

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELDİVAN (ÇANKIRI) DOLAYINDAKİ DERİN DOLAŞIMLI SULARIN
JEOTERMAL KAYNAKLARLA İLİŞKİSİNİN TEKTONİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

HALİL BÖLÜK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2013

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELDİVAN (ÇANKIRI) DOLAYINDAKİ DERİN DOLAŞIMLI SULARIN
JEOTERMAL KAYNAKLARLA İLİŞKİSİNİN TEKTONİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

HALİL BÖLÜK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Başkanlığı tarafından
2013.02.0121.007 nolu proje ile desteklenmiştir.**

2013

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELDİVAN (ÇANKIRI) DOLAYINDAKİ DERİN DOLAŞIMLI SULARIN
JEOTERMAL KAYNAKLARLA İLİŞKİSİNİN TEKTONİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

HALİL BÖLÜK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez .../.../2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Yrd. Doç. Dr. Erdal KOŞUN

ÖZET

ELDİVAN (ÇANKIRI) DOLAYINDAKİ DERİN DOLAŞIMLI SULARIN JEOTERMAL KAYNAKLARLA İLİŞKİSİNİN TEKTONİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Halil BÖLÜK

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN

Temmuz 2013, 59 sayfa

Enerji ihtiyacının dünya ölçeğinde en büyük problemlerden biri olduğu gerçeği göz önüne alındığında, bu yönde yapılan çalışmaların artırılması ve fakat bu çalışmaların doğa dostu, sürdürülebilir ve yenilenebilir olması da tercih edilmektedir. Bu üç parametreyi ve bunun yanında birçok avantajı bünyesinde barındıran jeotermal enerji, bilinen alternatif enerji kaynaklarının başında gelir.

Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de enerji ihtiyacı en büyük problemler arasındadır. Ülkemiz fosil yakıtlar bakımından da oldukça zengin alanlara sahip olmakla birlikte, bu durum yetersiz gelmekte ve hala dışa bağımlı bir pozisyonda bulunmaktadır. Ülkemizin tektonik yapısı ve volkanik aktiviteleri göz önüne alındığında ortaya jeotermal enerjinin büyük bir potansiyeli olduğu çıkmakta, ülkemizin dört bir yanına dağılmış, sıg ya da kaynak şeklindeki kaplıcalar da bunu ispat etmektedir. Nitekim Kızıldere (Denizli) jeotermal sahası da bu yönde umutlandırıcı yüksek bir sıcaklığa sahiptir.

Bir jeotermal sistemin gelişebilmesi için başlıca parametreler sıcaklık kaynağı, ısı transfer, sağlayabilecek bir akışkan, bu akışkanı içerisinde barındırabilecek fiziksel özelliklere sahip bir birim ve bu birimin üzerinde geçirimsizliği sağlayacak bir örtü birim ve son olarak bu akışkanın ısı transferi için hareketini sağlayacak mekanizma (tektonizma) gerekmektedir. Dolayısı ile jeotermal çalışmalar için seçilecek bölgelerde volkanik ve tektonik aktiviteler oldukça önemli ve bunun yanında stratigrafik dizilim ve birimlerin fiziksel özellikleri de göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir.

Çalışma alanı, Türkiye'nin tektonik açıdan en aktif bölgesi olan Kuzey Anadolu'da Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'a oldukça yakın bir bölgede yer almaktadır. İzmir – Ankara – Erzincan zonu boyunca yer alan metamorfik birimlerin bölgedeki eşlenikleri, çalışma alanında en yaşlı birimi oluşturmaktadır. Kretase sonunda meydana gelen Sakarya kıtası ile Kırşehir masifinin çarpışması ile oluşan Eldivan ofiyolitlerinin bölgeye yerleşimi bazen kendi içerisinde meydana gelen bindirmelerle ve bazen de daha genç birimlere yaptığı bindirmelerle olmuştur. Bu bindirme faylarının izleri arazide oldukça net olarak gözlemlenmektedir.

Çalışma alanındaki tüm birimlerden tabaka ve çatlak ölçümleri alınmış, fay çizikleri ve düzlemleri saptanmış ve bununla ilgili ayrıntılı değerlendirmeler yapılmıştır.

Jeotermal arama çalışmaları genel olarak düşük sıcaklıklı ya da maden suyu içeren bir kaynağın olduğu bölgede detaylı araştırması ile başlamaktadır. Bu sebeple hidrojeokimya çalışmaları yapılmış ve çalışma alanı içerisinde ve çevresinde kimyasal içeriği ve sıcaklığı bakımından jeotermal emare taşıyabilecek kaynaklardan numune alınmıştır. Bu numunelerin hidrojeokimyasal analizleri ve yorumlanması sonucu 1 ve 3 numaralı DES noktalarında yakın olan GÖZDÖKEN numunesinde yüksek kondüktivite değerlerine rastlanılmıştır.

Jeotermal arama çalışmalarında en çok kullanılan jeofizik yöntemlerden biri olan elektrik rezistivite ölçümleri alınmış ve belirlenen hatlar boyunca doğal potansiyel çalışmaları yürütülmüştür. Elektrik rezistivite çalışmaları ile 1500m'e kadar düşey elektrik sondajlar yapılmış ve burada jeotermal emareler gözlemlenmiştir. Yine bu rezistivite verileri ile bölgenin stratigrafisi karşılaştırılarak birimlerin kalınlıkları tahmin edilmiş ve böylece jeotermal üretim sondajı için en uygun bölge belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan hidrojeokimyasal analiz, 17 düşey elektrik sondaj, 2 profil SP ve arazi gözlemleri büro çalışmaları ile sonlandırılmış ve sonuç olarak arazinin güney doğusundaki 3 numaralı DES noktasından elde edilen verilerin anomali yaptığı görülmüştür. Bu anomalinin sebebinin jeotermal kaynaklarla ilişkili ılık-sıcak sular olabileceği gibi bölgede yaygın olan tuzlu birimler de olabileceği öngörülmüş ve araştırma sondajı önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Jeotermal sistemler, tektonik, Eldivan'ın jeolojisi, jeotermal kaynaklar, derin dolaşım sular

JÜRİ: Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN (Danışman)
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU
Yrd. Doç. Dr. Erdal KOŞUN

ABSTRACT

ANALYSIS OF RELATIONSHIP WITH DEEP CIRCULATING WATERS AND GEOTHERMAL SYSTEMS AT ELDIVAN(CANKIRI - TURKEY)

Halil BÖLÜK

**MSc. Thesis in Geological Engineering
Supervisor: Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN
July 2013, 59 pages**

One of the biggest problems facing the world today is undoubtedly the need of energy. World of science and industry proposes new alternative source or offers ways to manage available resources more efficiently offers to solve this problem. Geothermal energy is one of these energy source and it represents a renewable, sustainable and eco-friendly alternative for fuel based energy sources and nuclear. Also it is more useful than other RES(Renewable Energy Source) like wind, solar.

The main element of a geothermal system is heat source. But this is not enough to create a working system. The heat must be carried to the surface by a fluid (water, steam or gas). There must be a suitable reservoir rock that has some physical properties for containing the fluid. And also there must be a fracture system for transferring the heat from source to the surface by moving between different geological units.

Due to the above-described structure, tectonic and volcanic activity and the distribution of geothermal systems are in line with the regions that contains geothermal fields. The high-temperature geothermal systems are generally located at plate boundaries and regions near young volcanic units with effect of extensional regime. Outside of these, high, medium – temperature geothermal systems can develop on the active earthquake belts near young volcanism.

Turkey has a very high geothermal energy potential because of its volcano – tectonic evolution. It is under effect of different tectonic regimes. General remark about evolution of Anatolian is a subduction of African Plate along Hellenic and Cyprian Arc and the collision of Arabia indenter along Bitlis – Zagros Zone are formed Anatolian Plate and started its neotectonic period.

Because of these subduction and collision, Anatolian has some different tectonic regimes and volcanism locally. On the west, there is a lot of normal faults (horsts – graben systems) which are generated by extensional regime and most known geothermal field in Turkey is located here (Kizildere GF with a 272°C temperature, producing electricity). On the other side, North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is one of the most active earthquake zone of the world. Generally medium – high temperature geothermal fields located near this fault zone (Kızılcahamam, Çavundur etc).

The study area is close to NAFZ and located at Çankiri Basin that occurred by pre-defined collision. Çankiri Basin is a key location for closure of the Neo-Tethys and formed by subduction that produces İzmir – Ankara Erzincan suture zone. Tectonic elements of study area were developed under control of NAFZ and this suture zone. And also young volcanic rocks is found near this region.

All physical properties for a geothermal system can be provided by study area's geology. In this study, the geology and tectonic properties of area are investigated in detail. Samples are taken from study area for geochemical analysis and the composition is examined for geothermal relation of nature springs. Geophysical methods (SP, DC Resistivity) are used for describe stratigraphic sequence to about 1500 m depth.

In this study, the geological units are examined and described in detail. On the ophiolitic basement Kumartaş, Bozkır, Değim formations have been identified from oldest to youngest (Early Miocen to Pleistocene). These Neocene formations were deposited in fluvio – lacustrine conditions and alluvial fan deposits and recent alluvium overlies all units.

Electrical resistivity surveys were conducted under the 1.5 km depth of 18 vertical electrical sounding. Co-resistivity maps were prepared with data that obtained from these points and researched low resistivity areas. Spontaneous potential measurements have been taken from the lines which detected with geological surveys and suspected relationship with faults. At the end of this study, active fault have been tried to determine the active faults. As a result, geological, geophysical and geochemical data have been compared geothermal production well location has been sought.

Geological units in the area is suitable for geothermal system and their stratigraphic sequence and physical properties are providing base, reservoir and cover rocks to contain fluid. Spontaneous potential measurements show that there is an active tectonic system on the area and it is suitable for fluids movement and so transferring the heat. Region that including study area has a enough hydrological and hydrogeological cycle to feed geothermal system. And when all these data are evaluated together with the VES study north-east side (VES 3) of the study area provides the requirements of a geothermal system at the depth of 1300 to 1400 m.

KEYWORDS: Geothermal researches, geothermal systems, structural geology and tectonics, geology of Eldivan

COMMITTEE: Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN (Supervisor)
Prof. Dr. Fuzuli YAĞURLU
Asst. Prof. Dr. Erdal KOŞUN

ÖNSÖZ

Jeotermal çalışmalar, çok boyutlu ve yerbiliminin birçok dalından araştırmacıların incelediği akademik ve ekonomik yönden ilginç bir konu olmaktadır. Gerek sağlık turizminde kaplıcalar olarak, gerek ısınma ve sera amaçlı gerekse elektrik üretimi yapılmasında kullanımı açısından insanlığa faydalı, doğa dostu, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.

Bu sebeple, jeotermal sistemlerin tektonik açıdan incelenmesi konusu yerin yapısal jeolojisini çözenin yanında bölgeye ve ülkeye ekonomik getirisinin olması, tez konusu olarak seçilen bu çalışmayı daha heyecanlı bir hale getirmiştir. Elektrik rezistivite çalışmaları ile yeraltı jeolojisinin ortaya çıkarılması ve SP logları ile aktif fayların mostra vermediği halde, yorumlamalar ile tespiti arazi gözlemlerine ek olarak yapılan çalışmalar olmaktadır.

Tüm bu çalışmalar boyunca en başta emeğini ve ilgisini esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. M. Erkan KARAMAN'a teşekkür ederim. Teknolojiye, özellikle bilgisayar ile yer bilimlerinin daha fazla iş birliği halinde olması gerekliliğine inanarak tezin hazırlanması süresince bu konudaki desteklerini esirgemediği için ayrıca teşekkür ederim.

