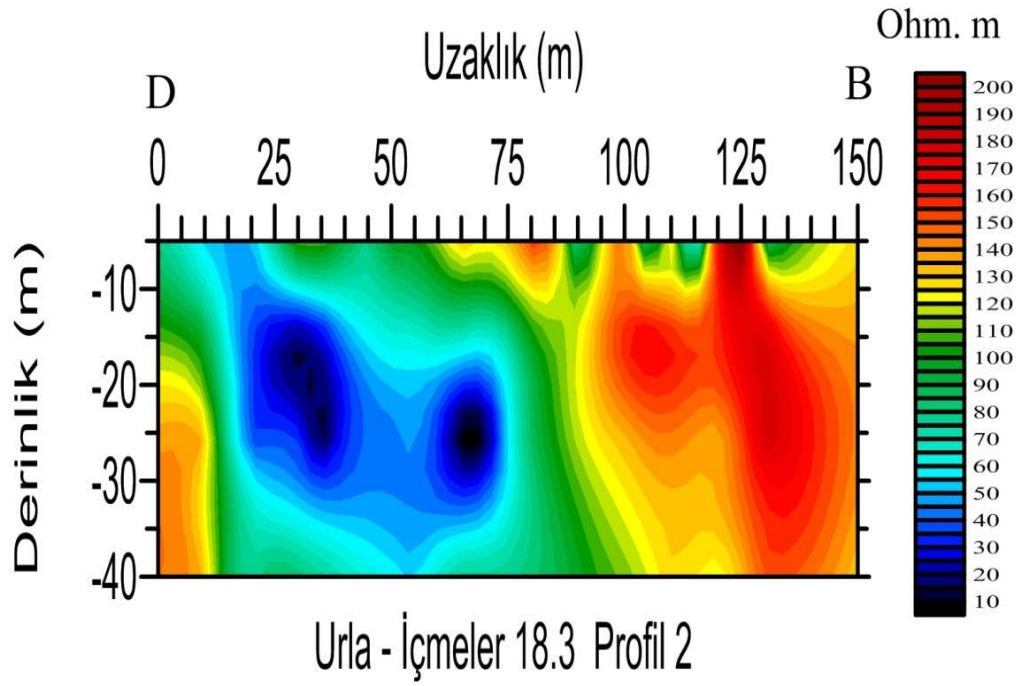
Elde ettiğimiz ters-çözüm sonuçları karşılaştırıldığında Urla-İçmeler bölgesindeki 18.3 kHz, 20.3 kHz, 26.7 kHz frekansındaki sonuçlar birbirleriyle bir uyum içerisinde. Elde edilen sonuçlar derinlik kesitleriyle de desteklenmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında süreksizlik zonu hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir.

5.2.2.1 İçmeler 18.3 kHz Verisi

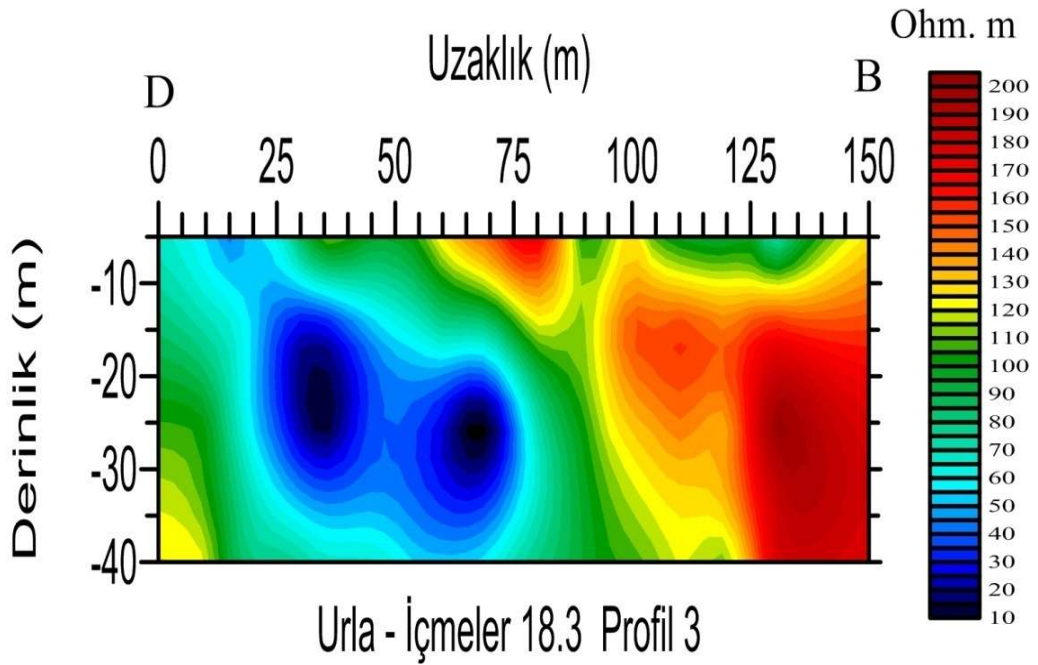
18.3 kHz verisinde ters çözüm modelleri incelendiğinde modeller arasında çok iyi uyum gözlenmektedir. Bu modeller tezin daha önceki kısımlarında bahsedilen derinlik-frekans ilişkisine göre yapılmıştır. Her profil ayrı ayrı incelendiğinde 1. profilde yaklaşık 20-40 metre arasında dirençli bir zonu varlığı ve bu noktadan sonrada yaklaşık 70. metre itibariyle eğimli şekilde uzanan 2. dirençli zonu başladığı ve bunlar arasında iletken bir zon bulunduğunu hemen hemen tüm kesitlerde açıkça ortaya konmaktadır. Hatların kuzeyine doğru gidildikçe batıdaki rezistif zonu azaldığı, iletken zonu arttığı ve burada rezistif tabakanın daha dik yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu zon yaklaşık 100 metre civarında görülmektedir.



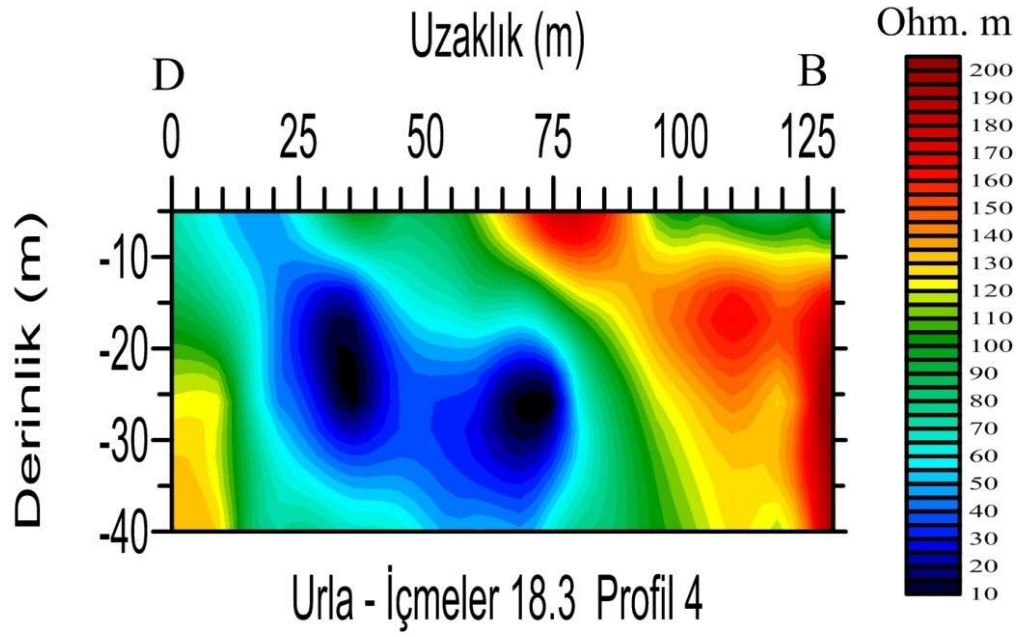
Şekil 5.26 İçmeler bölgesi 18,3kHz 1. profil EM-VLF sonuçları.



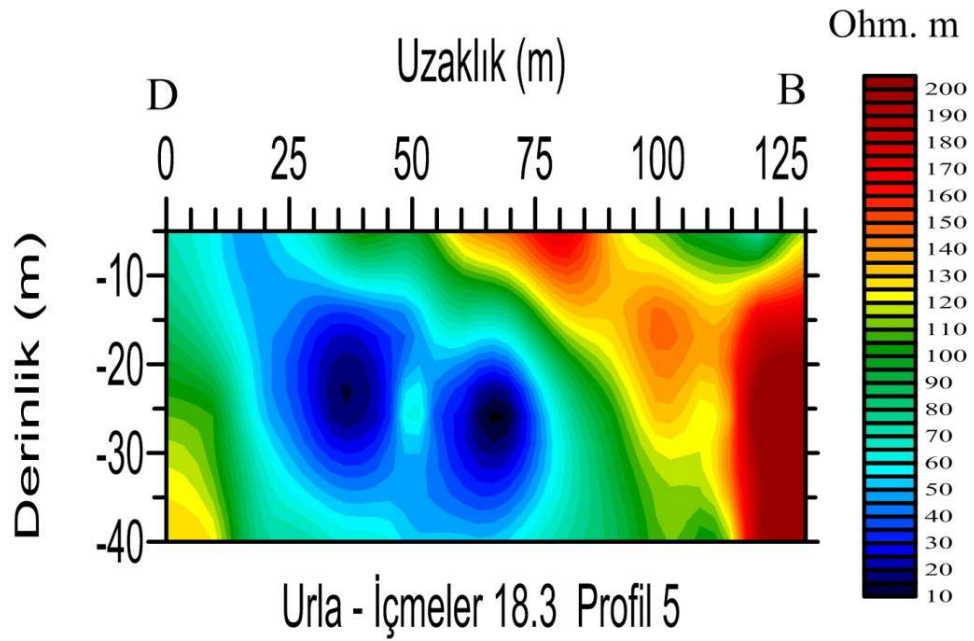
Şekil 5.27 İçmeler bölgesi 18,3kHz 2. profil EM-VLF sonuçları.



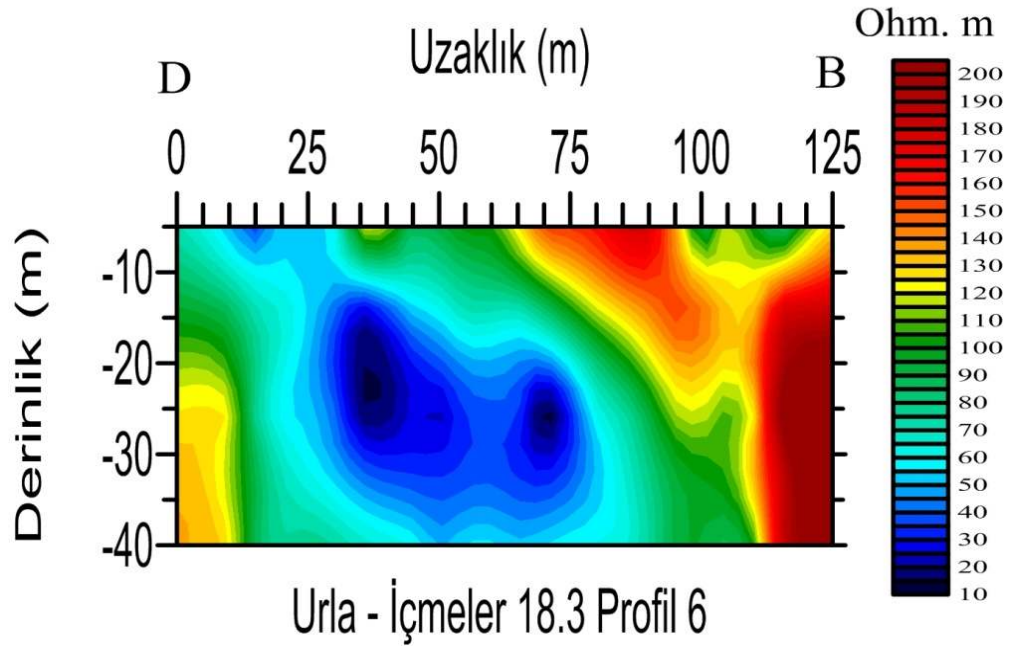
Şekil 5.28 İçmeler bölgesi 18,3kHz 3. profil EM-VLF sonuçları.



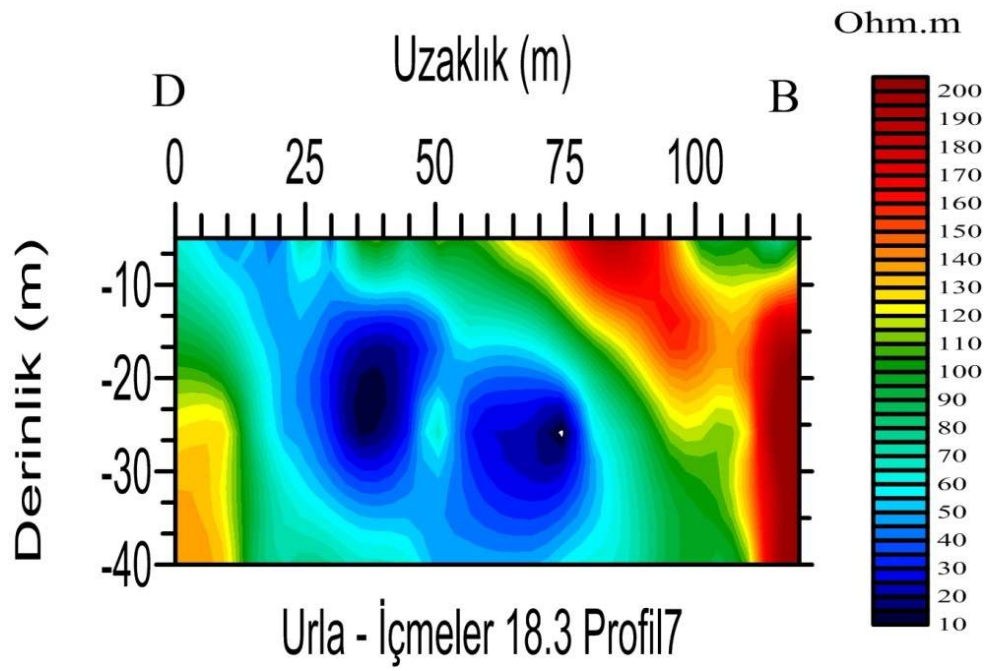
Şekil 5.29 İçmeler bölgesi 18,3kHz 4. profil EM-VLF sonuçları.