Jeofizik çalışmaların yürütülmesi konusunda her aşamada yardım ve desteklerini gördüğüm, kendisine ait rezistivite cihazını kullanmamızı sağlayan, yorumlama konusunda engin bilgilerini paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Ergun TÜRKER'e, yine çalışmalar süresince lojistik ve iş gücü desteği sağlayan Eldivan Belediye Başkanı Sayın Hüseyin KANTAŞ'a, Eldivan Belediyesi çalışanlarına, çalışmalarımın her aşamasında desteğini gördüğüm bölümümüz araştırma görevlilerine, hayatımın her aşamasında, her konuda desteklerini gördüğüm canım aileme ve tezin yazımı, şekillerin çizimi ve düzenlenmesi konusunda titiz çalışmaları ama en önemlisi ısrarlı tavsiyeleri ile yüksek lisans öğretimime ve akademik hayatıma başlamamı sağlayan canım eşime teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri	4
1.2. İnceleme Alanının Tektonik Konumu	5
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	7
2.1. İnceleme Alanının Tektonik Gelişimi	7
2.2. İnceleme Alanı Çevresindeki Jeotermal Alanlar	9
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1. Arazi Gözlemleri	10
3.2. Jeofizik Çalışmalar	10
3.2.1. Jeofizik çalışmalarının amacı	11
3.2.2. Uygulanan jeofizik çalışmalar	12
3.2.3. Jeofizik çalışmaların yöntemi	12
3.2.4. Kullanılan ekipmanlar	13
3.2.5. Doğal potansiyel (SP) çalışmaları	14
3.3. Hidrojeokimyasal Analizler	16
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	17
4.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi	17
4.1.1. Eldivan ofiyolitleri	17
4.1.2. Kumartaş formasyonu	21
4.1.3. Çankırı üyesi	22
4.1.4. Hançili formasyonu	23
4.1.5. Bozkır formasyonu	24
4.1.6. Değim formasyonu	26
4.1.7. Alüvyon	27
4.2. İnceleme Alanının Yapısal Jeolojisi	27
4.2.1. Faylar	27

4.2.2. Kıvrımlar.....	29
4.3. Jeofizik Çalışmaları.....	31
4.3.1. Jeofizik verilerin değerlendirilmesi	31
4.3.2. Eş resistivite haritaların ve kesitlerin hazırlanması	31
4.3.3. Eş resistivite haritaları	32
4.3.4. Doğal potansiyel (SP) çalışmaları.....	48
4.4. Hidrojeokimyasal Analizler	48
5. SONUÇLAR	50
6. KAYNAKLAR.....	52
7. EKLER	55
EK-1 Çalışma Alanının 1/25000 Ölçekli Jeoloji Haritası	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-2 Çalışma Alanının Jeolojik Enine Kesitleri..	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-3 A Profili Jeofizik Kesitleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-4 B Profili Jeofizik Kesitleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-5 C Profili Jeofizik Kesitleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-6 D Profili Jeofizik Kesitleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-7 E Profili Jeofizik Kesitleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-8 F Profili Jeofizik Kesitleri.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EK-9 G Profili Jeofizik Kesitleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

mV	Milivolt
ohm.m	Ohm metre
m	Metre

Kısaltmalar

MTA	Maden Tetkik Arama
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
DES	Düşey Elektrik Sondajı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 1971 – 2009 Yılları arasındaki enerji kaynakları kullanım miktarları (Key World Energy Statistics 2011, International Energy Agency).....	1
Şekil 1.2. Jeotermal Sistem Modeli (http://www.eie.gov.tr/)	3
Şekil 1.3. Dünyadaki Jeotermal Alanlar ve Levha Sınırları (USGS).....	3
Şekil 1.4. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı ve Uygulama Haritası (MTA Enerji Hammadde Arama ve Etüt Dairesi Başkanlığı Web Sitesi)	4
Şekil 1.5. Çalışma alanının yer bulduru haritası	5
Şekil 1.6. Orta Anadolu Havzalarının Konumu (Karadenizli vd 2004).....	6
Şekil 2.1. Neo-Tetis kenet kuşaklarına göre Doğu Akdeniz Alp Kuşağı içinde Türkiye'nin tektonik yeri (SC: Sakarya Kıtası, ACB: Adana-Kilikya Havzası, EAAC: Doğu Anadolu yığılma karmaşığı, R ve K: Riou ve Khoura çöküntüleri) (Şengör ve Yılmaz 1981)	7
Şekil 2.2. Var olan Neojen havzayı parçalayan tektonik kamanın gelişimini gösteren blok diyagramlar (Esat 2004).....	8
Şekil 2.3. Çankırı civarındaki tektonik yapılar ve jeotermal kaynaklar (MTA)	9
Şekil 3.1: Temel elektrik rezistivite prensiplerini gösteren çizim (A ve B akım elektrotları, M ve N potansiyel elektrotlarını temsil etmektedir) (http://www.nga.com)	13
Şekil 3.2. Düşey elektrik sondajlarının lokasyonları	14
Şekil 3.3. Doğru akım elektrik rezistivite cihazı.....	15
Şekil 3.4. Doğal potansiyel ölçümü ve yorumlanması.....	15
Şekil 4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası	18
Şekil 4.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (ölçeksiz).....	19
Şekil 4.3. Eldivan ofiyolitlerinin genel görünümü (Ekinler Deresi).....	20
Şekil 4.4. Ofiyolitik seri içerisindeki radyolarit ve çörtler (Eldivan - Şabanözü Yolu) .	20
Şekil 4.5. Kumartaş formasyonunun içerisindeki çakıltaşları.....	21
Şekil 4.6. Kumartaş formasyonu ile Çankırı üyesinin sınırı	22
Şekil 4.7. Çankırı üyesinin genel görünümü (Çankırı Yolu)	23
Şekil 4.8. Hançili formasyonunun genel görünüşü (Seydiköy'ün kuzeybatısı)	24

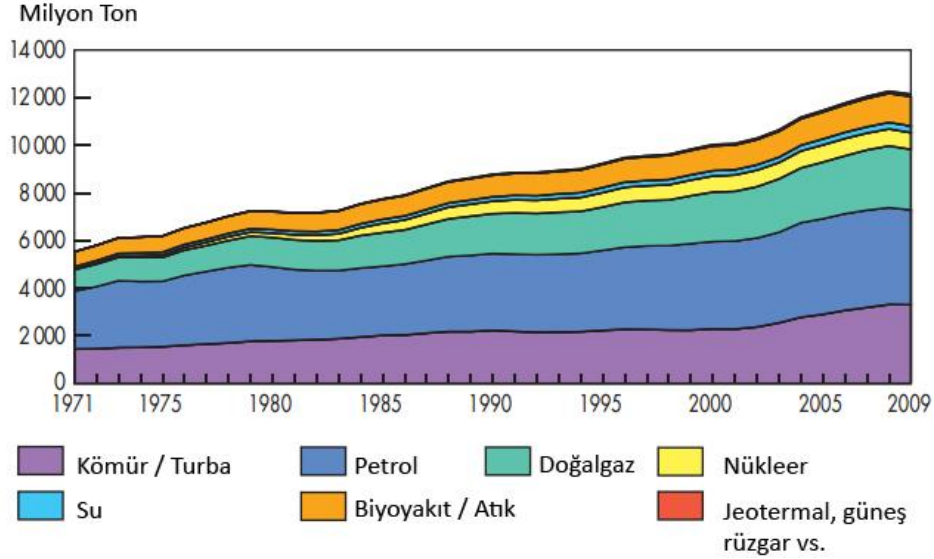
Şekil 4.9. Bozkır formasyonu içerisindeki jipslerin genel görünüşü (Korubaşı Tepe'nin batısı)	25
Şekil 4.10. Bozkır formasyonunun genel görünümü (Manastır Tepe, Batı'dan Doğu'ya Bakış)	25
Şekil 4.11. Değim formasyonunu içerisindeki konglomera seviyesi (Korubaşı Tepe Güneyi, Güney'den Kuzey'e bakış)	26
Şekil 4.12. Değim formasyonu içerisinde yer alan kumtaşı seviyesi (Eskibağlık Tepe kuzeyi, kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)	26
Şekil 4.13. Eldivan ofiyolitleri'nde görünen tipik kayma izleri	28
Şekil 4.14. Eldivan ofiyolitleri'nin üst seviyelerindeki derin deniz çökellerinde görünen kayma izleri.....	28
Şekil 4.15. Çankırı yolu üzerinde Yanlar Boğazı Fayına ait fay çizikleri	29
Şekil 4.16. Çalışma alanından alınan tabaka ölçümleri ile yapılan beta ve kontur diyagramları (a ve b Korubaşı Tepenin batısındaki senklinal, c ve d Çankırı yolunun güneyindeki antiklinal, e ve f Çiftlikköy'ün doğusundaki senklinal eksenlerinin konumlarını göstermektedir)	30
Şekil 4.17. 100 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	33
Şekil 4.18. 200 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	34
Şekil 4.19. 300 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	35
Şekil 4.20. 400 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	37
Şekil 4.21. 500 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	38
Şekil 4.22. 600 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	39
Şekil 4.23. 800 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	40
Şekil 4.24. 1000 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	41
Şekil 4.25. 1200 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	42
Şekil 4.26. 1400 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	43
Şekil 4.27. 1500 metre derinlikli eş rezistivite haritası.....	44
Şekil 4.28. Gözdöken bağları mevkiinden alınan su numunesinin Piper diyagramındaki yeri	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ülkeler ve Jeotermal Kullanım Miktarları (Geothermal Energy Association, 2010 Mayıs Ayı Raporu)	2
Çizelge 4.1. Gözdöken bağları mevkiinden (DES-3 civarından) alınan su numunesinin hidrojeokimyasal parametreleri.....	48

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasının en önemli gündemi şüphesiz ki enerjidir. Dünyadaki enerji ihtiyacının artması ve bunun yanında hala en önemli enerji kaynağı olan fosil yakıtların rezervlerinin hızla tükenmesi insanlığı yeni enerji kaynaklarını aramaya zorlamıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. 1971 – 2009 Yılları arasındaki enerji kaynakları kullanım miktarları (Key World Energy Statistics 2011, International Energy Agency)

Fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları uzun yıllardır tartışılan bir konudur. Her ne kadar çevre kirliliği gibi oldukça önemli bir zararı da olsa kullanım kolaylığı ve geçmişten beri geliştirilerek gelen teknolojileri bakımından fosil yakıtların yerini dolduracak enerji kaynağı aramaları çoğu ülkenin en çok önem verdiği problemlerden birisidir.

Alternatif olarak kullanılan enerji kaynaklarının başında hidroelektrik santralleri gelmektedir. Fakat burada elektrik üretebilmek için gerekli şartlar enerji ihtiyacının olduğu her bölgede sağlanamayabileceği gibi çevre kirliliği ve üretim sisteminin kurulmasının oldukça maliyetli olması gibi faktörler yine göz önünde bulundurulması gereken dezavantajlardır.

Diğer alternatifler ise özellikle son Japonya depreminden sonra güvenliği uluslararası düzeyde tartışılan nükleer santraller ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğanın bizlere sunduğu en hayati kolaylıklardan biridir ve insanoğlu bunu farkında olarak ya da olmayarak insanlık tarihinde kullanmıştır ve kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve jeotermal enerji bunlardan birkaçıdır (Şekil 1.1).

Fakat ne var ki insanlık bu enerji türlerini basit ihtiyaçlarını gidermek için kullanmış, fosil yakıtların ya da hidroelektrik ve nükleer enerji kaynaklarına alternatif olarak düşünmemiştir. Oysa çevreye hemen hemen hiçbir zararı olmayan bu yenilenebilir

enerji kaynakları diğerlerine nazaran çok daha düşük maliyetlerle elde edilebilmektedir. Ve sonsuz bir rezervuara sahiptir.

Yenilenebilir kaynaklar arasında en çok kullanılan ise jeotermal enerjidir. Elektrik üretimi, sera ve konut ısıtmacılığı, sanayide ısıtma ve kurutma sistemleri, termal sağlık hizmetleri jeotermal enerjinin insanlığa sunduğu hediyelerden birkaçıdır.

Özellikle nüfusu kalabalık ülkeler ve fosil yakıt kaynakları kısıtlı olan ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanım konusunda oldukça ileri düzeyde araştırmalar yapmaktadır. Jeotermal kaynak aramaları direkt kullanılması ve elde edilen her sıcaklığın mutlaka uygulanacağı bir alan bulunması sebebiyle bu araştırmaların başında gelmektedir. Nitekim bu çalışmalar çoğu ülkede başarılı bir şekilde sonuçlanmış ve konut ısıtmacılığında elektrik üretimine kadar jeotermal enerjinin bir çok yerde kullanılmasını sağlamıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Ülkeler ve Jeotermal Kullanım Miktarları (Geothermal Energy Association, 2010 Mayıs Ayı Raporu)

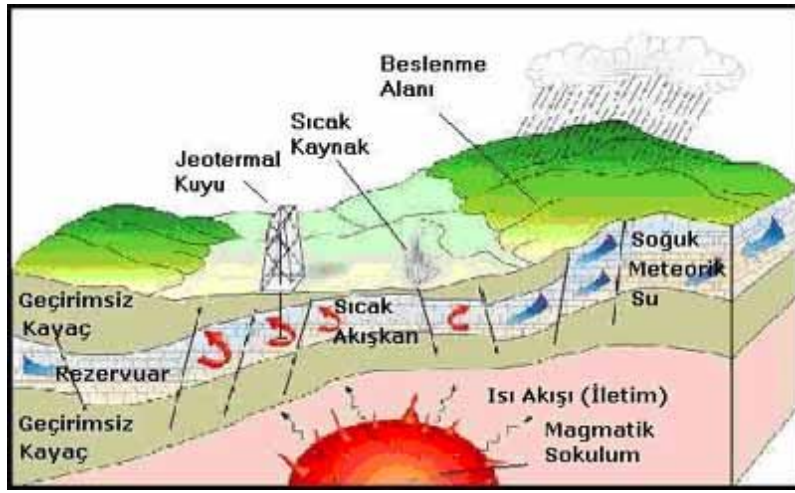
Ülke	Kurulu Kapasite(MW)	Sıra
United States	3,086	1
Philippines	1,904	2
Indonesia	1,197	3
Mexico	958	4
Italy	843	5
New Zealand	628	6
Iceland	575	7
Japan	536	8
El Salvador	204	9
Kenya	167	10
Costa Rica	166	11
Nicaragua	88	12
Russia	82	13
Türkiye	82	14
Papua New Guinea	56	15
Guatemala	52	16
Portugal	29	17
China	24	18
France	16	19
Ethiopia	7.3	20
Germany	6.6	21
Austria	1.4	22
Australia	1.1	23
Thailand	0.3	24

Bir jeotermal sistemin oluşabilmesi için gerekli parametreler:

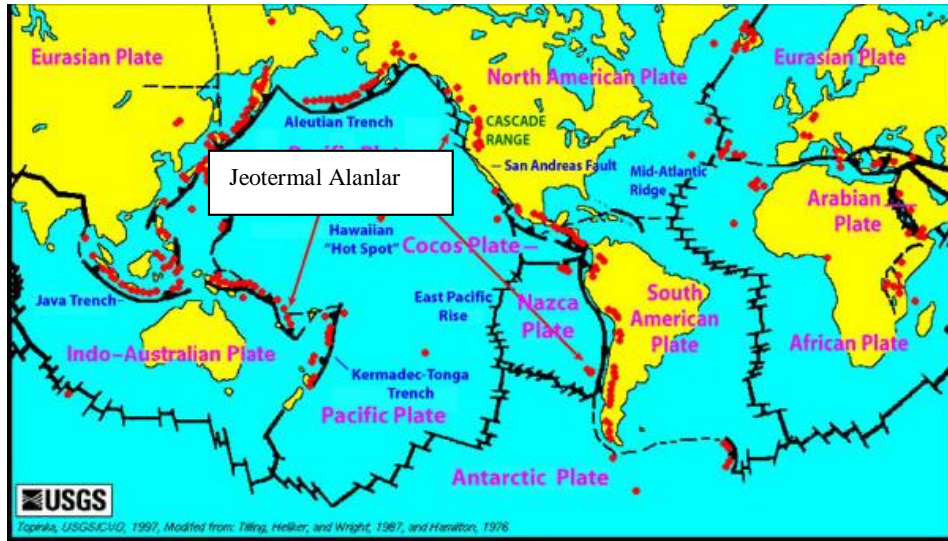
- 1- Isı kaynağı
- 2- Akifer tabaka
- 3- Örtü tabaka
- 4- Suyun dolaşımını sağlayabileceği yeraltı kırık sistemleri ve aktif faylardır

(Şekil 1.2).