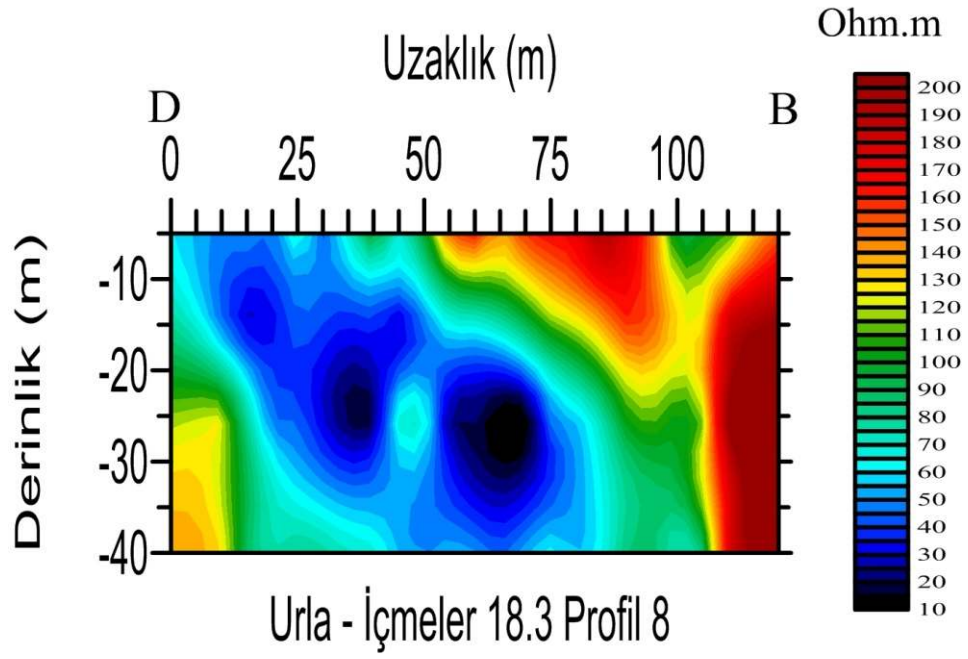
Şekil 5.30 İçmeler bölgesi 18,3kHz 5. profil EM-VLF sonuçları.



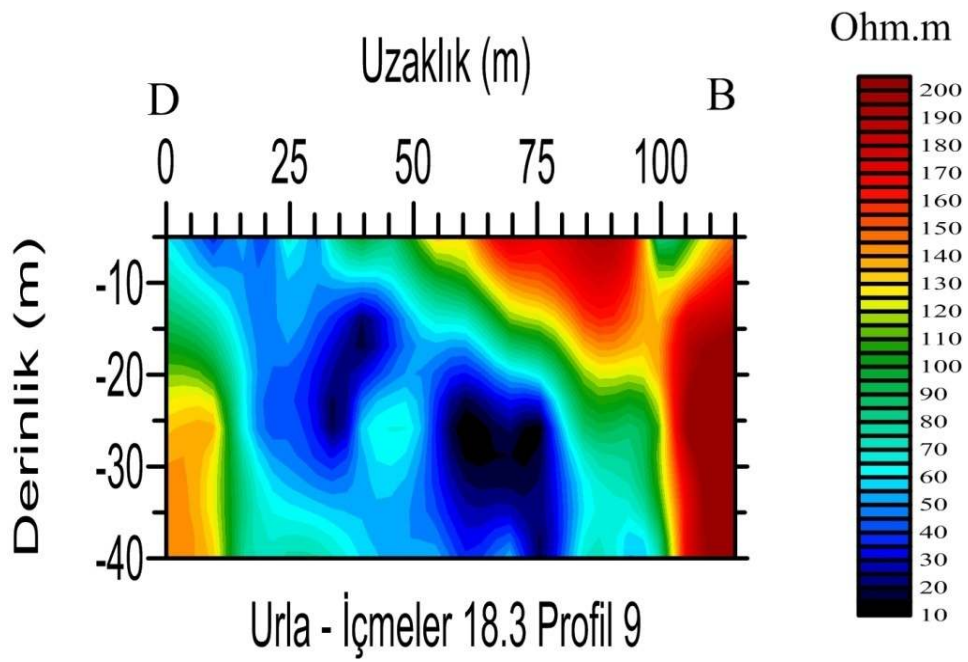
Şekil 5.31 İçmeler bölgesi 18,3kHz 6. profil EM-VLF sonuçları.



Şekil 5.32 İçmeler bölgesi 18,3kHz 7. profil EM-VLF sonuçları.



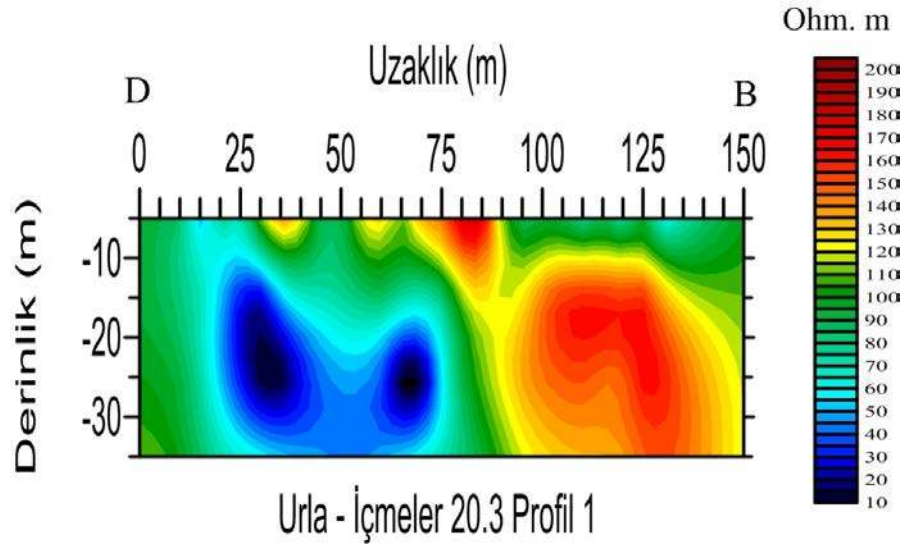
Şekil 5.33 İçmeler bölgesi 18,3kHz 8. profil EM-VLF sonuçları.



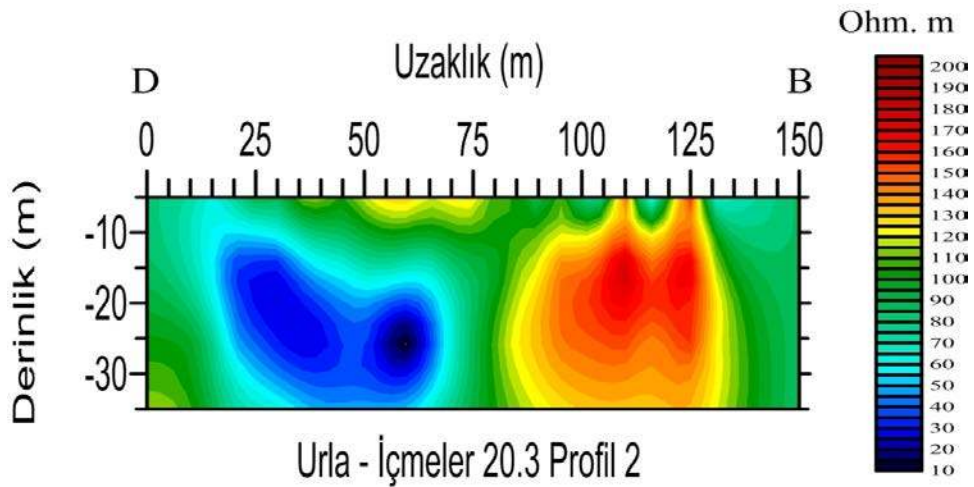
Şekil 5.34 İçmeler bölgesi 18,3kHz 9. profil EM-VLF sonuçları.

5.2.2.2 İçmeler 20.3 kHz Verisi

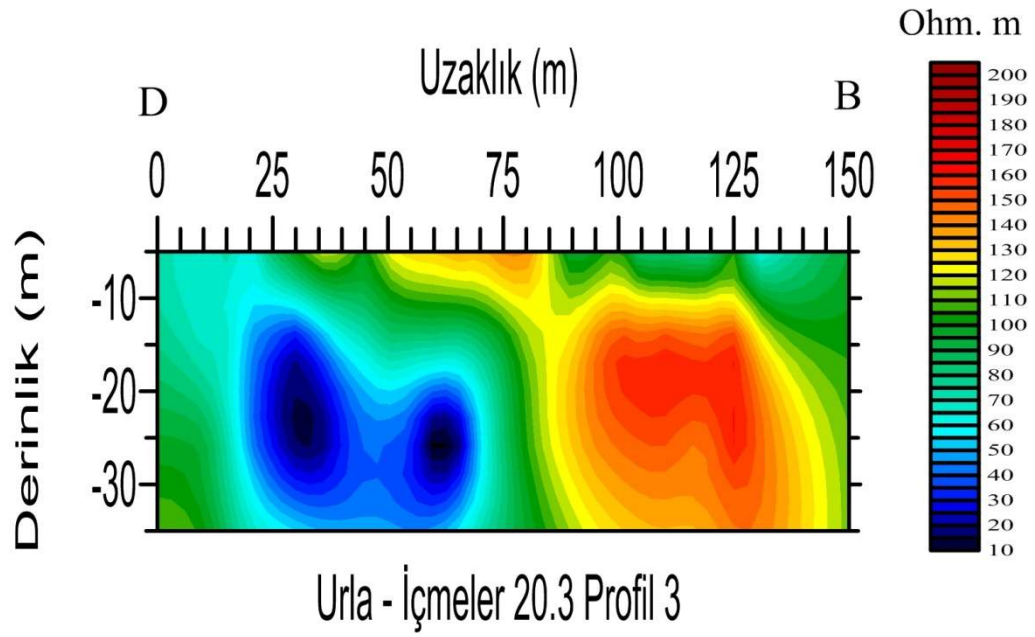
Daha nceki frekansa göre yaklaşık 5 metre daha az derinlikte kesilmiş frekansımızda 2 farklı ortam görülmektedir. Alanın doğusunda yaklaşık 75 metreye kadar ortam iletken bir özellik gösterirken, 75 metreden sonra ortamda ani bir değişim olmakta ve rezistif bir zona girilmektedir. Bu genelde çoğu hatta hattın sonuna kadar devam etmektedir. Böylece 1 nceki frekansa göre yzeeye yakın 75. metre civarında dike yakın bir faylanma olabileceği gözlenmektedir.



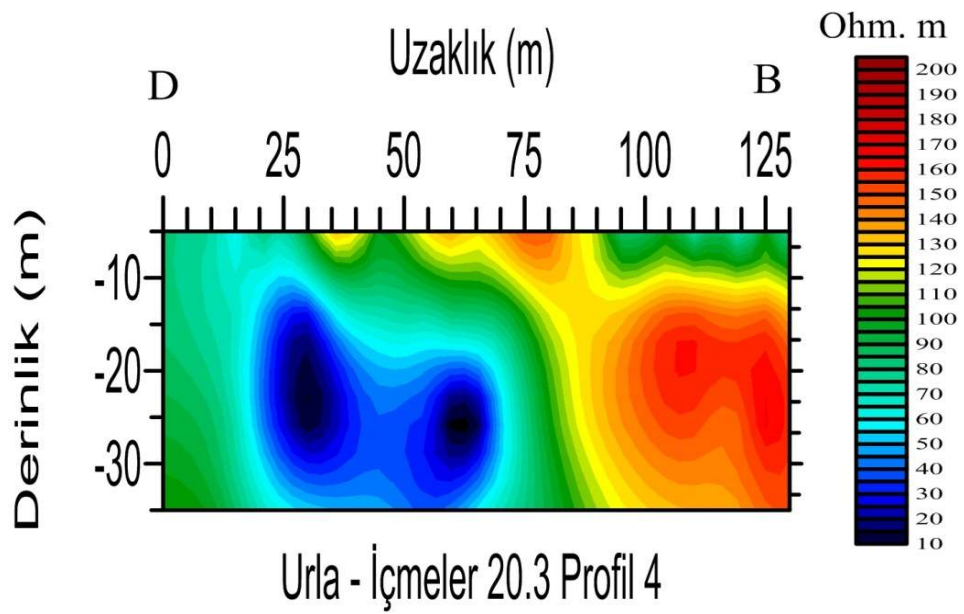
Şekil 5.35 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 1. profil EM-VLF sonuçları.