Bu dört parametrenin tamamlandığı bölge jeotermal enerji açısından elverişli bölgedir. Dünya genelindeki jeotermal alanlara bakıldığında bu alanların genellikle genç volkanik alanların ve tektonik kuşakların örtüştüğü bölgelere düştüğü görülecektir. Bu alanlar genellikle kabuk kalınlığının daha ince olduğu levha sınırlarında yer almaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.2. Jeotermal Sistem Modeli (<http://www.eie.gov.tr/>)



Şekil 1.3. Dünyadaki Jeotermal Alanlar ve Levha Sınırları (USGS)

Görüleceği üzere, içerisinde tektoniğin ve aktif fay çalışmalarının bulunmadığı jeotermal uygulamaların başarıya ulaşması mümkün değildir. Çünkü yerin derinliklerindeki (derin dolaşımdaki) suların yeryüzüne çıkmaları, ancak aktif fay zonları boyunca mümkün olmaktadır.

Ülkemiz dünyanın en aktif tektonik kuşaklarından birisinin üzerindedir. Bu tektonik kuşak ülkemiz açısından doğal afet yönünden bir dezavantaj olsa da tektonizmaya bağlı birçok ekonomik yeraltı zenginliğinin oluşmasına ya da bunları insanlığın kullanımına sunumunun kolaylaşmasına da neden olmaktadır. Jeotermal enerji bu zenginlikler arasından sadece birisidir ve yapılan çalışmaların sonucunda görülmektedir ki ülkemizde oldukça fazla bir potansiyeli vardır (Şekil 1.4).



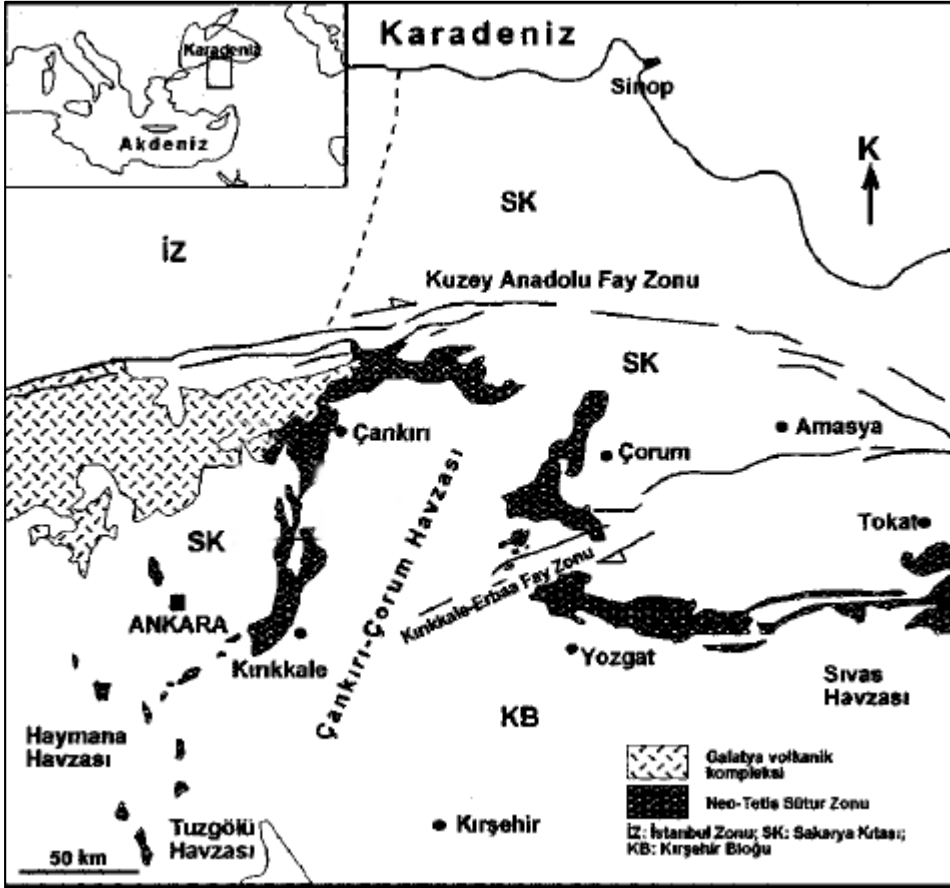
Şekil 1.4. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı ve Uygulama Haritası (MTA Enerji Hammade Arama ve Etüt Dairesi Başkanlığı Web Sitesi)

1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri

İnceleme alanı Çankırı Havzası içerisinde yer almaktadır. Bu havza Orta- Kuzey Anadolu'da yer almakta ve Eldivan – Elmadağı, Ilgaz Dağları ve Köse Dağı ile çevrelenmiştir. Harita Genel Komutanlığı'nın hazırladığı G30-c3 ve G31-d4 paftaları içerisinde yer almaktadır.

Çankırı Merkezine yaklaşık 20 km'lik bir mesafede bulunan inceleme alanına ulaşım Şabanözü – Ankara yolu kullanılarak yapılabilmektedir (Şekil 1.5). İnceleme alanında Eldivan ilçe merkezi, Saray Köy, Yukarı Yanlar Köyü, Çiftlik Köyü, Gölezkayı Köyü, Seydiköy ve Sarıtarla Köyü bulunmaktadır.

İnceleme alanında yer alan yerleşimlerde tarım ve hayvancılık ile geçim sağlanmaktadır. İlçede çok eski yıllardan beri kiraz yetiştiriciliği önemli bir gelir kaynağıdır. İnceleme alanında alüvyon geniş bir alanda mostra vermektedir ve tarım için

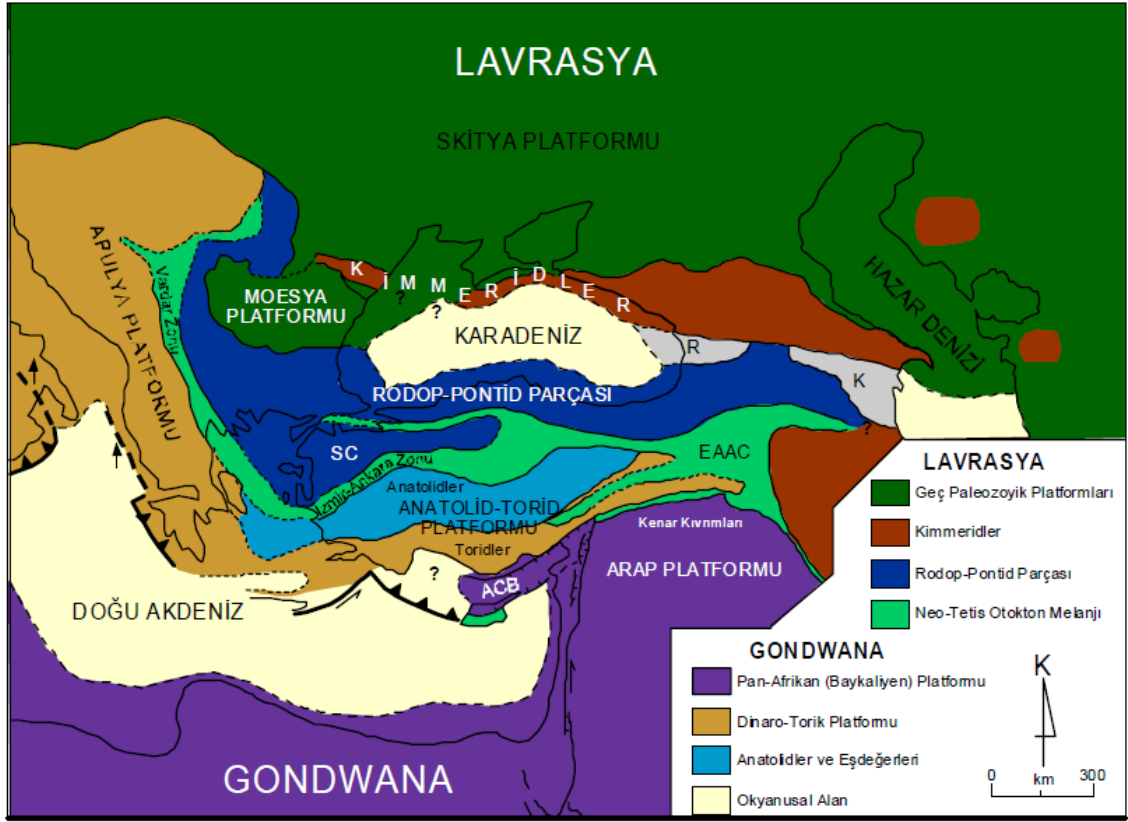


Şekil 1.6. Orta Anadolu Havzalarının Konumu (Karadenizli vd 2004)

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. İnceleme Alanının Tektonik Gelişimi

Türkiye Neo-Tetis kenet kuşaklarına göre genel olarak Rodop – Pontid parçası, Sakarya Kıtası, Anatolid – Torid Platformu ve bu platformun bir parçası olan Bitlis / Pötürge Masifleridir (Şengör ve Yılmaz 1981) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Neo-Tetis kenet kuşaklarına göre Doğu Akdeniz Alp Kuşağı içinde Türkiye'nin tektonik yeri (SC: Sakarya Kıtası, ACB: Adana-Kilikya Havzası, EAAC: Doğu Anadolu yığışım karmaşığı, R ve K: Riou ve Khoura çöküntüleri) (Şengör ve Yılmaz 1981)

İnceleme alanını içerisinde bulunduran Çankırı Havzası, Kretase – Eosen zaman aralığında Sakarya Kıtası ve Kırşehir Bloğunun yaklaşmasıyla oluşmuştur. (Şengör ve Yılmaz 1981, Görür vd 1984, Koçyiğit 1991a).

Tüysüz ve Dellaloğlu 1992'ye göre bölge Permian'de karbonat platformu halindeyken, Permian sonu Triyas aralığında parçalanarak Karakaya Denizi oluşmuştur. Bu deniz Triyas'ta kapanmış ve bu denizden arta kalanların metamorfizması ile Sakarya Kıtası'nın temeli oluşmuştur.

Liyas – Geç Kretase arasında genişlemeli bir rejimin etkisi altında olan bölgede riftleşmeyle birlikte İntra-Pontid Okyanusu ve İzmir – Ankara – Erzincan Okyanusları oluşmuştur. Geç Kretase'de Sakarya Kıtası ile Kırşehir Bloğunun arasındaki Neo-Tetis'in

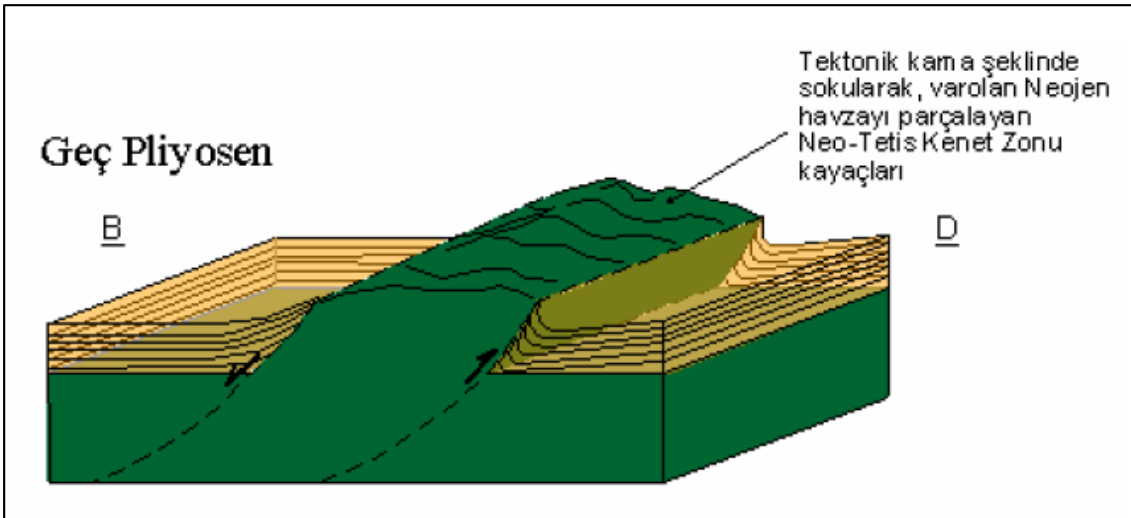
kuzey kolu kapanmaya başlamış ve Kretase sonunda çarpışmıştır. Çankırı Havzası bu kapanmadan sonra oluşan maksimum basınç yönündeki kırıklar tarafından kontrol edilen Kuzey – Güney gidişli bir riftleşme ile oluşmuştur (Tüysüz ve Dellaloğlu 1992).