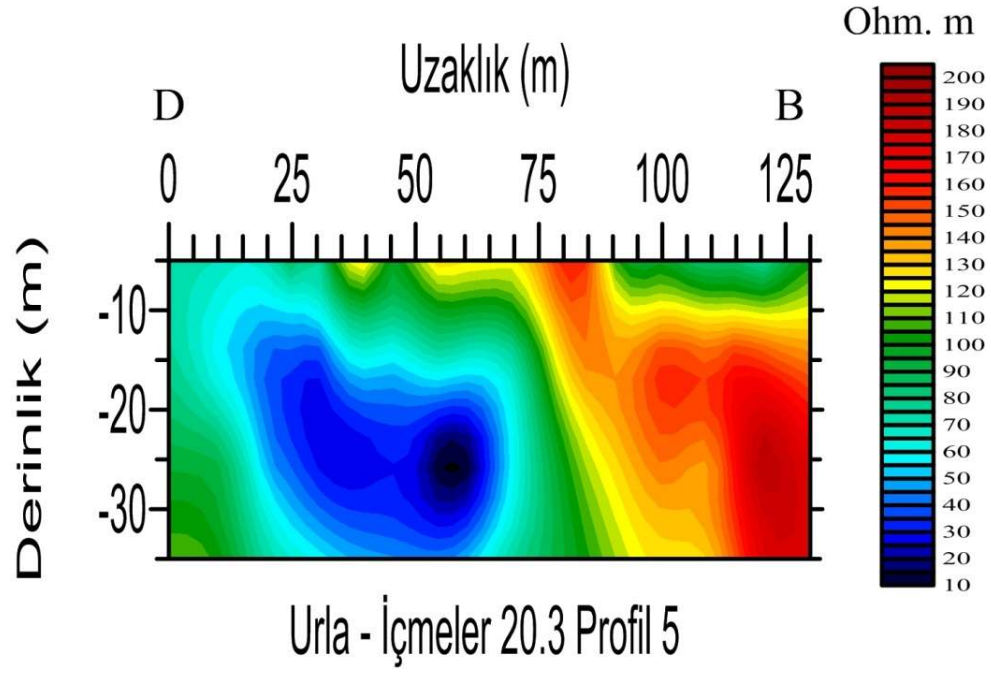
Şekil 5.36 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 2. profil EM-VLF sonuçları.



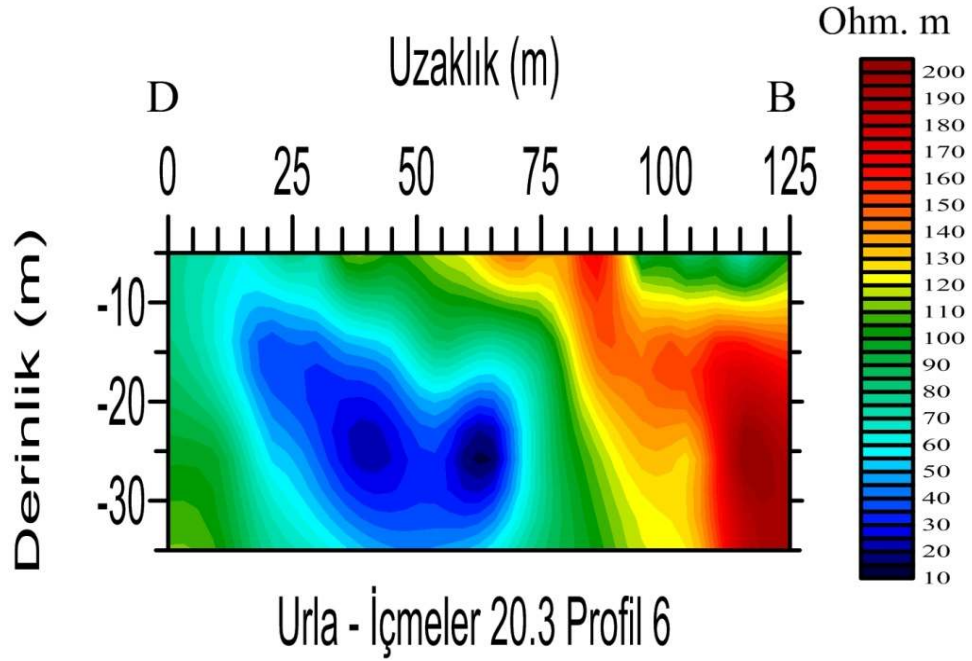
Şekil 5.37 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 3. profil EM-VLF sonuçları.



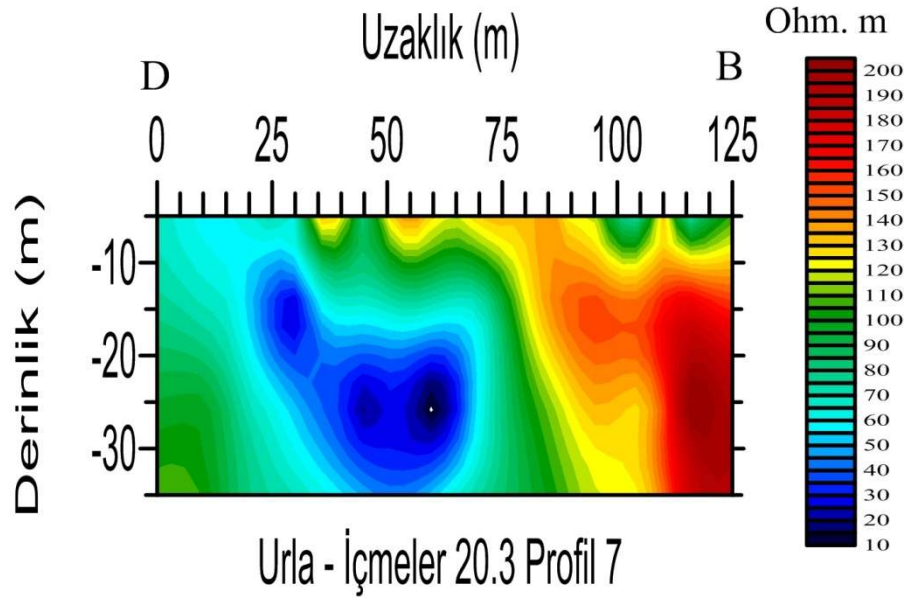
Şekil 5.38 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 4. profil EM-VLF sonuçları.



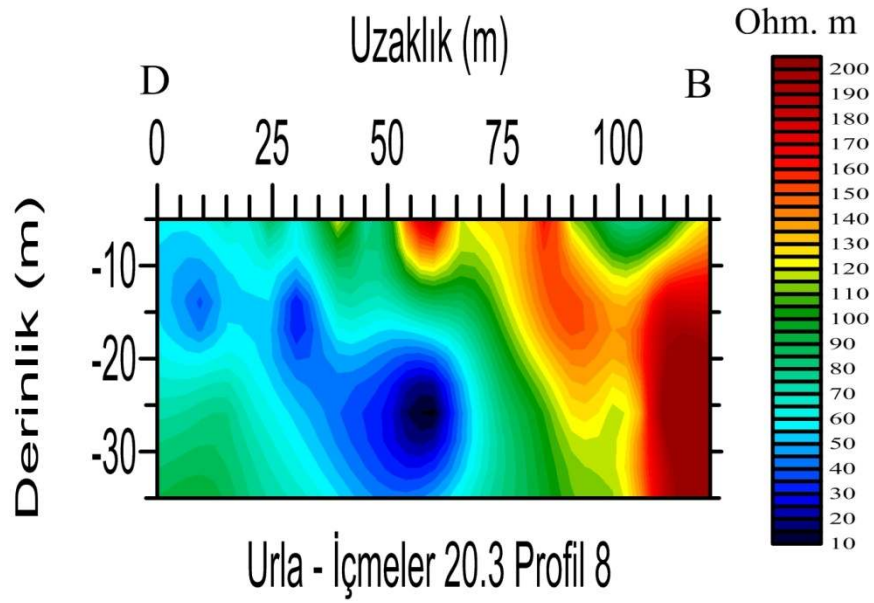
Şekil 5.39 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 5. profil EM-VLF sonuçları.



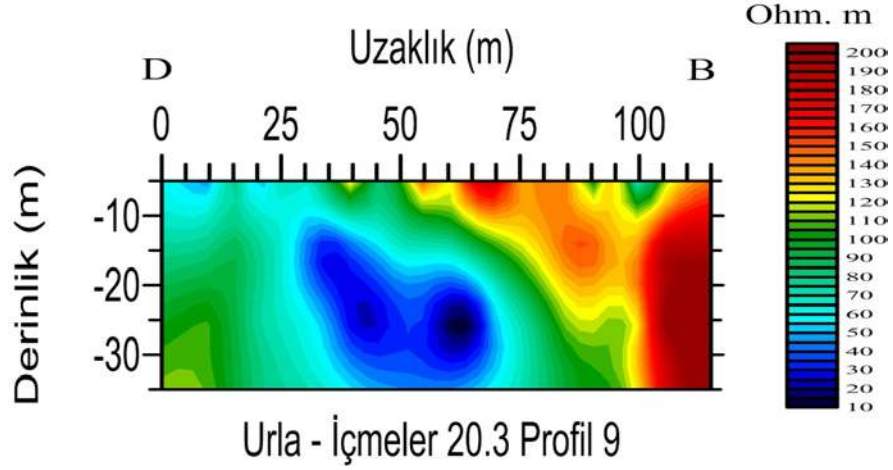
Şekil 5.40 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 6. profil EM-VLF sonuçları.



Şekil 5.41 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 7. profil EM-VLF sonuçları.



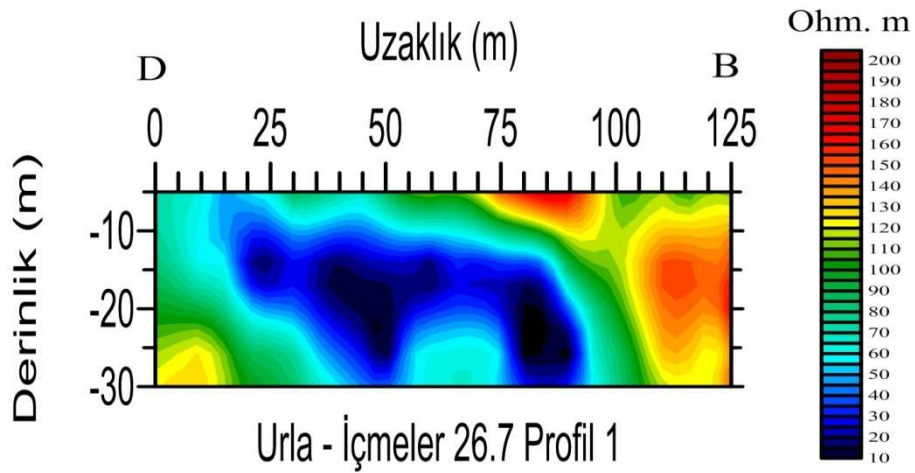
Şekil 5.42 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 8. profil EM-VLF sonuçları.



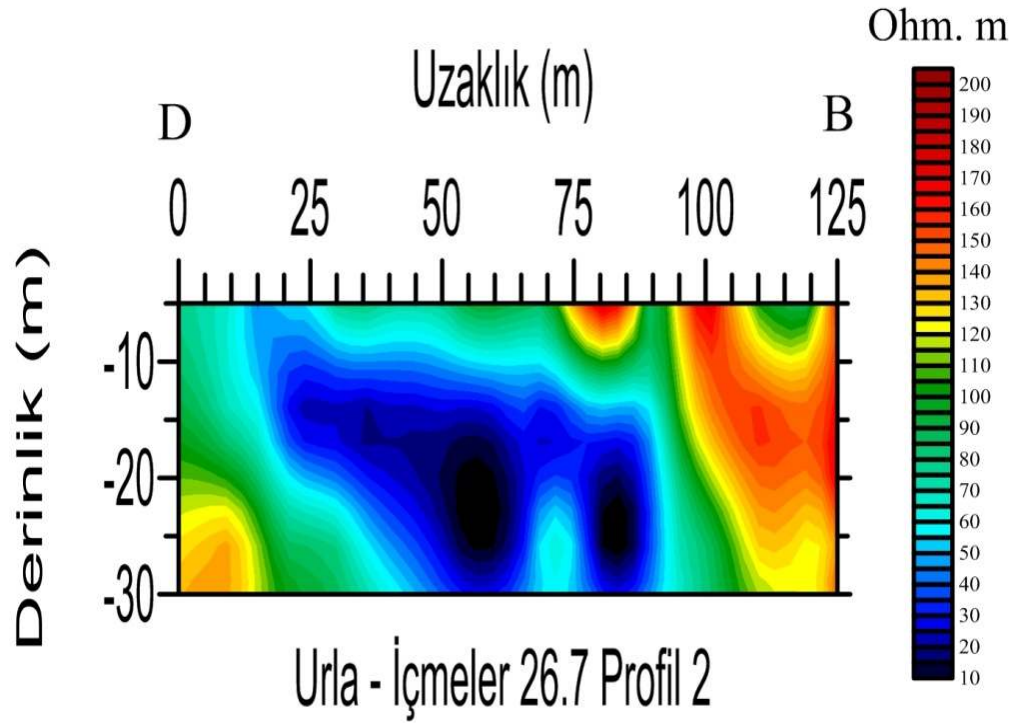
Şekil 5.43 İçmeler bölgesi 20,3 kHz 9. profil EM-VLF sonuçları.

5.2.2.3 İçmeler 26.7 kHz Verisi

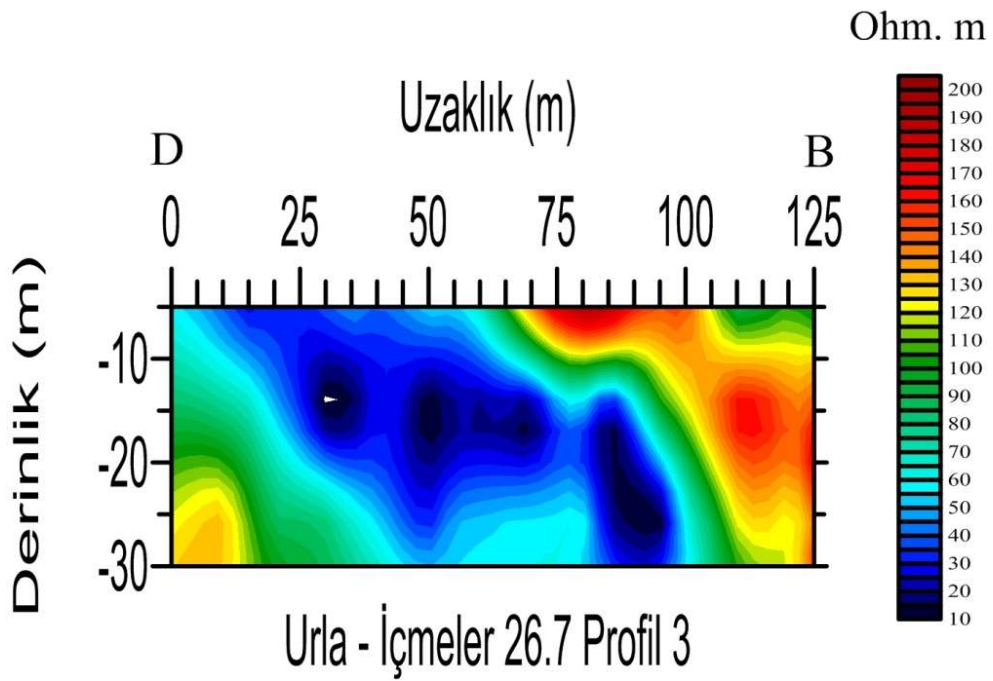
En yüksek frekans değerimiz olan 26,7 kHz profilimizde derinlik-frekans ilişkisine göre çizimleri yapılmış yaklaşık 30 metre derinliğe inilmiştir. Modelleme sonuçlarında yine diğer frekanslara benzer olarak 75. metreye kadar iletken zonu varlığı bundan sonra dirençli zonun gözlemlendiği diğer frekanslardaki ters-çözüm sonuçlarıyla uyumlu olarak gözlenmiştir.



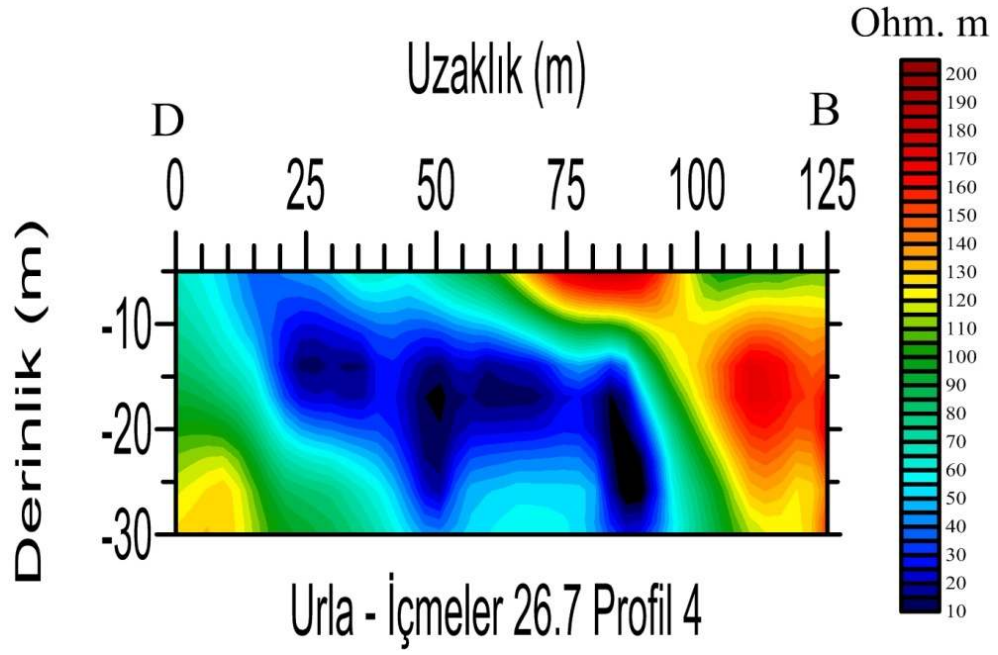
Şekil 5.44 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 1. profil EM-VLF sonuçları.



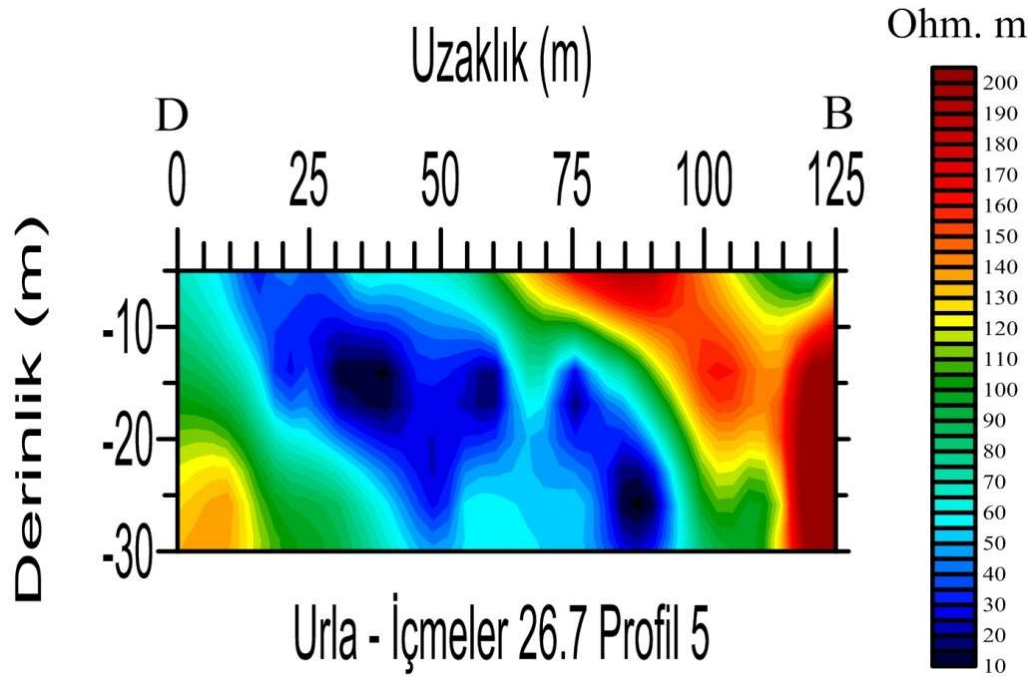
Şekil 5.45 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 2. profil EM-VLF sonuçları.



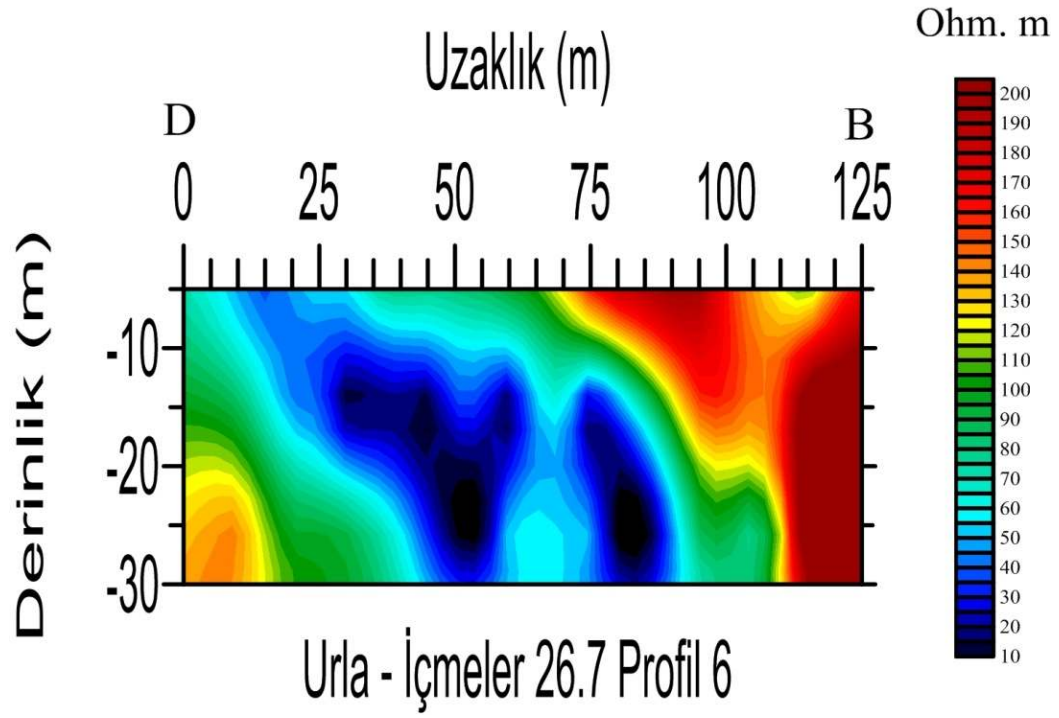
Şekil 5.46 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 3. profil EM-VLF sonuçları.



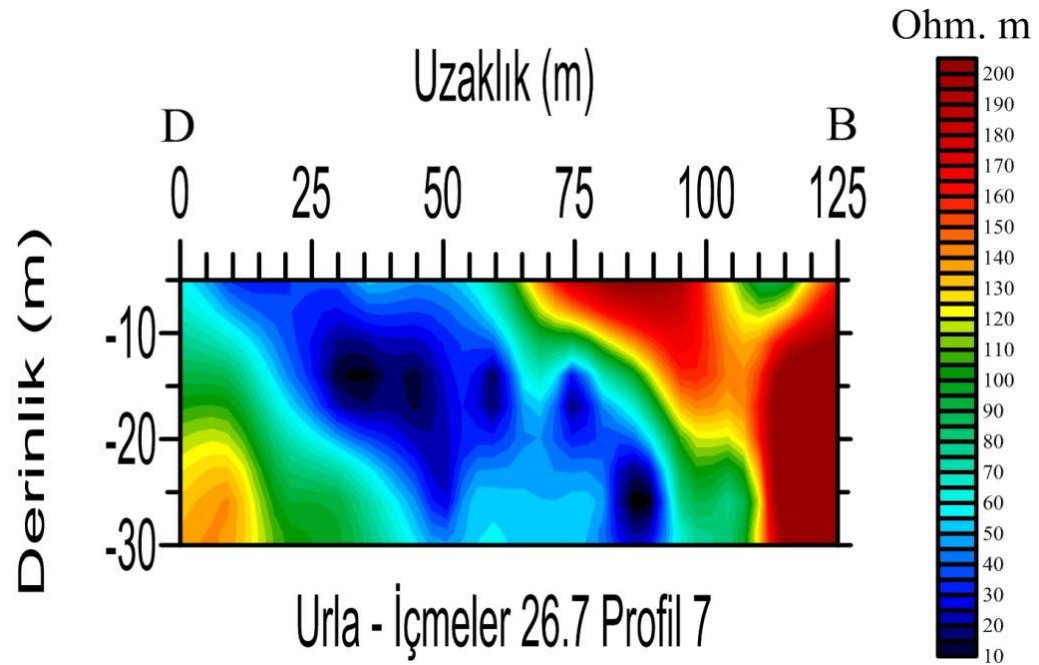
Şekil 5.47 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 4. profil EM-VLF sonuçları.



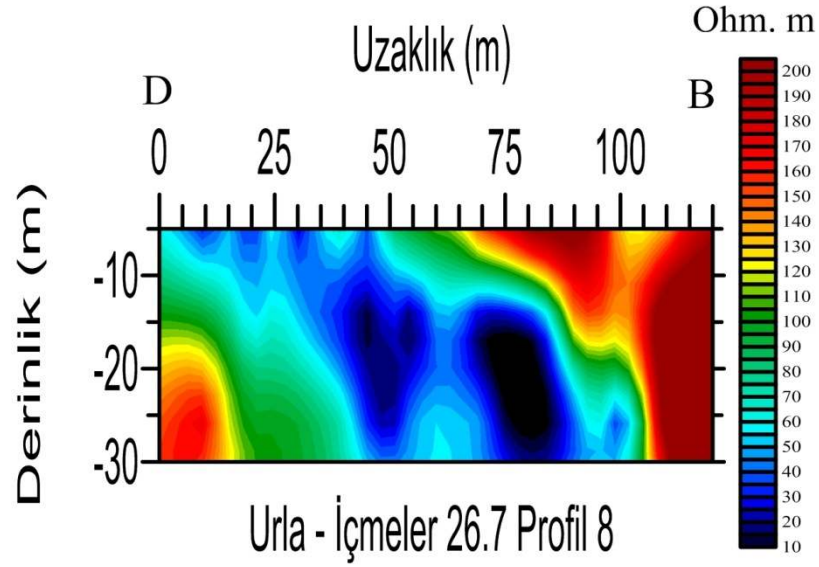
Şekil 5.48 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 5. profil EM-VLF sonuçları.