Görür vd (1998)'e göre ise İç Torid okyanusu Orta Eosen'in sonunda kapanmış ve Sakarya Kıtası ile Kırşehir Bloğu çarpışmıştır. Çankırı Havzası bu çarpışma sonucunda doğrultu atımlı bir faylanma ile günümüzde konumunu almıştır.

Koçyiğit (1991b) ve Koçyiğit (1992)'ye göre KB orta Anadolu'da Geç Miyosen'e kadar çarpışma sonrası sıkışmalı rejim, Geç Miyosen sonrasında doğrultu atımlı faylanmayla ilişkili KB-GD doğrultulu bir sıkışmalı rejim hakimdir. Geç Pliyosen'de sıkışma doğrultusu KB-GD'dan K-G Doğrultusuna dönmüştür.

Koçyiğit vd. (1995)'e göre Sakarya Kıtası, Kırşehir Masifi çarpışması Geç- Erken Pliyosen'e kadar sürmektedir. İnceleme alanında çok geniş bir alanda mostra veren ofiyolitik melanj kayaçları, bindirme dilimleri ve aktif kenar depolarını da içeren güney yönlü bir tektonik taşınma bu sürede gelişmiştir. Oligosen – Erken Pliyosen zamanında havzada kıtasal molas sedimantasyonu ve volkanik aktiviteler meydana gelmiştir. Geç – Erken Pliyosen ile birlikte gravite çökmesine bağlı yeni bir tektonik rejim egemen olmuştur.

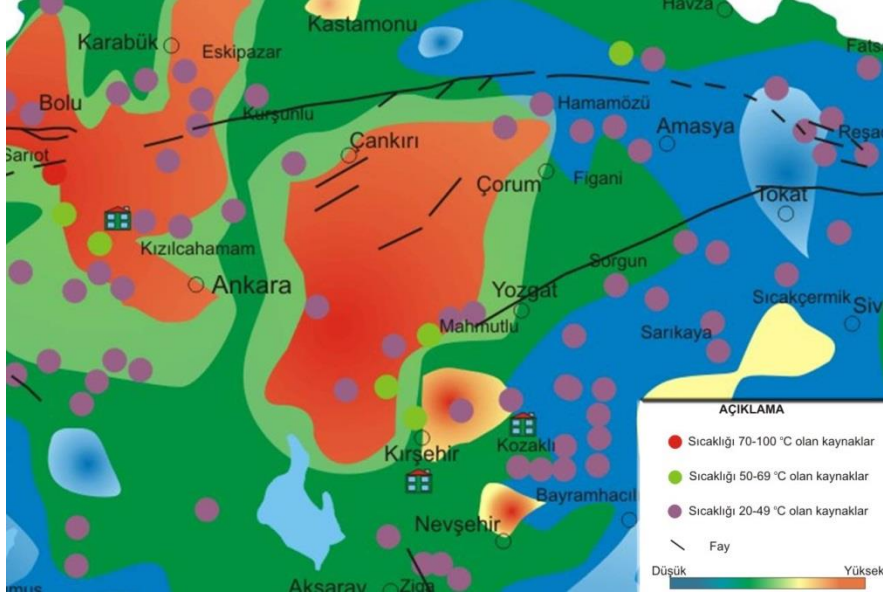
Seyitoğlu vd (1997)'e göre çarpışmaya bağlı olarak gelişen sıkışmalı rejim Erken Miyosen'de sona ermiş, Erken Miyosen Pliyosen aralığında orojenik çökmeye bağlı olarak genişlemeli bir tektonik rejim hakim olmuştur. Seyitoğlu vd (2000)'e göre Neo – Tetis kenet zonunun doğu kenarında bindirme batı kenarında normal fay bulunmaktadır. Pliyosen'e kadar önceki çalışması ile ilgili görüşlere bağlı kalmakla birlikte Pliyosen'den günümüze inceleme alanının tektonik rejimini Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Kırıkkale – Erbaa Fayı arasında sıkışmakta olan tektonik bir kama olarak açıklamıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Var olan Neojen havzayı parçalayan tektonik kamanın gelişimini gösteren blok diyagramlar (Esat 2004)

2.2. İnceleme Alanı Çevresindeki Jeotermal Alanlar

İnceleme alanı orta – yüksek sıcaklıklı birçok jeotermal sistemin oluşmasında etkili olan KAFZ'a yakındır ve KAFZ bölgenin neotektonik rejimini oluşturan en önemli etmenddir. KAFZ dışında inceleme alanına yakın konumda bulunan Çankırı Fayı, Kırıkkale – Erbaa Fayı, Sungurlu Fayı gibi aktif tektonik elemanlarının hareketleri ile birçok jeotermal sistem gelişmiştir (Şekil 2.3). Bunlar; Karakoçaş (21°), Çavundur (54°), Atkaracalar (19°), Kösehamam (26,5°)'dir.



Şekil 2.3. Çankırı civarındaki tektonik yapılar ve jeotermal kaynaklar (MTA)

3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada temel olarak arazi gözlemleri ve elektrik rezistivite ölçümleri kullanılmıştır. Bunlara yardımcı olarak hidrojeokimyasal analizleri yaptırılmış ve doğal potansiyel ölçümleri alınmıştır.

3.1. Arazi Gözlemleri

Çalışma alanının jeolojik yapısını ortaya çıkarmak için 108 km² lik alanın detaylı jeolojik harita çalışmaları yapılmıştır. Birim sınırları MTA'nın 1/25000'lik haritaları baz alınarak takip edilmiş, düzeltilmiştir.

Jeoloji haritasının yanı sıra tektonik haritası için birimlerden ölçüler alınmış ve bu ölçülerle yapısal analizleri yapılmıştır.

3.2. Jeofizik Çalışmalar

Yeraltı suyu kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanımı araştırma, değerlendirme ve işletme aşamaları sonucunda gerçekleştirilmektedir. Suyun yeraltında toplanıp hareket etmesi ile içinde bulunduğu ortam arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bu yüzden yeraltı sularının aranıp bulunmasındaki başarı, ortamının jeolojisinin iyi bilinmesine bağlıdır. Araştırma aşamasında yerüstü ve yeraltı jeolojik – jeofizik yöntemler yardımı ile verimli akiferler saptanmaktadır. İşletme aşamasında ise akiferin amaca uygun şekilde geliştirilmesi için gerekli stratejinin seçimi ve işletmenin hidrolik sisteme etkisi ele alınmaktadır.

Bölgedeki yeraltı suları soğuk sulardır. Yeraltı sularının beslenmesi drenaj alanlarından gelen suların sızıntısı ve satıhtan gelen süzülme ile olmaktadır.

Yeraltı suyu bakımından en önemli formasyonlar stratigrafik olarak Eldivan ofiyolitlerinin üzerinde bulunan çakıltaşı ve kumtaşı birimleridir. Poroziteleri dolayısı ile iyi bir akiferlerdir. Bunların üzerinde gelen neojen kongolomeraları da bol miktarda su taşıma özelliğindedir. Serbest akiferler niteliği taşıyan alüvyonlar bölgede su alınabilecek pekleşmemiş gözenekli akiferi oluştururlar. Bölgedeki akiferlerin geneli serbest akifer niteliğinde olup, yeraltı suyunun yüzeyden beslendiğini göstermektedir.

Ülkemizde jeotermal araştırmalar genellikle mevcut sıcak su kaynaklarının yakınında yapılmakta ve bu sıcak suları yüzeye taşıyan grabenin kenar faylarını kesecek şekilde sondajlar yapılmaktadır. Sondajlarda soğuk yeraltı suyu ile karışmış jeotermal akışkana ulaşıldığında bununla yetinilmektedir.

ABD'nin batı eyaletlerinde ve İzlanda'da sıcaklığı 200°C'den düşük sistemler araştırılmıştır. Ancak derin jeofizik araştırmalar sonucunda 285°C hazne kaya sıcaklıklarına ulaşan derin dolaşimli sistemlerin ortaya çıkmasıyla jeotermal enerji potansiyelinin 5-10 kat artabileceği öngörülmektedir (Demirel vd 2004).

Jeotermal aramanın amacı; enerjinin ekonomik olarak üretilebileceği bir jeotermal sistemin bulunmasıdır. Arama felsefesi, aramacının büyük bir alanda aramaya başlaması,

veri elde edildikçe alanın daraltılması ve kaynak yeri tespit edilinceye kadar devam etmesidir.

Jeotermal enerji potansiyelinin araştırılacağı sahanın ayrıntılı jeolojik, jeofiziksel ve jeokimyasal çalışmaları sonucunda sondaj yapılacak noktalar saptanır.

Yöredeki mevcut sıcak su kaynakları ile korele edebilmek için Karakoçuş Kaplıca'sının yakınında derin düşey elektrik sondaj (DES) ölçüsü alınmıştır. Düşey elektrik sondaj eğrisine bakıldığında 800-900m derinliğinde açılacak sondajda sıcak su akifere girileceği öngörülmektedir.

Jeotermal enerji aramasında, diğer enerji ve hammadde kaynaklarının aranmasında olduğu gibi, ilk adımda jeotermal etkinlik alanının ve yakın çevresinin ayrıntılı jeolojik etüdü yapılır, jeokimyasal veriler toplanır ve yorumlanır. Daha sonra jeolojik yorumu ile jeofizik çalışmanın yapılacağı hedef alanlar belirlenir. Belirlenen bu alanlarda, yeraltı yapısal modelini ortaya çıkarmak, tektonik etkinlikleri belirlemek, derinlik boyutunu saptamak, jeotermal enerji açısından aktif olabilecek zonları ortaya çıkarmak için ayrıntılı jeofizik etütleri yapılır (Çağlar vd 1999). Jeofizik araştırmalarda çeşitli arama yöntemleri uygulanır. En yaygın olarak kullanılanları ise Elektrik, Elektromanyetik, Gravite, Manyetik, Sismik yöntemlerdir.

Jeofizik elektrik ve elektromanyetik yöntemlerin diğer yöntemlerden en önemli farkı ve üstünlüğü, bazı elektrik değişkenlerin jeotermal aktivitelere etkilenerek sıcak alanlara ait doğrudan veri üretilebilmeleridir (Bayrak vd, 2011).

Jeotermal enerji arama çalışmalarında oldukça sık kullanılan, bazı durumlarda tek belirleyici olan jeofizik yöntem, elektrik özdirenç yöntemidir. Bu çalışmada elektrik özdirenç yöntemi uygulanmıştır. Elektrik özdirenç (rezistivite) uygulamaları sonucunda, yeraltının yapısı, çatlak ve kırık sistemleri, sıcak ve soğuk zonlar, jeotermal aktivitenin yeri, derinliği, niteliği ve sınırları iyi bir şekilde saptanarak doğrudan çözüme gidilir.

3.2.1. Jeofizik çalışmalarının amacı

Eldivan sahasında yapılan jeofizik rezistivite uygulamalarından, araştırma sahasının jeotermal enerji potansiyelinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla sahadaki çökel (sedimanter) birimlerin kalınlıkları bulunarak, yeraltında yer alan Eldivan ofiyolit melanjinin temel kayaç kalınlığının derinliğini ve topografyasını çıkarmak ve Eldivan ofiyolit melanjinin içindeki birimlerin seviyelerini belirlemektir.

Örtülü alanlardaki jeolojiyi aydınlatarak, yeraltı yapısını ve etkin olan tektonizmayı aydınlatmak, jeotermal enerji aktivitesinin yoğun olduğu yerleri belirleyerek, muhtemel sıcak alanın sınırlarını belirlemek, olası sıcak akışkanın yeraltı yapısı ve tektonizma ile olan ilişkisini belirleyerek, jeotermal sistemi ve özelliklerini aydınlatmak, muhtemel jeotermal enerjiyi taşıyan akışkanı ortaya çıkarabilmek için sondaj lokasyonları önermektir.

3.2.2. Uygulanan jeofizik çalışmalar

Yüzeiden yapılan jeofizik çalışmalarda, çok sayıda parametre ölçülerek yeraltı aydınlatılmaya çalışılır. Her fiziksel parametre bir fizik kuralı ile izah edilir. Aradığımız parametreleri temsil eden jeofizik yöntem ya da yöntemler seçilir ve uygulanır. Eldivan sahasında jeoelektrik yöntemlerden, jeotermal enerji aramalarında en başarılı ve belirleyici yöntem olan elektrik rezistivite yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla sahada 17 noktada 1500 metre derinliğinde DES ölçümü yapılmıştır.

3.2.3. Jeofizik çalışmaların yöntemi

Elektrik rezistivite yöntemi Schlumberger elektrot dizilimi ile yapılmıştır. Potansiyel fonksiyonun gradient değerinin ölçüldüğü bu dizilimde yanal etkilenmeler azalmakta ve etkin girişim derinliği artmaktadır. Özellikle derin araştırmalarda yaygın olarak kullanılır.