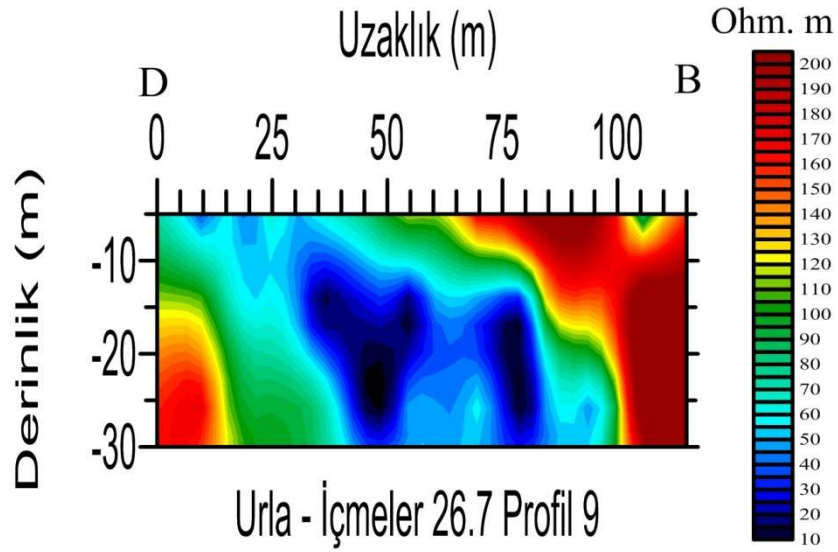
Şekil 5.49 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 6. profil EM-VLF sonuçları.



Şekil 5.50 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 7. profil EM-VLF sonuçları.



Şekil 5.51 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 8. profil EM-VLF sonuçları.

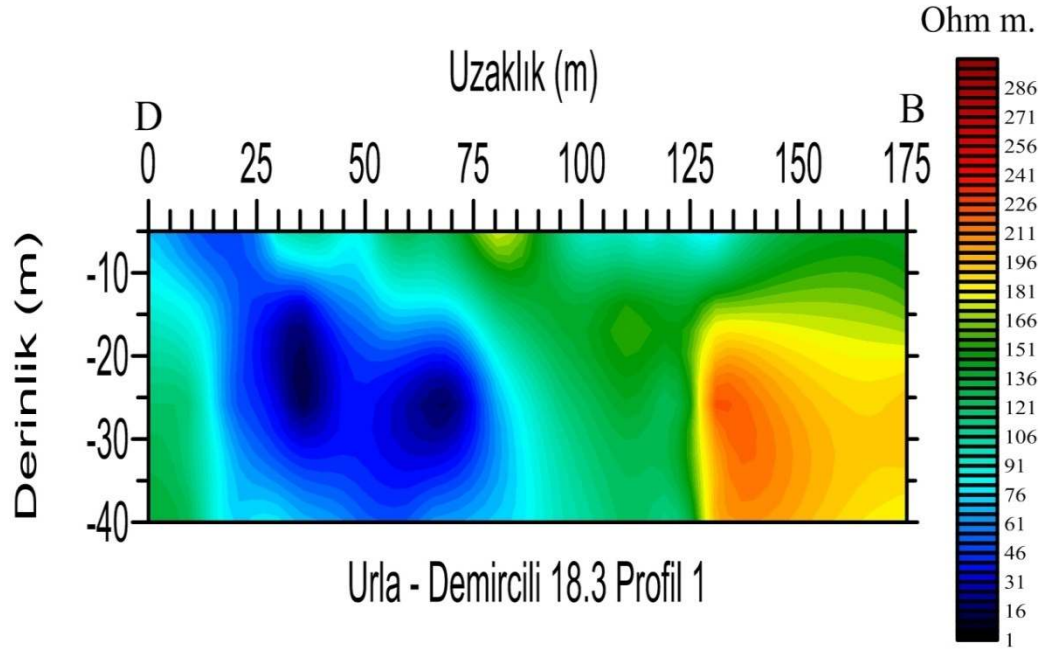


Şekil 5.52 İçmeler bölgesi 26,7 kHz 9. profil EM-VLF sonuçları.

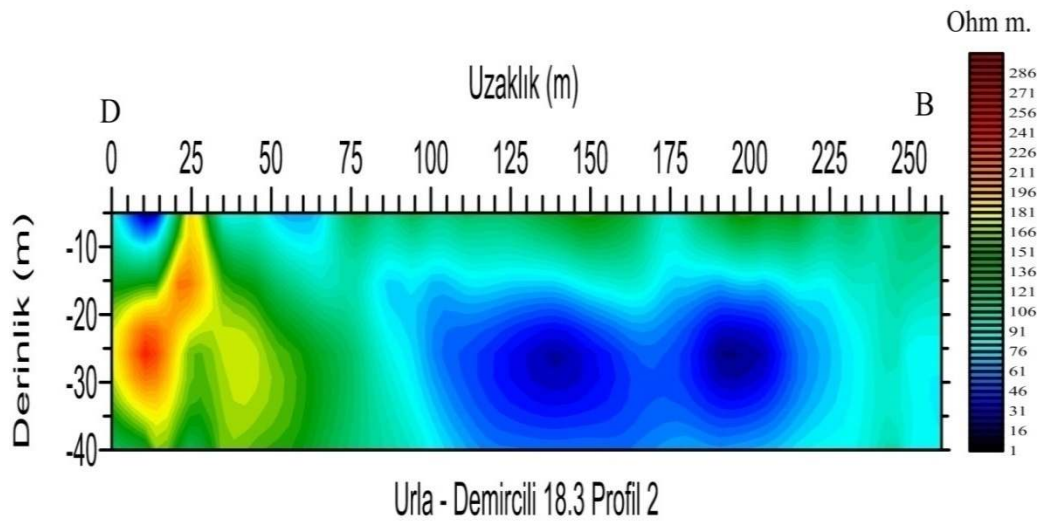
5.2.2.4 Demircili 18.3 kHz Verisi

Demircili bölgesindeki 4 hattın sonuçları Şekil 5.53 ile 5.56 arasında verilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi 1. profil değerleri diğerlerinden çok farklı karakterdedir. Genelde daha düşük rezistivitenin görüldüğü ortam 125. metrede

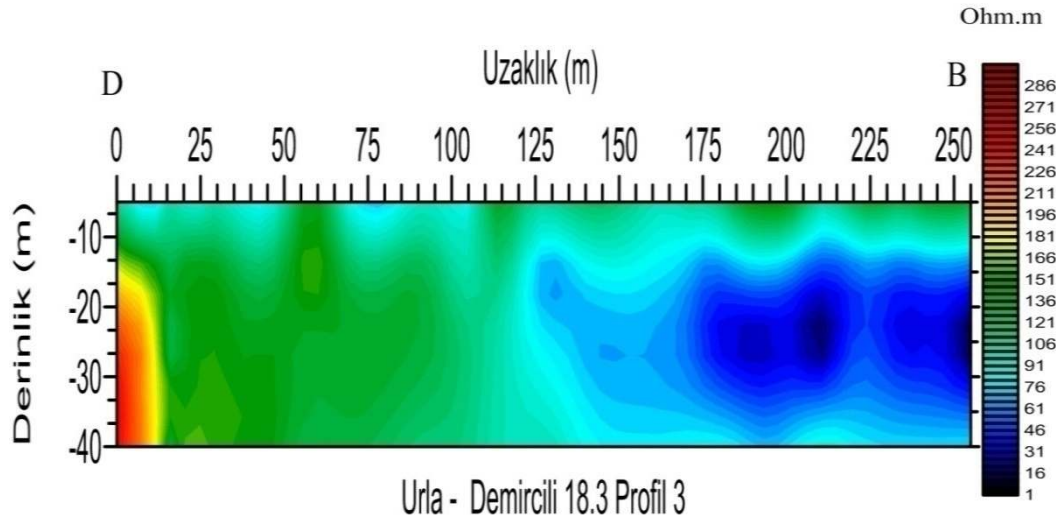
bir değişime uğrar ve yüksek özdirenç gösterir. Diğer profillerde birbirlerine benzerlik gösterir. Tüm profillerde hatların doğusu dirençli görünürken batıya doğru iletkenliğin arttığı gözlenmektedir.



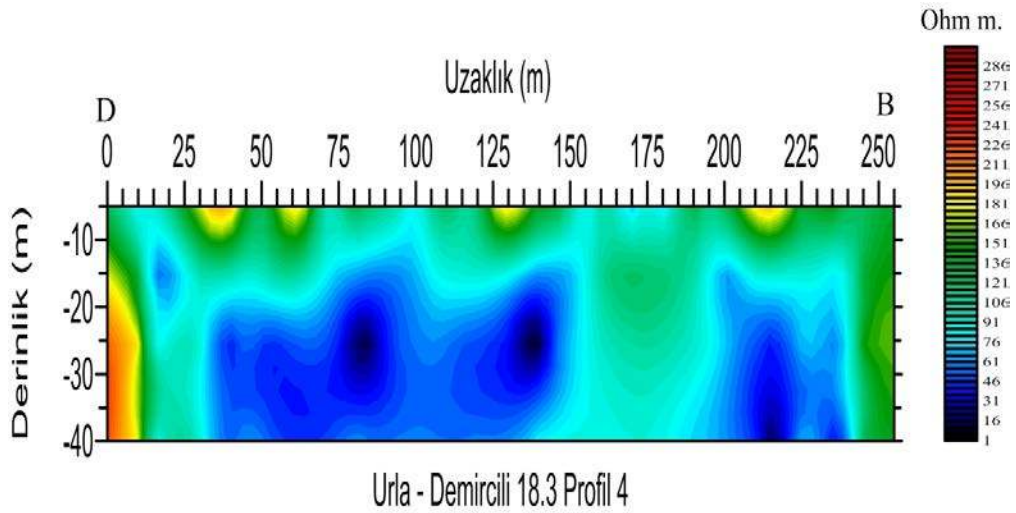
Şekil 5.53 Demircili bölgesi 18,3 kHz 1. profil EM-VLF sonuçları



Şekil 5.54 Demircili bölgesi 18,3 kHz 2. profil EM-VLF sonuçları



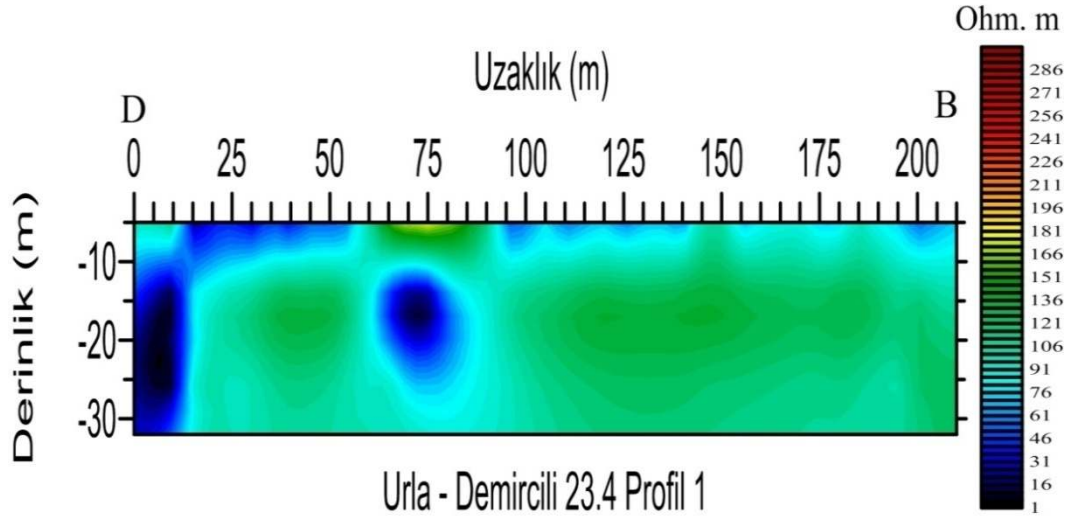
Şekil 5.55 Demircili bölgesi 18,3 kHz 3. profil EM-VLF sonuçları



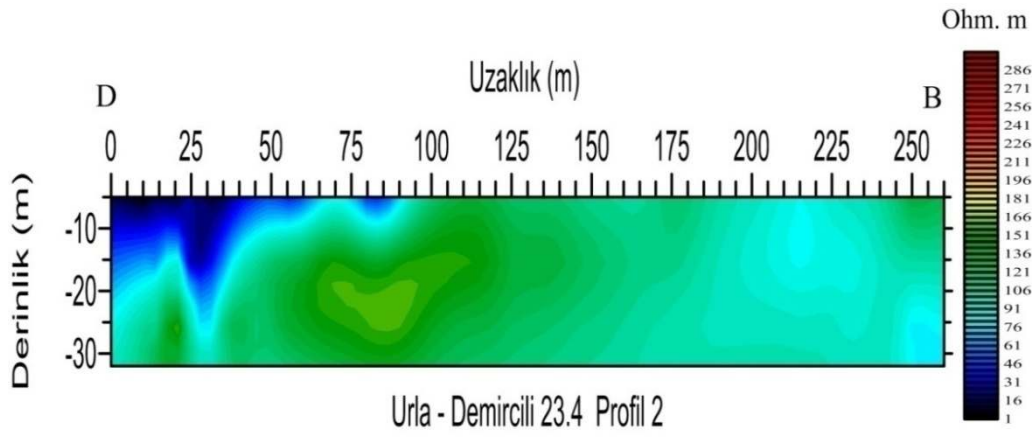
Şekil 5.56 Demircili bölgesi 18,3 kHz 4. profil EM-VLF sonuçları

5.2.2.5 Demircili 23.4 kHz Verisi

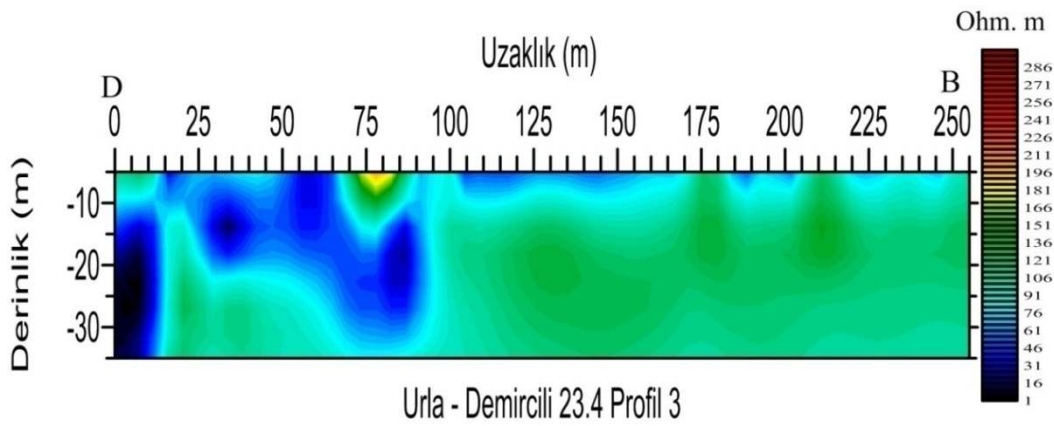
Demircili 23,4 kHz sonuçlarımızda tüm hatlarımız birbirine benzerlik gösterir. Yeraltı modelleri birbirine çok benzer ve burada faylanmaya ve kırılmaya işaret edebilecek bir belirti görülmemiştir.



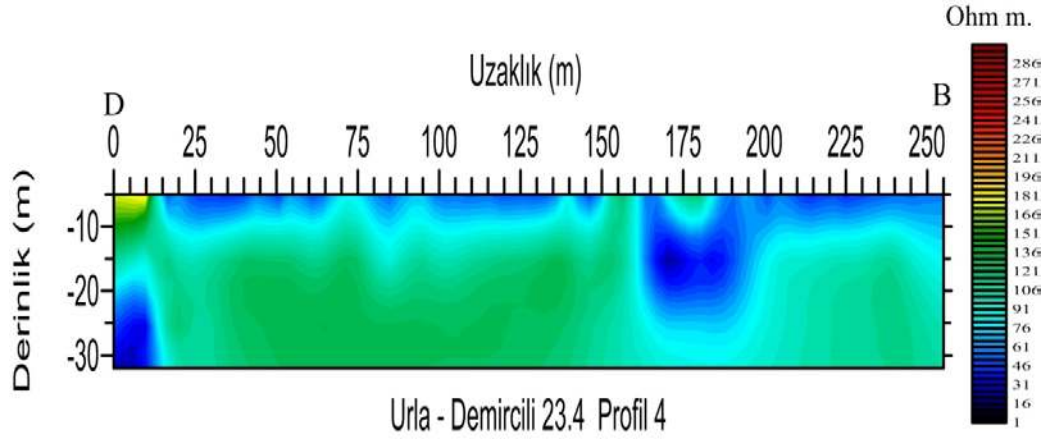
Şekil 5.57 Demircili bölgesi 23,4 kHz 1. profil EM-VLF sonuçları



Şekil 5.58 Demircili bölgesi 23,4 kHz 2. profil EM-VLF sonuçları



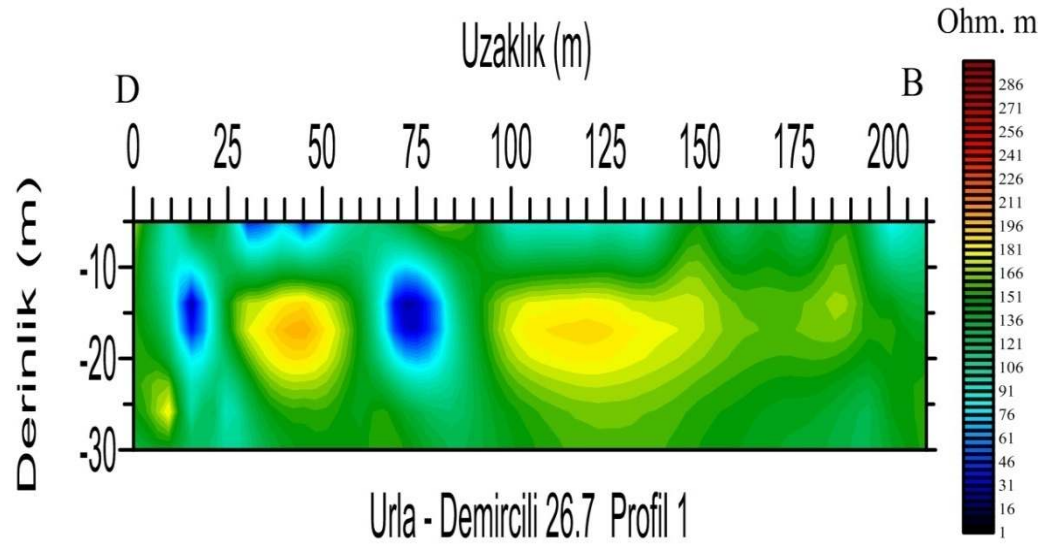
Şekil 5.59 Demircili bölgesi 23,4 kHz 1. profil EM-VLF sonuçları



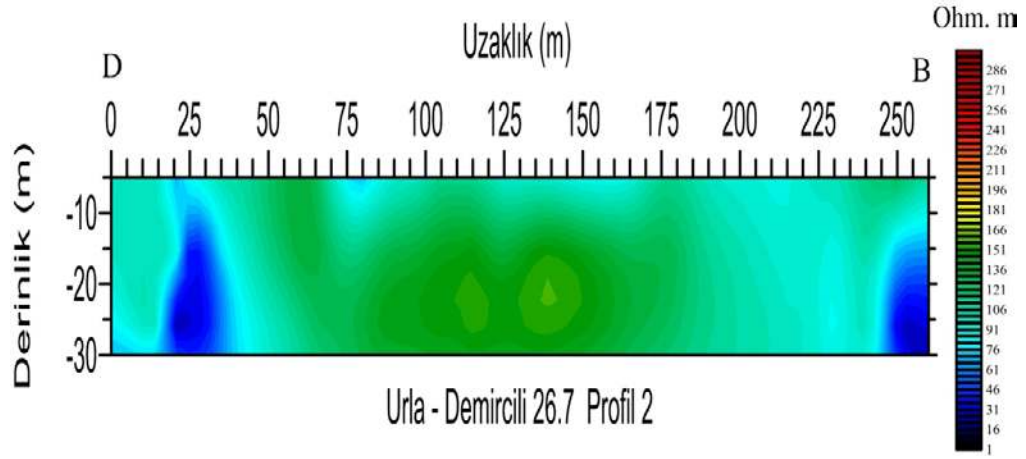
Şekil 5.60 Demircili bölgesi 23,4 kHz 4. profil EM-VLF sonuçları

5.2.2.6 Demircili 26.7 kHz Verisi

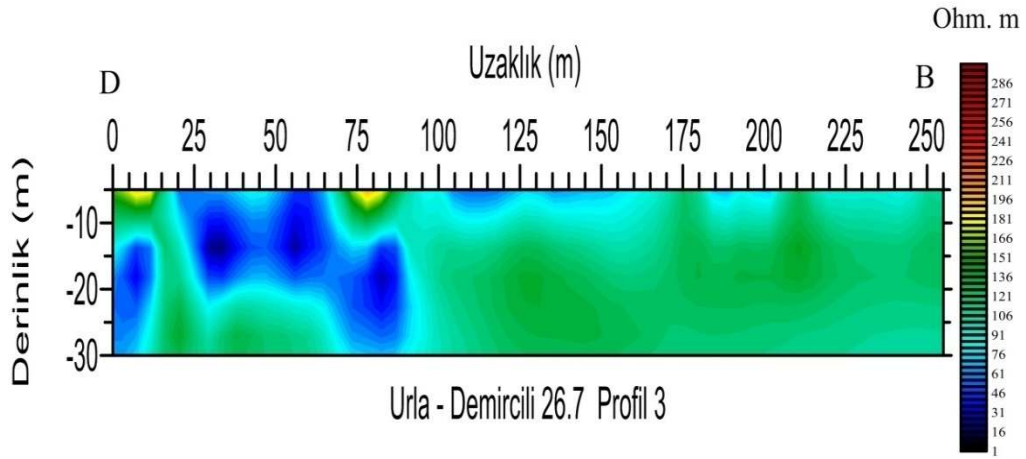
Demircili 26,7 kHz verilerinde de 23,4 verilerindeki gibi iletken bir ortam gözlenmiş ve yeraltı modellerinde faylanmayla ilgili herhangi bir belirti gözlenmemiştir.



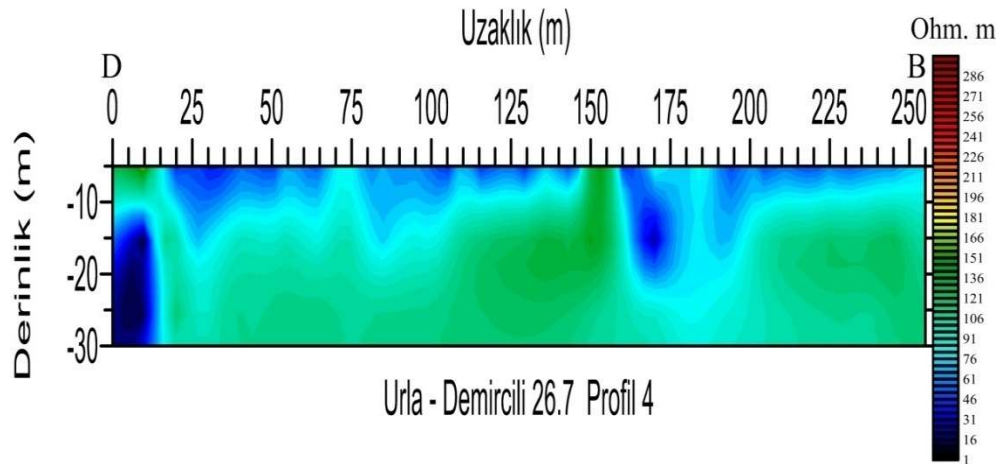
Şekil 5.61 Demircili bölgesi 26,7 kHz 1. profil EM-VLF sonuçları



Şekil 5.62 Demircili bölgesi 26,7 kHz 2. profil EM-VLF sonuçları



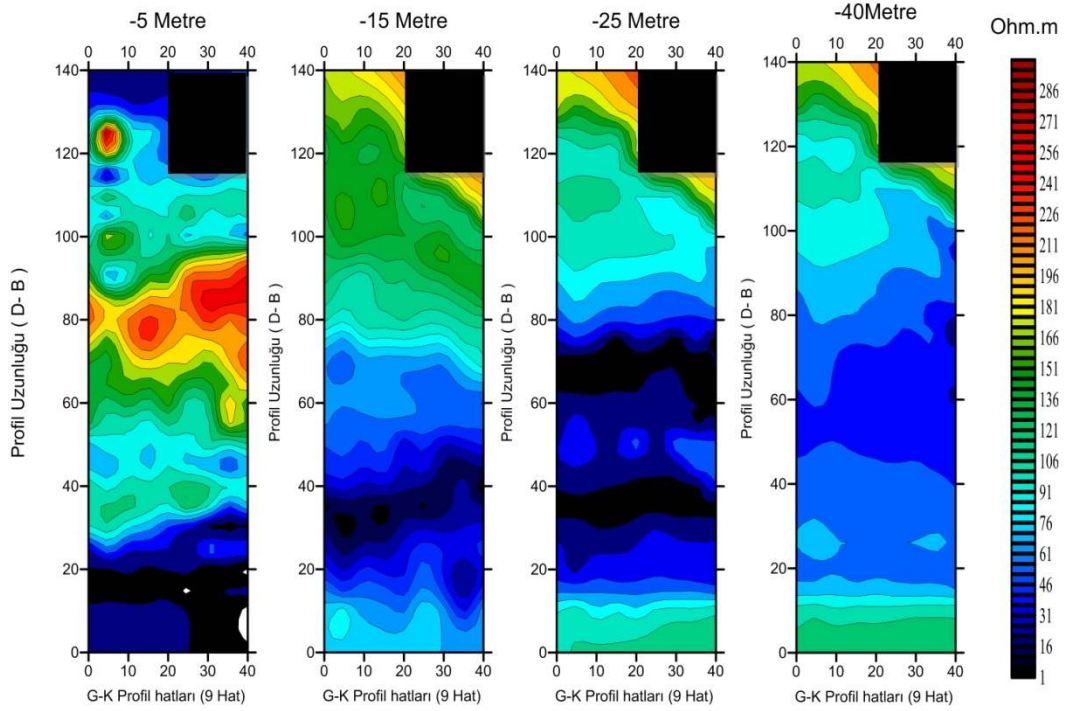
Şekil 5.63 Demircili bölgesi 26,7 kHz 3. profil EM-VLF sonuçları