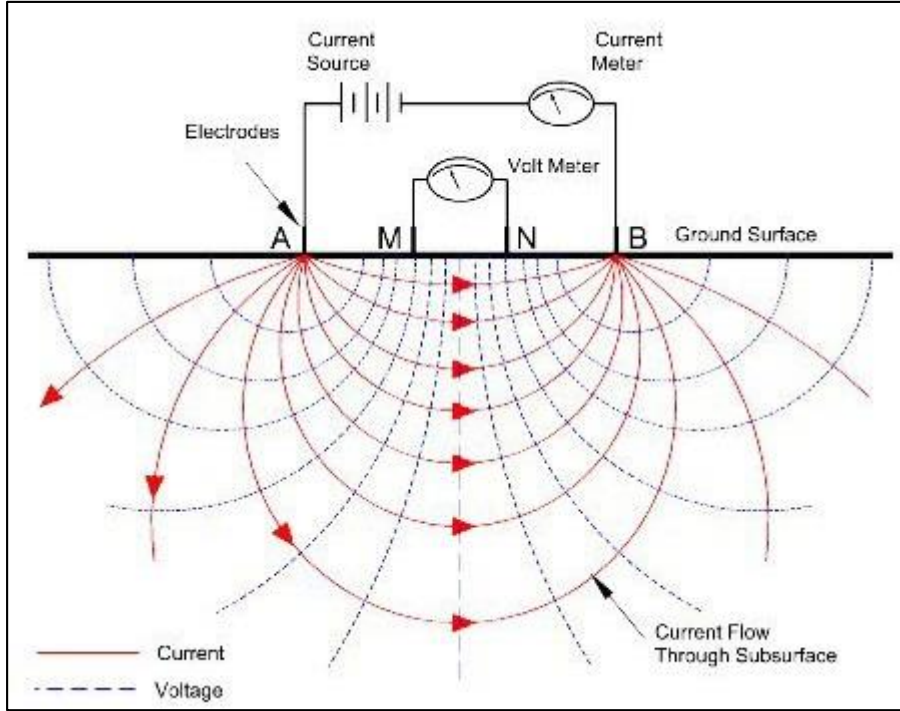
Schlumberger elektrot diziliminde kuramsal ölçü derinliği, akım elektrotları yarı açıklığı ile ifade edilir (Şekil 3.1). Yöntemin uygulanmasında yarı açıklık değeri, formasyonun cinsine, fiziksel özelliklerine, yeraltı yapısına ve hedeflenen araştırma derinliğine göre değişir. Sahadaki öz direnç uygulamalarındaki açılım yönlerinin seçimi, yüzey jeolojisine, tabaka konumlarına, topografik yapıya ve özellikle sahanın fiziki şartlarına bağlıdır. Yönteminin uygulanmasındaki açılım yönlerinin aynı olmasına özellikle dikkat edilir. Böylece yanal ve bozucu etkiler azaltılır, yöne bağımlılık giderilmiş olur. Böylece elektrik akımının etkin girişimi sağlanarak, gerçek derinliklere ulaşılır.

Elektrik öz direnç (rezistivite) hesaplamalarında aşağıda yer alan 3.1 numaralı formül kullanılmıştır. Bu formül içerisinde yer alan geometrik faktör formülü ise 3.2 numaralı formülde verilmiştir.

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (I) \quad 3.1$$

$$K = \frac{|AB|^2 - |MN|^2}{4|MN|} \pi \quad (II) \quad 3.2$$

Pa	: Görünür Öz direnç	(ohm.m)
ΔV	: Ölçülen pot farkı	(mV)
I	: Yere uygulanan akım	(mA)
K	: Elektrot dizilim katsayısı	
AB/2	: Akım elektrotları yarı açıklığı	(m)
MN/2	: Pot elektrotları yarı açıklığı	(m)

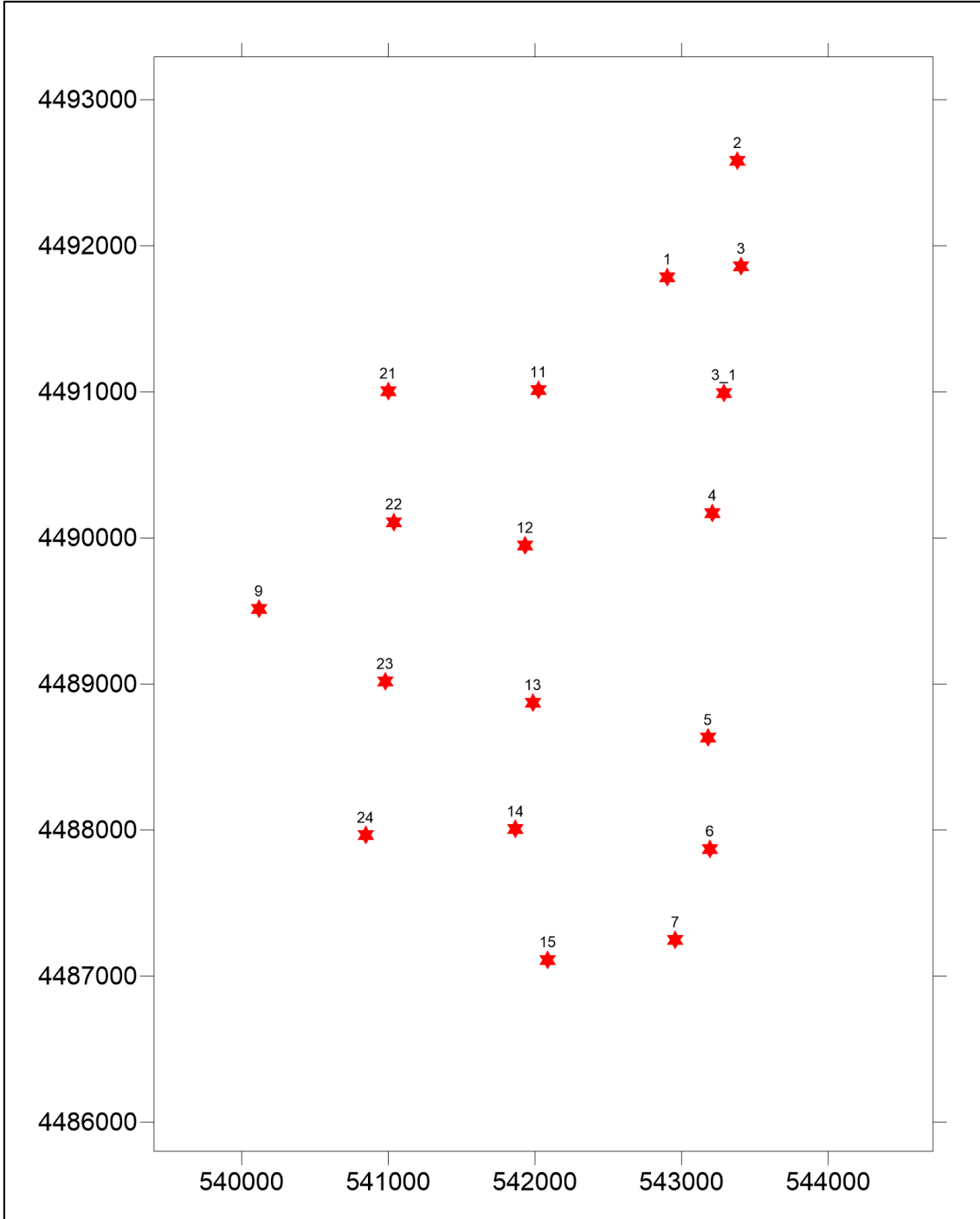


Şekil 3.1: Temel elektrik rezistivite prensiplerini gösteren çizim (A ve B akım elektrotları, M ve N potansiyel elektrotlarını temsil etmektedir) (<http://www.nga.com>)

Elektrik rezistivite çalışmaları boyunca sıcak su aramalarında tercih edilen yöntem olan Schulumberger yöntemi kullanılarak 1500m derine kadar jeolojik yapıların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu noktalar çalışma alanının jeolojisi ve tektonik yapısı göz önüne alınarak seçilmiştir (Şekil 3.2).

3.2.4. Kullanılan ekipmanlar

Ölçüler DR modeli bir cihazla yapılmıştır (Şekil 3.3). Doğal gerilimi ± 500 mV kapasitesinde dengeleme hassasiyetine sahip duyarlılığı 0.01 mV olan ve iç güç kaynağı 9 voltluk iki adet pille sağlanan bir cihazdır. Ekipmanın verici ünitesinin çıkış gücü 300 volt ve 2 ampere kadardır. Akım elektrotları paslanmaz çelikten yapılmış çubuk elektrotlar, potansiyel elektrotları ise bakır sülfat eriğiği içeren polarize olmayan elektrotlar kullanılmıştır. Akım iletim kablosu ise bakırdan yapılmış, çift izolasyonlu sahra kablosu kullanılmıştır. Haberleşme el telsizleri ile yapılmış ayrıca topografik etkisi en aza indirmek için akım ilerlemeleri GPS ile yapılmıştır.



Şekil 3.2. Düşey elektrik sondajlarının lokasyonları

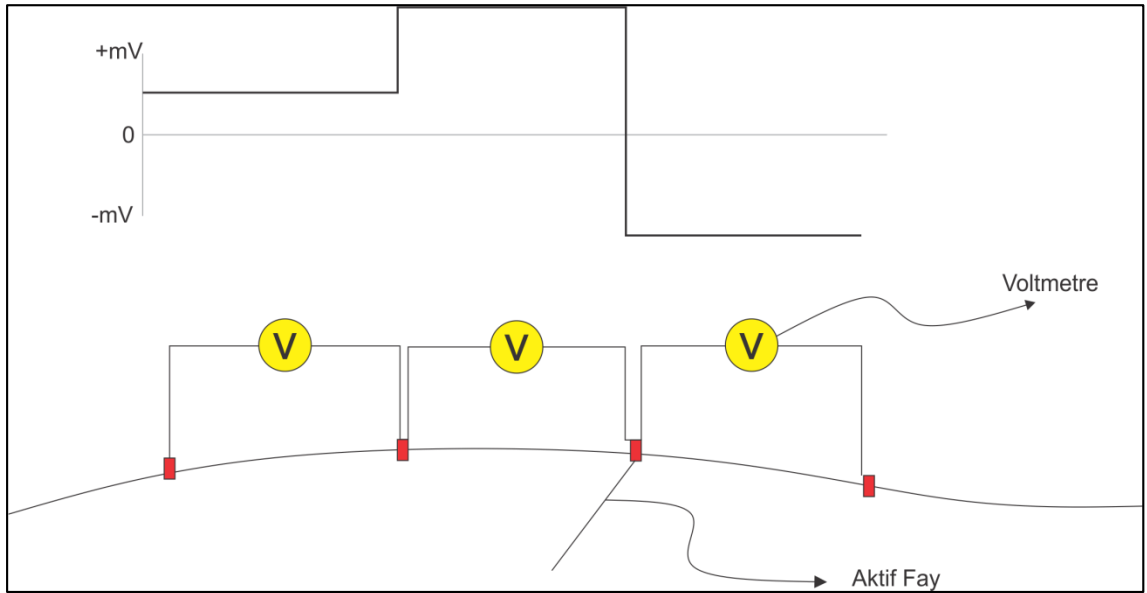
3.2.5. Doğal potansiyel (SP) çalışmaları

Jeolojik gözlemler ve rezistivite ölçümleri çalışma alanında tektonik yapılar (faylara) ait emareler göstermiştir. Bu fayları kesecek şekilde 2 profil boyunca SP ölçümleri alınmıştır (Ek – 1, Ek – 2).



Şekil 3.3. Doğru akım elektrik rezistivite cihazı

SP ölçümleri fay düzlemlerinin çoğunlukla su barındırmasından dolayı yer içerisinde çevresine göre farklı bir doğal potansiyele sahip olması özelliğinden faydalanılarak yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalarla aktif fayların yeraltında konumlandırılması yapılabilmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Doğal potansiyel ölçümü ve yorumlanması

3.3. Hidrojeokimyasal Analizler

Jeotermal sistemlerin belirlenmesi çalışmaları genellikle bölgede varlığı bilinen sıcak ya da mineralli suların hidrojeokimyasal analizleri ile başlamaktadır. Bu analizler ile mevcut suyun kimyasal içeriği ile jeotermal sistemlerle ilişkisi araştırılabilmekte, çeşitli jeotermometrelerle kaynak sıcaklığı tahmin edilebilmekte ve çeşitli sınıflandırmalara tabi tutularak suyun tipi bulunabilmektedir.

Çalışma alanı ve yakınında bulunan doğal kaynakların bazıları mineralli su emaresi göstermektedir. Bu kaynaklardan Gözdöken Bağları civarındaki gaz çıkışı görülmesi ve acı bir tadı olması dolayısı ile bu kaynaktan numuneler alınmış ve Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde hidrojeokimyasal analizleri ve yorumları yaptırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

İnceleme alanında yapılan jeolojik, jeofizik ve hidrojeokimyasal analizler sonucunda çalışma alanında derin dolaşımli suların olup olmadığı araştırılmış, var olan suların jeotermal sistemlerle ilişkisi, tektonik ve jeolojik faktörler yardımıyla ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmalarda kullanılmak üzere ilk önce bölgenin stratigrafisi ele alınmış ve MTA tarafından inceleme alanını içerisine alan paftalar mevkiinde çalışmalar yapılmış, ek olarak bazı düzeltmelerle bölgenin jeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.1).

Bölgede yapılan arazi gözlemleri ve alınan jeolojik yapılara ait ölçümler yardımıyla bölgenin yapısal evrimi yorumlanmaya çalışılmış, bu amaçla yapısal kontur diyagramları hazırlanmış ve değerlendirilmiştir. Jeolojik harita ve enine kesitler, önceki çalışmalar ve yine arazi gözlemleri deneştirilerek bölgenin ölçeksiz stratigrafik istifi ortaya konulmuştur (Şekil 4.2). Jeofizik çalışmalar ile çalışma alanının değişik derinlikler için eşrezistivite haritaları çıkarılmış ve bunlar yorumlanmıştır.

Yine jeofizik çalışmalar ile SP ölçümleri alınış ve loglar hazırlanmıştır. Bu loglar jeofizik ve jeolojik kesitlerle karşılaştırılmıştır. Hidrojeokimyasal analizler yorumlanarak alınan numunelerin derinlik ve jeotermal ilişkileri irdelenmiştir.

4.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi

Çalışma alanında Neojen öncesine ait birimler Eldivan ofiyolitleridir. Neojen birimler ise yaşlıdan gence doğru Kumartaş formasyonu, Çankırı üyesi, Hañçili formasyonu, Bozkır formasyonu, Değim formasyonu olarak tanımlanmıştır.

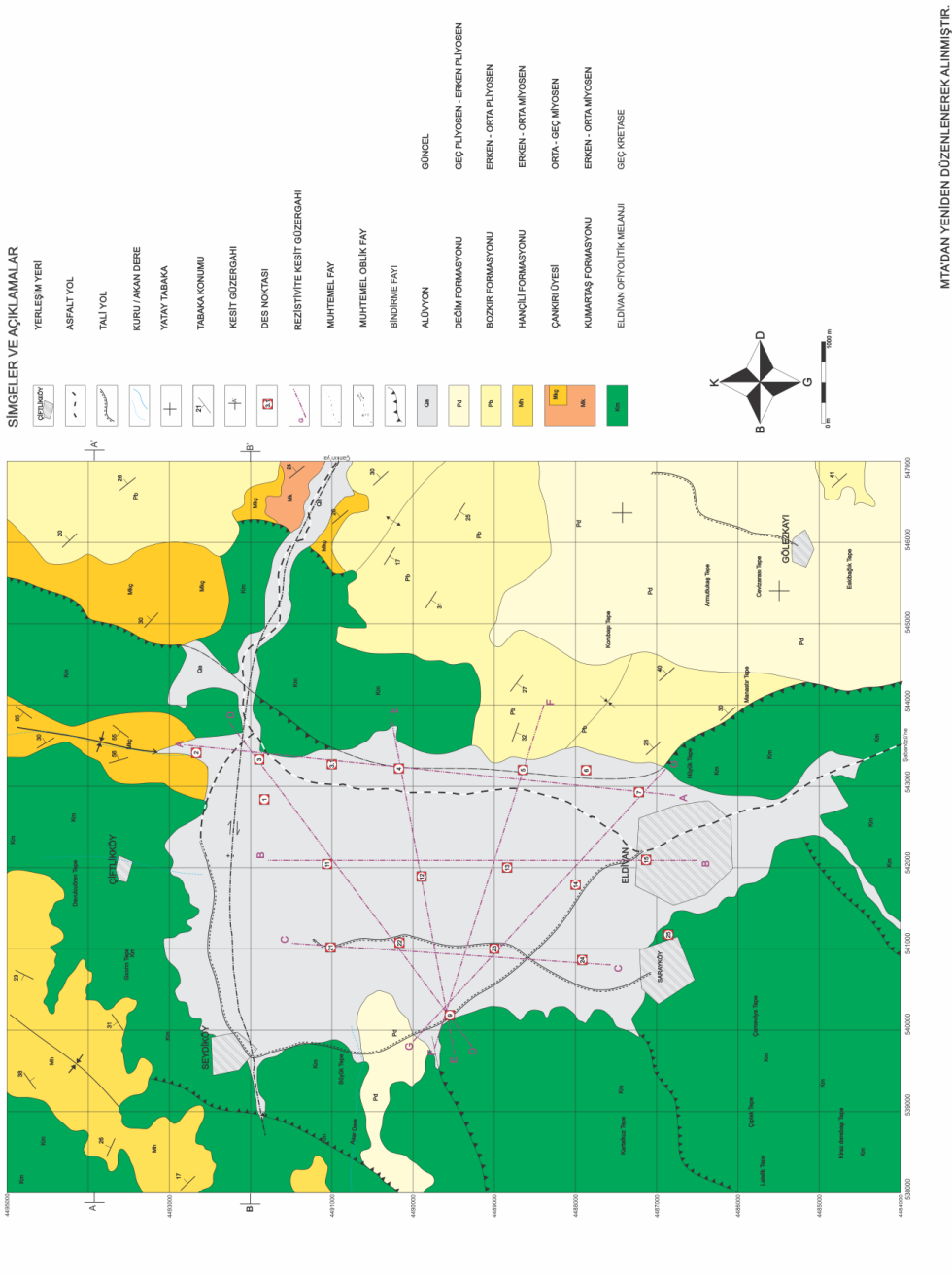
4.1.1. Eldivan ofiyolitleri

Tanım ve Litoloji: Eldivan ofiyoliti alttan üste doğru; volkanik-sedimanter seri (Şekil 4.3).(bazalt, radyolarit, çört, çamurtaş), metamorfik seri (amfibolit, epidozit, mermer, kuvarsit), tektonitler (dünit, harzburjit), kümülatlar (dünit, piroksenit, gabro, diyorit, plajiyogranit) ve levha daykları ile temsil edilir (Akyürek vd 1979) (Şekil 4.4).

Stratigrafik ilişki: Ofiyolitler bölgede allokton olarak izlenir. Ofiyolitleri oluşturan litolojiler genellikle köksüz, taşınmış olup tektonik dokanaklara sahiptirler (Akyürek vd 1979). Çalışma alanında yer alan Kumartaş formasyonu tarafından örtülürler (Üner, 2011).

Yaş: Ofiyolitlerin bölgeye Akyürek vd (1979)'ne göre Barremiyen'den sonra, Senamoniyen – Turoniyen'den önce olsalıkli Austriyen fazı sırasında bölgeye yerleşmiştir.

ELDİVAN (ÇANKIRI) YÖRESİ JEOLJİ HARİTASI



Şekil 4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası

Devir	Devre	Litoloji	Formasyon	Açıklama
Pleyistosen	Üst		Alüvyon	Açılı Uyumsuzluk
	Alt		Değim formasyonu	
Pliyosen	Üst		Bozkır formasyonu	Açılı Uyumsuzluk
	Orta			
	Alt			
Miyosen	Üst		Hançili formasyonu	Açılı Uyumsuzluk
	Orta		Çankırı Üyesi	
	Alt		Kumartaş Formasyonu	
Kretase	Üst		Eldivan ofiyolitleri	Nonkonformite

Şekil 4.2. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafi kesiti (ölçeksiz)

Yorum: Eldivan Ofiyoliti kıta üzerine yerleşiminden sonraki bir dönemde, muhtemelen Geç Miyosen’de, bu birimler üzerine itilerek, kıvrımlanma ve kırıklanma şeklinde gözlenen bir deformasyona neden olmuştur. Bu durum, Geç Miyosen’de bölgede Kuzey-Güney doğrultulu bir sıkışmanın egemen olduğunu, Eldivan ofiyolitini kapsayan bloğun güneye doğru kendi örtüsü üzerine bindirdiğini göstermektedir.



Şekil 4.3. Eldivan ofiyolitlerinin genel görünümü (Ekinler Deresi)



Şekil 4.4. Ofiyolitik seri içerisindeki radyolarit ve çörtler (Eldivan - Şabanözü Yolu)

4.1.2. Kumartaş formasyonu

Tanım: Kumartaş formasyonu ilk kez Akyürek vd (1980) tarafından isimlendirilmiştir. Koçyiğit vd (1995) tarafından Aslantaş, Kaymakçı (2000) tarafından ise Altıntaş formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada orijinal ismi kullanılmıştır.

Litoloji: Kahverengi, Bordo ve kırmızı renkli çakıltası, çamurtaşı ve kumtaşlarının ardalanmasından oluşur (Şekil 4.5).

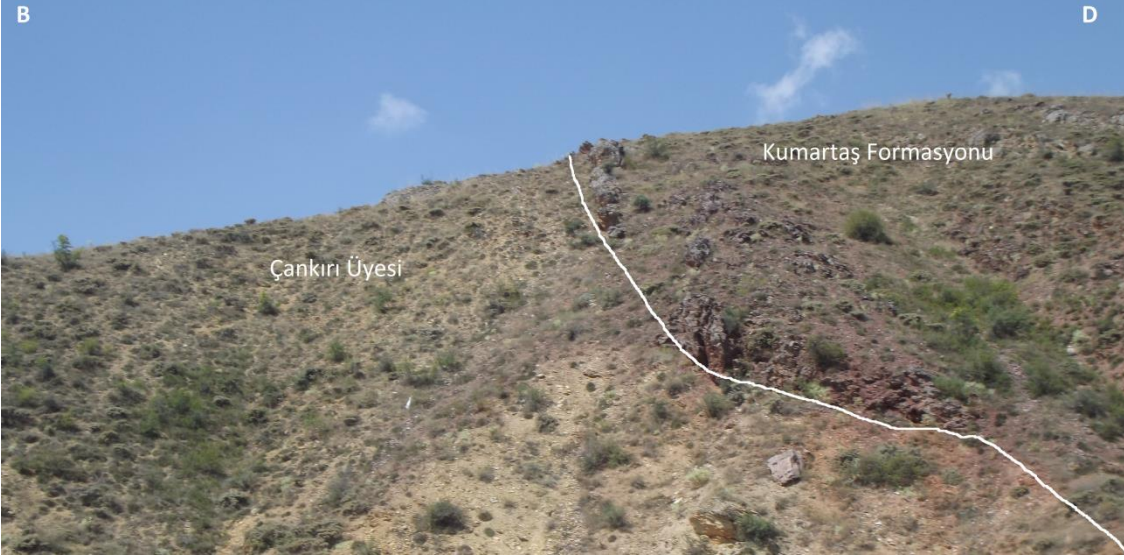
Stratigrafik ilişki: Çalışma alanında Kumartaş formasyonu ofiyolitlerin üzerini örter. Formasyon yanıl ve düşey olarak Çankırı üyesi ve Hançili formasyonu ile geçişli ve uyumludur (Şekil 4.6).

Yaş: Çalışma alanındaki en yaşlı Neojen birimdir. Karadenizli vd (2004)'ne göre formasyonun yaşı Erken-Orta Miyosen'dir.

Yorum: Kumartaş formasyonu genel olarak kaba kırıntılı tortul yapısı kırmızı-turuncu bir renge sahip olması ve mikro memeli fosilleri içermesi nedenleri ile alüvyal bir ortamda çökelmiştir (Akyürek vd 1980). Birim içinde akarsu taşınımını işaret eden kanal dolgularının gözlenmesi bir alüvyal yelpazeye işaret etmektedir.



Şekil 4.5. Kumartaş formasyonun içerisindeki çakıltaları



Şekil 4.6. Kumartaş formasyonu ile Çankırı üyesinin sınırı

4.1.3. Çankırı üyesi

Tanım: Çankırı şehir merkezi ve çevresinde tip kesiti görülen Çankırı Üyesi ilk olarak Esat (2004) tarafından tanımlanmıştır. Litolojik ve yaş olarak Kumartaş formasyonuna benzerliği sebebiyle ayrı bir formasyon olarak değerlendirilmemiştir.

Litoloji: Üyenin genel litolojisi konglomera, çamurtaşı ve kumtaşı ardalanması şeklindedir (Şekil 4.7). Konglomera içerisinde ofiyolitlere ait çeşitli kayaç parçaları bulunmaktadır ve bu parçalar blok boyutuna kadar değişiklik göstermektedir.

Stratigrafik ilişki: İnceleme alanında Çiftlikköy'ün güneyinde ofiyolit temelin üzerine uyumsuz olarak yer almaktadır. İnceleme alanının kuzeydoğusunda ise kendisinden genç birimler tarafından da uyumlu olarak örtülmektedir.

Yaş: Arazi çalışmaları sırasında Çankırı üyesinin içinde herhangi bir fosil bulunamamıştır. Karadenizli vd (2004) birime Hançili formasyonunda bulunan fosile göre Orta Miyosen yaşını vermiştir.

Yorum: Çankırı üyesi alüvyal yelpaze tortuludur. İstifin kuzeydoğusuna doğru gittikçe artan killi-siltli seviyeler, batı-güneybatıya doğru gittikçe azalmakta ve kaybolmaktadır. Bu da bize yelpazenin proksimal (yakınsak) kısmının batıda, distal (ıraksak) kısmının ise doğuda olduğunu göstermektedir (Esat 2004).



Şekil 4.7. Çankırı üyesinin genel görünümü (Çankırı Yolu)

4.1.4. Hañçili formasyonu

Tanım: Hañçili Formasyonu ilk kez Akyürek vd (1980) tarafından isimlendirilmiştir. Çalışma alanının kuzey batısında Seydiköy'ün kuzeyinde ofiyolitlerin üzerinde gözlemlenmektedir.

Litoloji: Hañçili formasyonu, gri-yeşil renkli marn-çamurtaş ardalıması, silttaşı, kumtaşı ve konglomeradan oluşmaktadır (Şekil 4.8).