Şekil 5.64 Demircili bölgesi 26,7 kHz 4. profil EM-VLF sonuçları

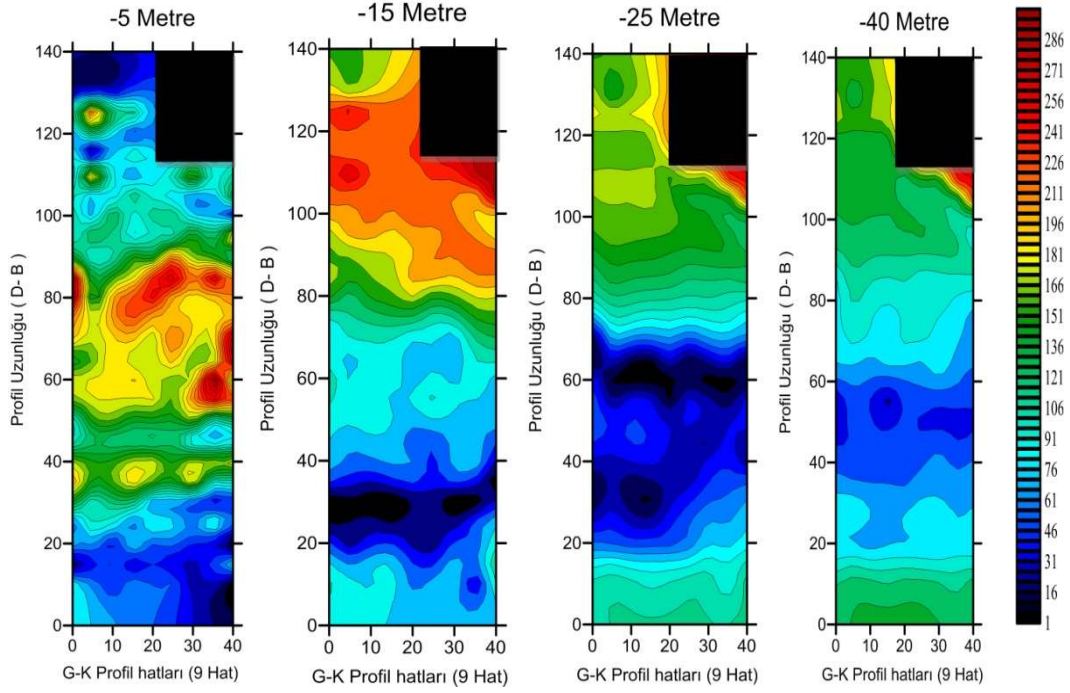
5.2.2.7 İçmeler EM-VLF Derinlik Kesitleri

İçmeler bölgesinde yapılan EM-VLF yönteminde profiller birbirlerine paralel ve eşit uzaklıkta (5 metre) alınarak derinlik kesitlerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Kesitler incelendiğinde üç frekansın sonuçlarının birbirine benzerlik gsterdiğiy gözlenmiştir. 18,3 kHz derinlik kesitleri için yüzeye yakın profilde 60 ile 100 metre arası dirençli zonun varlığı gözlenmekte (şekil 5.65) 60 metreye kadar olan kısım ile 100 metreden sonraki kısımda ise iletken zonun varlığı gözlenebilir. Diğery derinlikler incelendiğiy zaman doğudan batıya doğru özdirenç artışı gözlenmektedir.

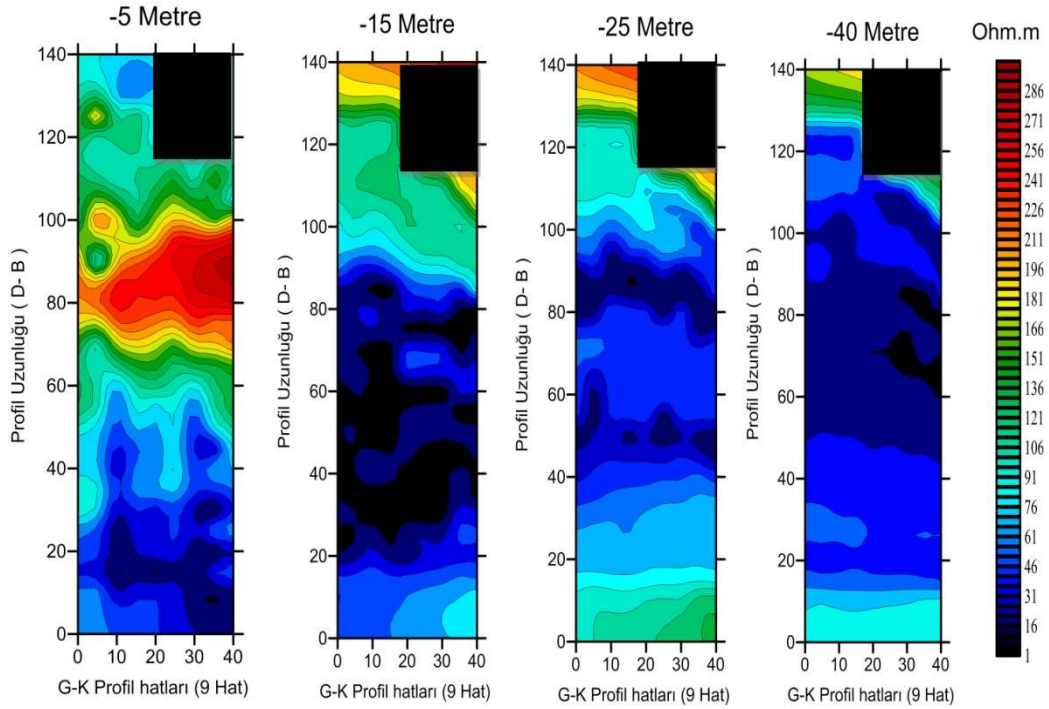


şekil 5.65 İçmeler 18,3 kHz derinlik kesitleri.

şekil 5.66'ya bakıldığında yine 18,3 kHz kesitlerimizdeki gibi doğudan batıya özdirenç değerylerimizde artış söz konusudur. Bu kesitimizde diğery kesitlere oranla sinyal/gürültü oranı daha düşük olduğu gzlemlenmişdir ve bu yüzden gürültülerden etkilenmiştir.



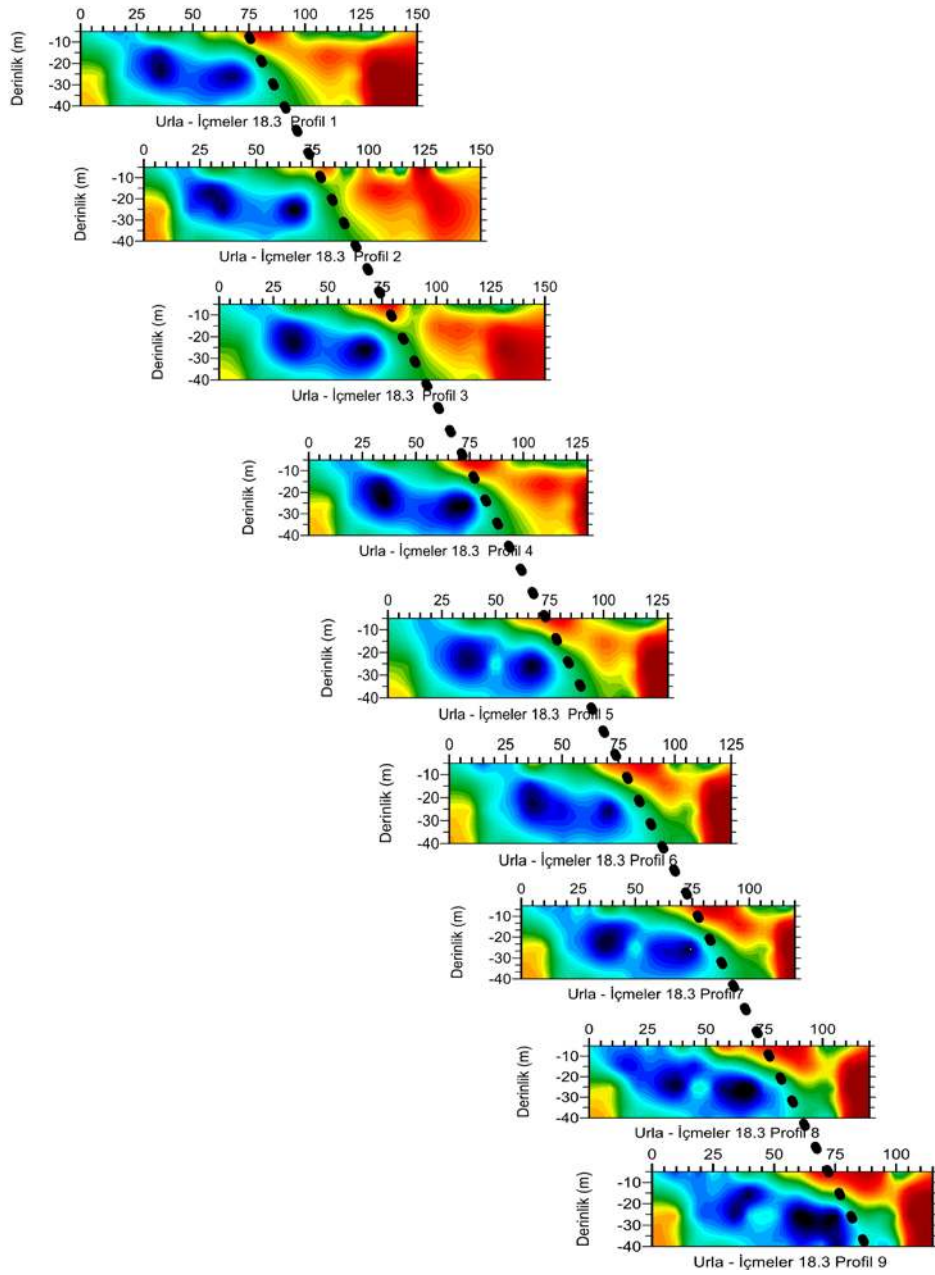
Şekil 5.66 İçmeler 20,3 kHz derinlik kesitleri.



Şekil 5.67 İçmeler 26,7 kHz derinlik kesitleri.

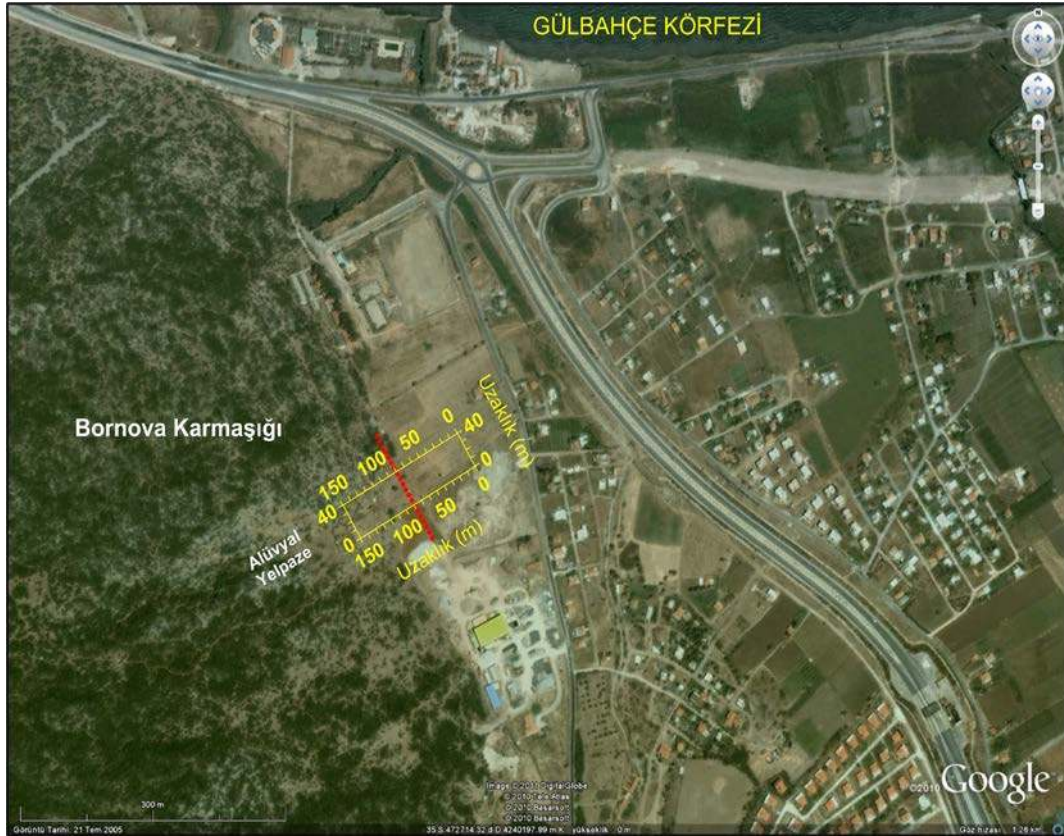
20,3 kHz' de derinlik kesitlerinde 15-25-40 metreye bakıldığında öz direnç değerlerinin 80. metreden sonra ani bir artışı söz konusudur.

Şekil 5.67' e bakıldığında 5 metre derinlik kesitimizde yüzeye yakın birimler gözlenmektedir. Fakat diğer kesitlerimize baktığımızda diğer frekanslardaki doğu-batı öz direnç artışı bu frekansımızda da gözlenmektedir. Elde ettiğimiz 3 frekanstaki derinlik kesitlerimizde faylanma ile alakalı önemli bulgular edinilmiş ve sonuçlar kısmında olası faylanmadan bahsedilmiştir.



Şekil 5.68 Urla-İçmeler bölgesi 18.3kHz frekanslı verilerin kafes diyagramı (siyah çizgiler olası süreksizliği simgelemektedir).