Stratigrafik ilişki: Önceki çalışmalarda Hañçili formasyonu Kumartaş formasyonu ve Çankırı üyesi ile yanall geçişli ve Kumartaş formasyonunun üzerine uyumlu olarak geldiği belirtilmiştir (Karadenizli vd 2004). Çalışma alanında bu birimin Neojen birimlerle bir dokanağı gözlemlenememektedir.

Yaş: İnceleme alanında birim içerisinde fosile rastlanmamakla birlikte Karadenizli vd (2004), çalışma alanının yakınlarında, Çapar Köyü civarında elde edilen fosil bulgusu ile birime Orta Miyosen yaşını vermişlerdir.



Şekil 4.8. Hançili formasyonunun genel görünüşü (Seydiköy'ün kuzeybatısı)

Yorum: Gölsel ortamı temsil eden Hançili formasyonunda göl kıyısı ve göl merkezlerinde birbirinden farklı litolojiler bulunmaktadır. Göl kıyısında konglomera-kumtaşı gibi daha iri taneler bulunurken, göl merkezlerinde organik malzemece zengin kıltaşı, killi kireçtaşı, çamurtaşı ve silttaşı çökelmiştir (Savaşçı ve Seyitoğlu 2004).

4.1.5. Bozkır formasyonu

Tanım: Bozkır formasyonu ilk olarak Birgili vd (1975) tarafından tanımlanmıştır. Birimin tip yeri Çankırı – Kızılırmak yolundaki Bozkır Köyü'dür.

Litoloji: Çalışma alanının doğu kısmında oldukça geniş bir alanda yüzlek vermektedir. Beyaz rengi ile diğer formasyonlardan kolayca ayırt edilebilmektedir. Birim tabakaları oldukça az eğimlidir. Genel litolojiyi jips ve anhidritler temsil etmekle birlikte killi, siltli seviyeler gözlemlenmektedir (Şekil 4.9, Şekil 4.10).

Stratigrafik ilişki: Bozkır formasyonu çalışma alanının kuzey doğusunda Kumartaş formasyonu Çankırı üyesi ile dokanak yapmaktadır fakat birim içerisinde alt seviyelerde bulunan killi siltli seviyeler sebebiyle sınır net olarak izlenememektedir. Birimin üstünde ise uyumsuz olarak Değim formasyonu bulunmaktadır.

Yaş: İnceleme alanında yaşlandırmaya yönelik bir çalışma yapılmamış ve fosil içeriğine rastlanmamıştır. Karadenizli vd (2004)'ne göre formasyonun yaşı Erken-Orta Pliyosen'dir



Şekil 4.9. Bozkır formasyonu içerisindeki jipslerin genel görünüşü (Korubaşı Tepe'nin batısı)



Şekil 4.10. Bozkır formasyonunun genel görünümü (Manastır Tepe, Batı'dan Doğu'ya Bakış)

4.1.6. Değim formasyonu

Tanım: Formasyon Birgili vd (1975) tarafından adlandırılmıştır. Formasyonun tip yeri Yapraklı ve andır arasında bulunan havzanın kuzey tarafında yer almaktadır.

Litoloji: amurtaşı, kumtaşı ve sıkılaşmamış konglomeradan oluşan birim, kahverengi, kırmızı ve sarı renktedir (şekil 4.11, şekil 4.12).



şekil 4.11. Değim formasyonunu içerisindeki konglomera seviyesi (Korubaşı Tepe Güneyi, Güney'den Kuzey'e bakış)



şekil 4.12. Değim formasyonu içerisinde yer alan kumtaşı seviyesi (Eskibağlık Tepe kuzeyi, kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)

Stratigrafik ilişki: Değim formasyonu bölgedeki en geç birimdir ve uyumsuz olarak kendinden daha yaşlı birimleri örter. Çalışma alanının güneydoğusunda ise ofiyolitlerle arasında ters faylı bir sınır vardır.

Yaş: Arazi gözlemleri sırasında herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Kaymakçı (2000), formasyon içerisinde memeli fosilleri üzerinde çalışmış ve Geç Pliyosen yaşını vermiştir. Karadenizli (2004) ise formasyona Geç Pliyosen, Erken Pleyistosen yaşını vermiştir.

Yorum: Karadenizli (2011) Çankırı – Çorum havzasında yaptığı çalışmada formasyon içerisinde genel olarak 3 fasiyes belirlemiştir. Bunlar alüvyal fan çökelleri, örgülü akarsu çökelleri ve taşkın yatağı çökelleridir. Çalışma alanında incelenen mostralarda kendi içerisinde uyumsuz ve kötü boylanmalı bir istif sunması bu görüşü desteklemektedir.

4.1.7. Alüvyon

Çalışma alanı üç taraftan yükseltilemlerle sınırlandırılmış bir havza konumundadır. Bu sebeple çalışma alanı içerisinde yer alan alüvyon tabaka yer yer 150 metre kalınlığında olabilmektedir. Yapılan jeofizik çalışmalarla DES noktalarında ve bu noktalardan elde edilen jeofizik kesitlerde bu kalınlık değişkenlik göstermektedir.

4.2. İnceleme Alanının Yapısal Jeolojisi

Çalışma alanını içerisinde bulunduran Çankırı – Çorum havzası Geç Kretase’de açılmış ve Oligosen’de Neo-Tetis’in kapanmasının ardından büyük bir dağ arası havzaya dönüşmüştür. (Karadenizli 2011).

Geç Pliyosen’de dağ arası havzanın kapanmasının ardından neotektonik dönemde Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun kontrolünde gelişen ters faylar ve kıvrımlar gelişmiştir (Seyitoğlu vd 1997, 2000, 2009).

Çalışma alanının güncel tektonik mekanizmasını Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Sungurlu Fayı kontrol etmektedir. Bu bilgiler ile çalışma alanındaki birimler ve tektonik yapılar eşleştirildiğinde çalışma alanında izlenebilen ters fayların ve kıvrım eksenlerinin genelinin KD – GB gidişli olması açıklanabilmektedir.

4.2.1. Faylar

Çalışma alanının tektonik konumundan dolayı bölgede yer alan fayların çoğunluğu ters faylardır. Bu faylar Geç Pliyosen’e kadar süren dağ arası havzanın kapanması sonucu meydana gelen ters faylardır. Bu ters faylar ile ofiyolitler çalışma alanının batısında Pleyistosen yaşlı Değim Formasyonunun üzerinde görülmektedir. Bu tektonik ilişki bölgedeki aktif fayların çok genç olduğunu göstermektedir.

Ters faylar: Ters fayların genel gidişi K-KD’dan G-GB’yadır. Çalışma alanında yer alan morfolojik yapıların çoğunluğu bu fayların kontrolünde gelişmiştir. Çalışma alanının batısında yer alan Ekinler Deresi ters faylara ait fay çiziklerinin net olarak gözlemlendiği lokasyonlardan bir tanesidir. İncelme alanının güneybatısında oldukça geniş bir alanda yüzlek veren ofiyolitik kayaların içerisinde bulunan ters faylar, bu birim içerisindeki farklı seviyeler arasında sınırları oluşturmuştur (Derin deniz sedimentleri ile

serpantinler vs). Aynı şekilde burada yer alan vadilerin tabanlarında yine ters faylara ait fay çizikleri mevcuttur (Şekil 4.13, Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Eldivan ofiyolitleri'nde görünen tipik kayma izleri



Şekil 4.14. Eldivan ofiyolitleri'nin üst seviyelerindeki derin deniz çökellerinde görünen kayma izleri

Yanlar Boğazı Fayı: Eldivan – Çankırı yolu boyunca yol güzergahının geçtiği yanlar boğazında gözlemlenmektedir. B, KB – D, GD istikametinde; batıya doğru Eldivan ovasının kenarı boyunca yaklaşık doğu – batı istikametinde uzanır ve Seydiköy güneyinden geçerek vadi boyunca devam etmektedir.

Sağ yönlü oblik bir faydır. Fayın, bölge jeolojik, tektonik ve jeomorfolojik yapısının gelişiminde önemli bir rolü bulunmaktadır. Fayın hareketi ve doğrultusu, bölge yakınından geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu'na paraleldir.

Arazinin doğu sınırında Eldivan – Çankırı yolu üzerinde açılan yol yarmalarında fayın sağ yönlü oblik olduğu ve fay çizikleri belirlenmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Çankırı yolu üzerinde Yanlar Boğazı Fayına ait fay çizikleri

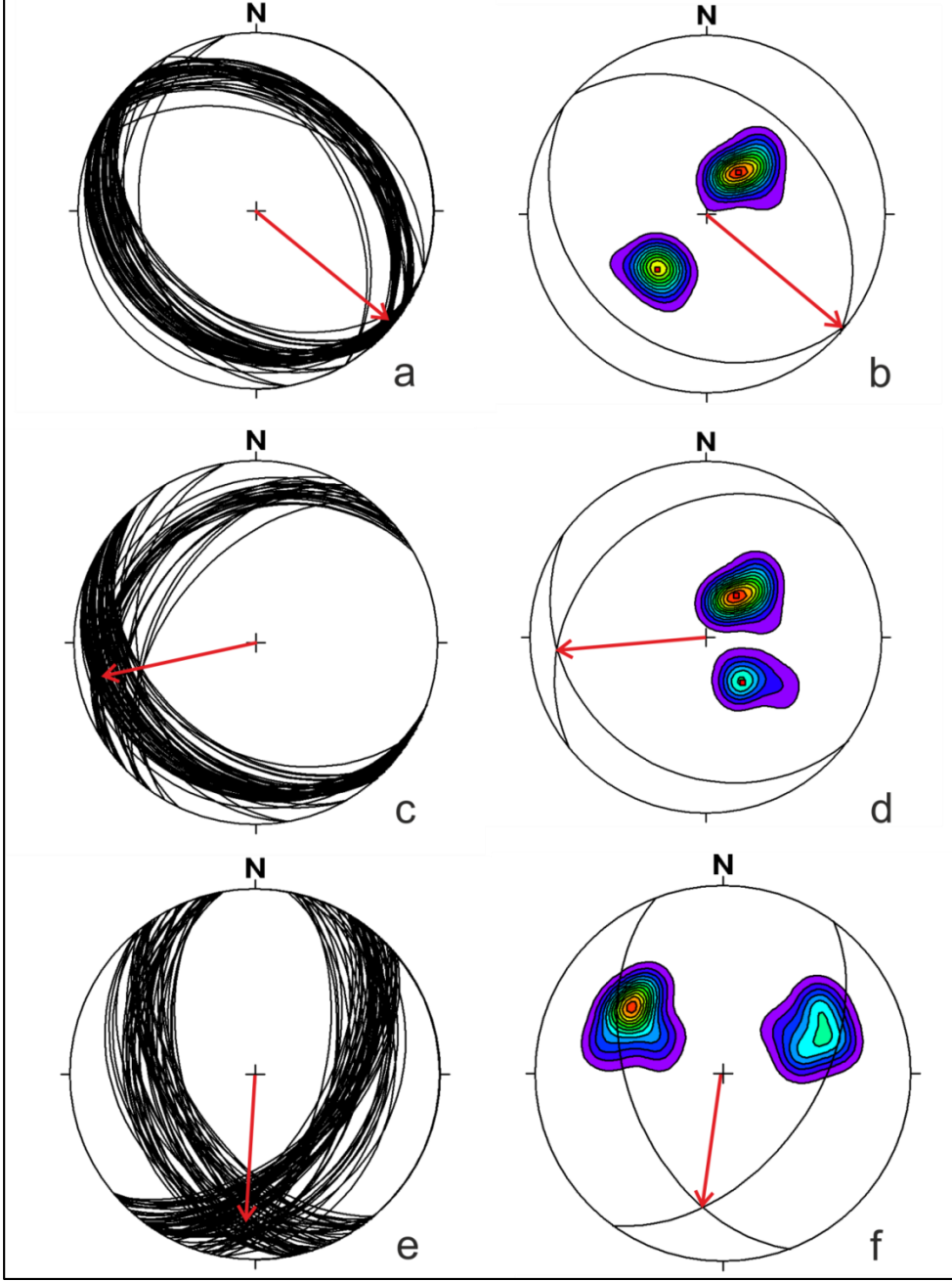
4.2.2. Kıvrımlar

Çalışma alanından alınan tabaka konumları ile hazırlanan kontur diyagramları ile kıvrım eksenlerinin konumları bulunmuştur. Bu eksenler ters faylarla paralellik göstermektedir.

Kıvrım eksenleri arazi çalışmalarında gözlemlenememekle beraber Çiftlikköy batısında gelişen vadinin iki kenarında Çankırı Üyesine ait tabakaların eğim yönleri burada dalımlı bir senklinal olduğunu göstermektedir. Bu senklinal ekseninin konumu: K12D/27GB'dir (Şekil 4.16 e ve f).

Daha genç birimlerden alınan ölçülerle hazırlanan diyagramda ise kıvrım eksenlerinin yataya yakın ve kıvrım kanatlarının daha düşük açılı olduğu gözlemlenmektedir. Eldivan'ın doğusunda mostra veren Bozkır formasyonu içerisinde gelişen antiklinalin konumu K50B/87GD (Şekil 4.17 a ve b) ve Çankırı yolunun güneyinde bu antiklinalin devamında yer alan senklinalin ekseninin konumu ise K78D/17GB'dir (Şekil 4.16 c ve d).