Şekil 5.68’de sonuçları daha iyi gözlemleyebilmek için 18.3 kHz frekansı için kafes diyagramı düzenlenmiştir. Bu kesitler üzerinde 75-80 metre arasındaki süreksizlik açıkça gözlenmektedir. Şekil 5.69’da Urla- İçmeler bölgesinde belirlenen süreksizlik uydur görüntüsü üzerinde sunulmuştur.



Şekil 5.69 Urla-İçmeler bölgesi çalışma alanı (kırmızı çizgiler olası süreksizliği simgelemektedir).

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Demircili-Yağcılar fay zone üzerinde, Gülbahçe körfezi güneyinde İçmeler, Sığacık körfezinin kuzeyinde Demircili bölgesinde yapılan SP ve EM-VLF sonucunda jeolojik gözlemlerle varlığı ortaya konulan fay zonunun kuzeyindeki İçmeler bölgesinde faylanmayla ilgili sonuçlara erişilirken Demircili bölgesinde SP ve EM-VLF anlamında faylanmayla ilgili yeterli sonuç elde edilememiştir. Genel anlamda irdelendiğinde kuzeydeki İçmeler bölgesinde hem SP hemde EM-VLF verilerinde yaklaşık 75. metrede faylanmanın olduğuna ilişkin bilgiler araziden toplanan verilerde görüldüğü gibi ayrıca ters-çözüm verilerinde faylanmaya ilişkin sonuçları doğrudan ortaya koymuştur. Özellikle derinlik kesitlerindeki verilerde burada bir faylanmanın varlığını açıkça ortaya koymuştur. Bu nedenle bu bölgede yapılacak paleosismolojik hendek çalışmasıyla buradan elde edilebilecek sonuçların denetlenmesi oldukça önemlidir.

Demircilideki 4 hat üzerinde ise birbirinden çok farklı doğal potansiyel ve EM-VLF sonuçlarıyla karşılaşılmış, bunlar üzerinde yapılan incelemelerde bazı kısımlarda faylanma olabileceğine ilişkin işaretlerle birlikte hatlar bütün anlamında irdelendiğine doğrudan faylanmanın varlığına işaret eden SP ve EM-VLF sonuçlarla karşılaşılmamıştır. Bu bölgede faylanmadan kuşkulanan profiller üzerinde paleosismolojik hendeğin sonuçları yararlı olacaktır.

Doğal potansiyel ve EM-VLF yönteminde genelde faylanma zonlarında görülen ani ortamsal değişimlere yanıt verebilecek özelliktedir. Genel anlamda irdelendiğinde faylanma karakteristiğine bağlı olarak kullanılan yöntemler önemli sonuçlar verebilirler.

Buradan elde edilen sonuçlar doğrultusunda tez kapsamında kullanılan iki yöntemde de bu tür faylanma bölgelerinde veriler uygun koşulda toplandığında ve özellikle ters-çözüm çalışmalarıyla doğru yorumlama yapıldığında önemli sonuçlar ortaya çıkarabileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akartuna, M. (1962). İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla Bölgesi Jeolojisi Hakkında. *MTA Enstitüsü Dergisi*, 5, 1-18.
- 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.
- Arpat, E., Bingöl, E. (1969). The rift system of western Turkey; thoughts on its development. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 73, 1–9.
- Barka, A.A. (1992). North Anatolian Fault zone, *Annales Tecton.*, 6, 164–195.
- Başokur, A. T., (2002). *Doğrusal ve doğrusal olmayan problemlerin ters çözümü*. Ankara: Türkiye Mimar Mühendisler Odası Başkanlığı, Jeofizik Mühendisleri Odası Yayınları.
- Beamish, D. (2000). Quantitative 2D VLF data interpretation. *Journal of Applied Geophysics*, 45, 33-47.
- Benson, A.K., Payne, K.L., Stubben, M.A. (1997). Mapping groundwater contamination using the resistivity and VLF geophysical methods-A case study. *Geophysics*, 62, 80-86.
- Berge, M. A., (2005). *İki boyutlu öz direnç ters çözüm modellemesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bozkurt, E. (2000). Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications, Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area, *Geological Society Special Publication*, 173, 385–403.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.

- Bueche, F.J., & Jerde, D.A. (2000). *Fizik İlkeleri-II*. Palme Yayınları, 677-678.
- Candansayar, M.E., (2010). *Jfm316 Elektrik yöntemler lisans ders notları* (yayınlanmamış).
- Caputo, R., Piscitelli, S., Oliveto, A., Rizzo, E., and Lapenna, V. (2003). The use of electrical resistivity tomographies in active tectonics: examples from the Tyrnavos Basin, Greece, *Journal of Geodynamics* , 36, 19– 35.
- Çayır, T., (2006). *Genetik algoritma yardımıyla sismik ters çözüm* . Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Dobrin, M. B. (1960) *Introduction to Geophysical Prospecting* (3th end). NY : McGraw-Hill.
- Drahor, M.G. (1993). *Arkeolojik alanların öz direnç ve doğal gerilim (Sp) yöntemleriyle araştırılması*. Doktora Tezi : İzmir. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Drahor, M.G. & Berge, M.A. (2006). Geophysical investigations of the Seferihisar geothermal area. *Geothermics*, 35, 302-320.
- Emre, T. & Sözbilir, H. (1997). Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting and accomodation faults in the Gediz and Büyük Menderes grabens (western Turkey). *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region*, 95 , 73-94.
- Erdoğan, B. (1990) , İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2, 1-20.
- Fleta, J., Santanach, P., Goula, X., Martinez, P., Grellet, B., Masana, E. (2001). Preliminary geologic, geomorphologic and geophysical studies for the paleoseismological analysis of the Amer fault (NE Spain). *Netherlands Journal of Geosciences*, 80, 243-253.

- Fraser, D.C. (1969). Contouring of VLF-EM data, *Geophysics*, 34, 958 - 967.
- Guerin, R., & Benderitter, Y. (1995). Shallow karst exploration using MT-VLF and DC resistivity methods. *Geophysical Prospecting*, 43, 635-653.
- Hayles, J. G., & Sinha, A. K., (1986), A portable local loop VLF transmitter for geological fracture mapping, *Geophysical Prospecting*, 34, 873-896.
- İnci, U., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö. (2003). Urla –Balıkesir Arası Depremlerin Nedeni Fosil Bir Fay, *Cumhuriyet Gazetesi Bilim Teknik Dergisi*, 848, 6-7.
- İnci, U., Sözbilir, H. (2004). *Urla (İzmir) Çevresinin Miyosen-Kuvaterner Sedimentolojisi ve Tektoniği*, DEU Afs Projesi. Proje no: 0908.01.06.02. Şubat.
- Jackson, J.A., McKenzie D.P. (1988). Rates of active deformation in the Aegean Sea and surrounding regions. *Basin Research.*, 1, 21–128.
- Karlık, G., & Kaya, M.A. (2000). Investigation of groundwater contamination using electric and electromagnetic methods at a solid waste disposal site-A case study from Isparta, West-Turkey. *Environmental Geology*, 40, 725-731.
- Karous, M., & Hjelt, S.E. (1983). Linear filtering of very-low-frequency (VLF) dip angle measurements. *Geophysical Prospecting*, 31, 782-794.
- Kaya, O. (1979). Ortadoğu Ege çöküntüsünün Neojen stratigrafisi ve tektoniği. *TJK Bülteni*, 22, 35-58.
- Kaypak, B. (2006). *Jeofiziğin uygulama alanları ve yöntemleri*. (yayınlanmamış).
- Keller, G. V. & Frischknecht, F. C. (1966). *Elektrical methods in geophysical methods in geophysical prospecting*, New York : Pergamon Press.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, C., Lallemand, S., Noomen, R., Veis, G. (1995). Geodetic determination of the kinematics of Central Greece with respect to Europe: implications for Eastern Mediterranean tectonics. *Journal of Geophysical Research.*, 100, 12675–12690.

- McKenzie, D.P. (1970). The plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature*, 226, 239-243.
- McNeill, J.D. (1990). Use of electromagnetic methods for groundwater studies., Geotechnical and environmental geophysics. *Society of Exploration Geophysics*, 1, 191-218.
- McNeill, J.D., & Labson, V. (1991). Geolocical mapping using VLF Radio Fields. *Society of Exploration Geophysicists*, 3 , 522-559.
- Okay, A.İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S. (1996), *Paleoand Neo- Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints: In: Yin, A. ve Harrison, M. (eds) Tectonics of Asia*. Cambridge University Press, 420-441.
- Öngür, T. (1972). *Dikili-Bergama jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeoloji raporu*. Maden Tetkik ve Arama Enstisü Raporu, 5444.
- Özürlan, G. ve Ulugergerli, E.U. (2005). *Jeofizik Mühendisliğinde Elektromanyetik Yöntemler*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Palacky, G.J., Ritsema, I.L., De Jong, S.J. (1981). Electromagnetic prospecting for groundwater in precambrien terrains in the Republic of Upper Volta. *Geophysical Prospecting*, 29, 932-955.
- Pirttijarvi, M. (2006). *2Layinv-Laterally constrained two-layer inversion of VLF-R measurements, User's guide*. University of Oulu, Division of Geophysics.
- Ram Babu, H.V. & Atchutarao,D., (1988), Inversion of self-potential anomalies in mineral exploration, *Computer and Geosciences*, 14, 377- 387.

- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksoz, M.N., Barka, A., Kinik, I., Lenk, O., Sanlı, I. (1997). Global Positioning System Measurements of Present-Day Crustal Movements in the Arabia-Africa-Eurasia Plate Collision Zone. *Journal of Geophysical Research.*, 102, 9983-9999.
- Salvi, S., Cinti, F.R., Collini, L., D'Addezio, G., Doumaz, F., Pettinelli, E., (2003). Investigation of the active Celano-L'Aquila Fault System, Abruzzi (central Apennines, Italy) with combined ground penetrating radar and palaeoseismic trenching. *Geophysical Journal International*, 155, 805–818.
- Santos, F.A. Mateus,A., Figuerias, J., Gonçalves, M.A. (2006). Mapping groundwater contamination around a landfill facility using the VLF-EM method- A case study. *Journal of Applied Geophysics*, 60, 115–125.
- Sato, M. & Mooney, H. M., (1960). The electrochemical mechanism of sulfide self – potentials, *Geophysics*, 25, 226 – 249.
- Savaşçın, Y. (1978). *Foça- Urla Neojen Volkanitlerinin Mineralojik ve Jeokimyasal incelenmesi ve Kökensel Yorumu*, Doçentlik Tezi,1-15.
- Seyitoğlu, G., Scott, B. (1991). Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey , *Geological Magazine*, 128, 155–166.
- Sharma, P.V. (1997) *Environmental and Engineering Geophysics*, Cambridge University Press, 475.
- Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö. (2003a). *Gümüldür (İzmir) ve Bigadiç (Balıkesir) Arasında Uzanan Miyosen Sonrası Yaşlı KD-Doğrultulu Accommodation Zonuna ait Saha Verileri, Batı Anadolu*: 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara. 85-86.
- Sözbilir, H., inci, U., Erkul, F., Sümer, Ö. (2003b). *An Active Intermitten transform zone accommodating N-S Extension in Western Anatolia and its relation to the North Anatolian Fault System, International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and*

Paleoseismology, and Field Training Course in Paleoseismology, poster session P2/2, Ankara.

Sözbilir, H., Sümer, Ö., Üzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., Helvacı, C., Özkaymak, Ç. (2009). 17-20 Ekim 2005- Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, *Batı Anadolu. Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52, 2-3.

Suzuki K., Kusunoki K. and Kaieda H. (2000). *Geological structure around the Ogachi Hot Dry Rock test site using seismic reflection and CSAMT surveys*.

Sümer, Ö. (2007). *Güzelbahçe (İzmir) Çevresinin Alüvyonal Sedimentolojisi ve aktif tektoniği*. Doktora Tezi. İzmir. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Şengör, A.M.C., Görür, N., Saroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation, Social Economic Paleontology Mineral*, 37, 227–264.

Taymaz, T. (1990). *Earthquake Source Parameters in the Eastern Mediterranean Region*. Bullard Laboratories, Department of Earth Sciences, Madingley Rise, Cambridge CB3 0EZ, UK. University of Cambridge, Darwin College, UK PhD Thesis.

Taymaz, T., Jackson, J., Westaway, R. (1990). Earthquake mechanisms in the Aegean trench near Crete. *Geophysical Journal International*, 102, 695–731.

Taymaz, T., Jackson J., McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the North and central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106, 433-490.

Taymaz, T. (Ed.). (2001). *Symposia On Seismotectonics of the North-Western Anatolia-Aegean and Recent Turkish Earthquakes*. İstanbul : Atlas Yayınevi.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A. (1976). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, 42-48.

Tezkan, B. (1999). A review of environmental applications of quasi-stationary Electromagnetic Techniques. *Survey in Geophysics*, 20, 279-308.

The work in the trench, (n.d). <http://www.geology.bas.bg/paleo/07t01.html>.

Timur, E. (2009). *Manyetik ve Elektromanyetik verilerin birleşik ters çözümü*. Doktora Tezi. İzmir. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Vlf istasyonları, (b.t). <http://sidstation.lionelloudet.homedns.org/stations-list-en.xhtml>.

Yılmaz, Y., Genç, S.C., Gürer, O.F., Bozcu M., Yılmaz K., Karack Z., Altunkaynak Ş., Elmas A. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop?, *Geological Society Special Publication.*, 173, 353–384.