Neojen birimlerin dışında Eldivan ofiyolit serisinin üst seviyelerinde bulunan derin deniz çökelleri (radyolarit, çört, ince tabakalı kireçtaşları) oldukça kıvrımlı bir şekilde mostra vermektedir.



Şekil 4.16. Çalışma alanından alınan tabaka ölçümleri ile yapılan beta ve kontur diyagramları (a ve b Korubaşı Tepenin batısındaki senklinal, c ve d Çankırı yolunun güneyindeki antiklinal, e ve f Çiftlikköy'ün doğusundaki senklinal eksenlerinin konumlarını göstermektedir)

4.3. Jeofizik Çalışmaları

4.3.1. Jeofizik verilerin değerlendirilmesi

Doğru akım – özdirenç uygulamalarında yerin incelenen ve ölçülen özelliği, doğru akım girişimine karşı yerin gösterdiği özdirencidir. Özdirençteki değişimler formasyon sınırlarını, gruplanmalar ise süreksizliklere karşılık gelir. Yerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak yapılan yorumda, tabaka derinlikleri, kalınlıkları ve süreksizlikler belirlenir. Fakat benzer fiziksel özellik gösteren tabaka veya tabakalar zaman zaman yorum hatasına sebep olabilir. Çünkü akım geçişine karşı benzer direnç gösteren seviyeleri ayırmak zordur. Yöntemin teorisi, özdirenç – özdirenç farklılığına dayanır.

Sahada elektrik özdirenç ölçüsü alınan lokasyonlarda, bütün seviyelerin görünür özdirenç değerleri arazi uygulamaları sırasında alınmıştır. Görünür özdirenç değerleri derinliğin fonksiyonu olarak log-log grafiklere aktarılmıştır ve her DES noktası için bir grafik oluşturulmuştur. Böylece tüm lokasyonlarda en son derinlik seviyesine kadar olan ve düşey yeraltı elektrik yapısını gösteren DES grafikleri hazırlanmış olur. DES grafikleri model abaklarla çakıştırma yöntemiyle ve bazı yazılımlarla 1D inversiyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. İnversiyon (ters çözüm) tekniği, arazi verilerinden yola çıkarak yer yapısına ait değişkenlerin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. İşlevsel olarak ise, oluşturulan bir model için hesaplanan teorik DES grafiği ile arazide ölçülen özdirenç verilerinden oluşturulan DES grafiği arasında farkın minimize edilmesi şeklinde ifade edilir. Yani her iki grafiğinde (hem kuramsal grafik, hem de arazi grafiği) en iyi şekilde çakışması esasına dayanır.

Yapılan tüm değerlendirmelerin sonucunda ölçü alınan lokasyonların tamamında yüzeyden derine doğru geçilen tabaka ve katmanların gerçek özdirençleri, kalınlıkları ve derinlikleri belirlenmiştir. Son olarak da tüm sahanın yorumlanarak aydınlatılması amacıyla, hem bütün ölçülerin sonuçları ve hem de değerlendirmelerin sonuçları yatay ve düşey yönde oluşturulan harita ve kesitlere aktarılmıştır.

4.3.2. Eş rezistivite haritaların ve kesitlerin hazırlanması

Jeofizik özdirenç haritaları, sahadaki tüm DES lokasyonlarında aynı derinlik seviyesinde ölçüm sonucu saptanan değerlerden, yani görünür özdirenç verilerinden hazırlanmıştır. Bu haritalar, sahada değişik seviyelerdeki (derinlik) özdirenç dağılımını yansıtır. Özdirenç haritalarında yanal iletkenlik değişim verilerinden yararlanılarak, tektonik yapının ve sıcak alanların farklı derinliklerde yanal olarak takibi mümkün olmaktadır. Bu düşünce ile çalışma sahasını analiz ederek yorumlayabilmek için, amaca uygun olarak değişik teorik derinlikler için özdirenç haritaları hazırlanmıştır.

$AB/2 = 100$ metre, $AB/2 = 200$ metre, $AB/2 = 300$ metre, $AB/2 = 400$ metre, $AB/2 = 500$ metre, $AB/2 = 600$ metre, $AB/2 = 800$ metre, $AB/2 = 1000$ metre, $AB/2 = 1200$ metre, $AB/2 = 1400$ metre, $AB/2 = 1500$ metre teorik derinlikler için hazırlanan rezistivite seviye haritalarında, etüt sahasındaki düşey yöndeki özdirenç (rezistivite) dağılımı takip edilebilmektedir.

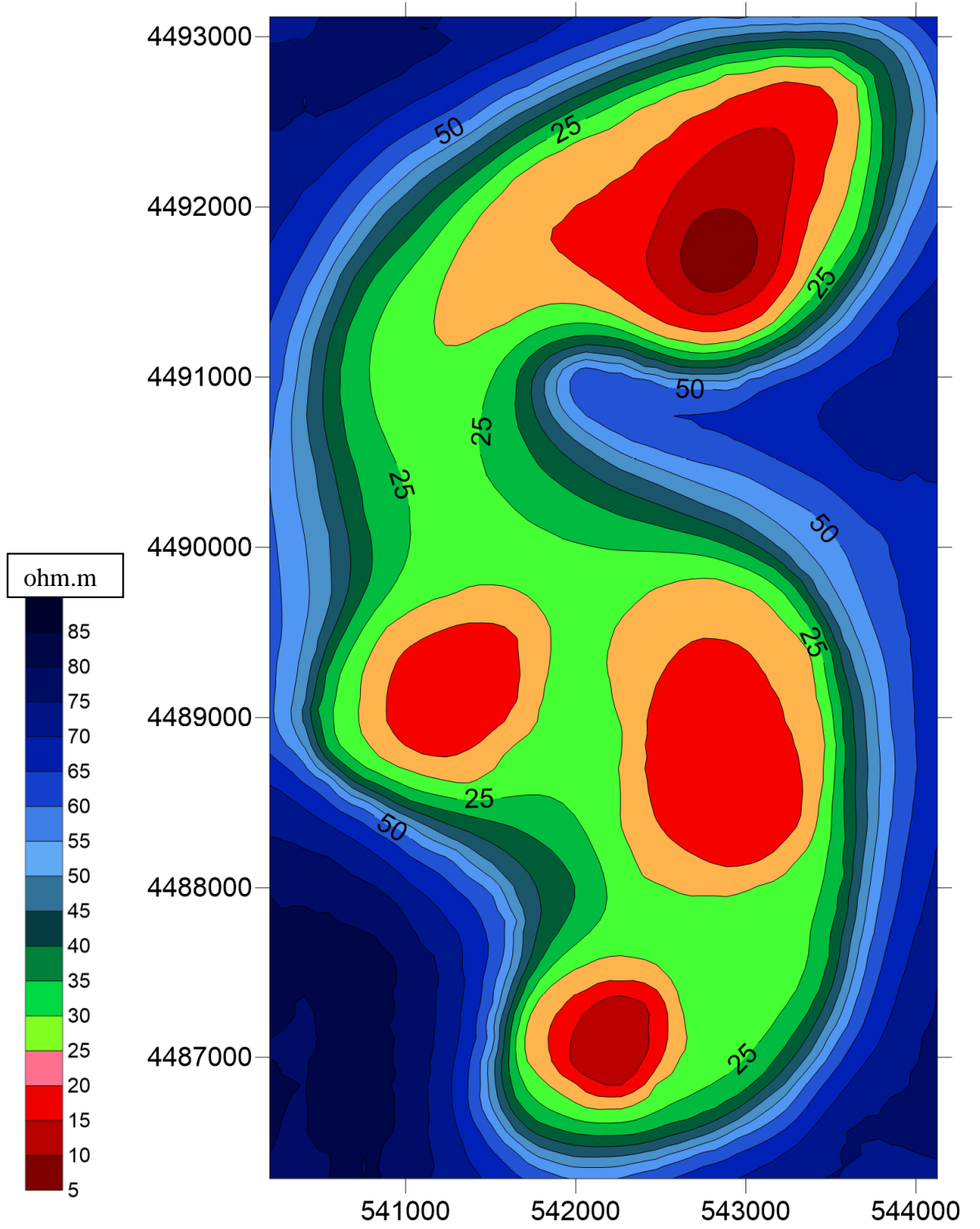
Profillerin özdirenç kesitleri, profil doğrultusu boyunca üzerinde bulunan tüm DES lokasyonlarındaki bütün seviyelerde yapılan ölçümler sonucu saptanan görünür özdirenç verilerinden hazırlanmıştır. Bu kesitler profiller boyunca hem yatay hem de düşey yöndeki rezistivite dağılımını yansıtmaktadır. Özdirençin düşey yöndeki değişiminden, profilin geçtiği bölümdeki tektonik yapı ve sıcak alanların kuramsal derinlik boyutunda takibi mümkün olmaktadır. Çalışma alanını yorumlayabilmek için 7 adet özdirenç (eş rezistivite) kesiti hazırlanmıştır.

4.3.3. Eş rezistivite haritaları

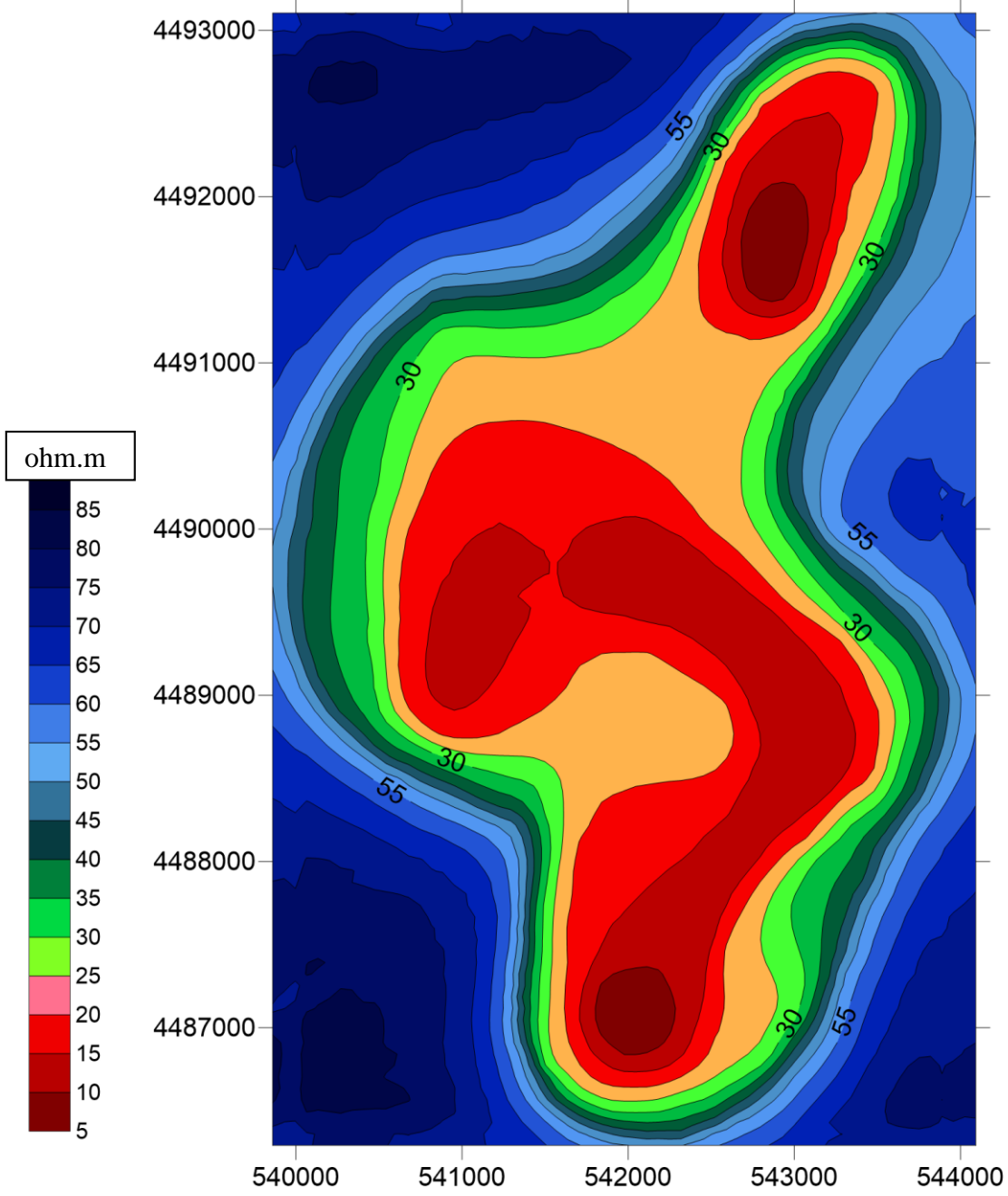
Düşey elektrik sondajı (DES) ölçümlerinin aynı derinlikteki görünür rezistivite değerlerinden seviye haritaları düzenlenmiştir. AB/2 = 100 metre., AB/2 = 200 metre, AB/2 = 300 metre, AB/2 = 400 metre, AB/2 = 500 metre, AB/2 = 600 metre, AB/2 = 800 metre, AB/2 = 1000 metre, AB/2 = 1200 metre, AB/2 = 1400 metre, AB/2= 1500 metre derinliklerindeki eş rezistivite seviye haritalarında yatay doğrultudaki düşük rezistiviteli kapanım eğrilerinden yararlanarak olası jeotermal alan sınırları saptanmaya çalışılmıştır.

4.3.3.1. Sığ seviyelerin eş rezistivite haritaları

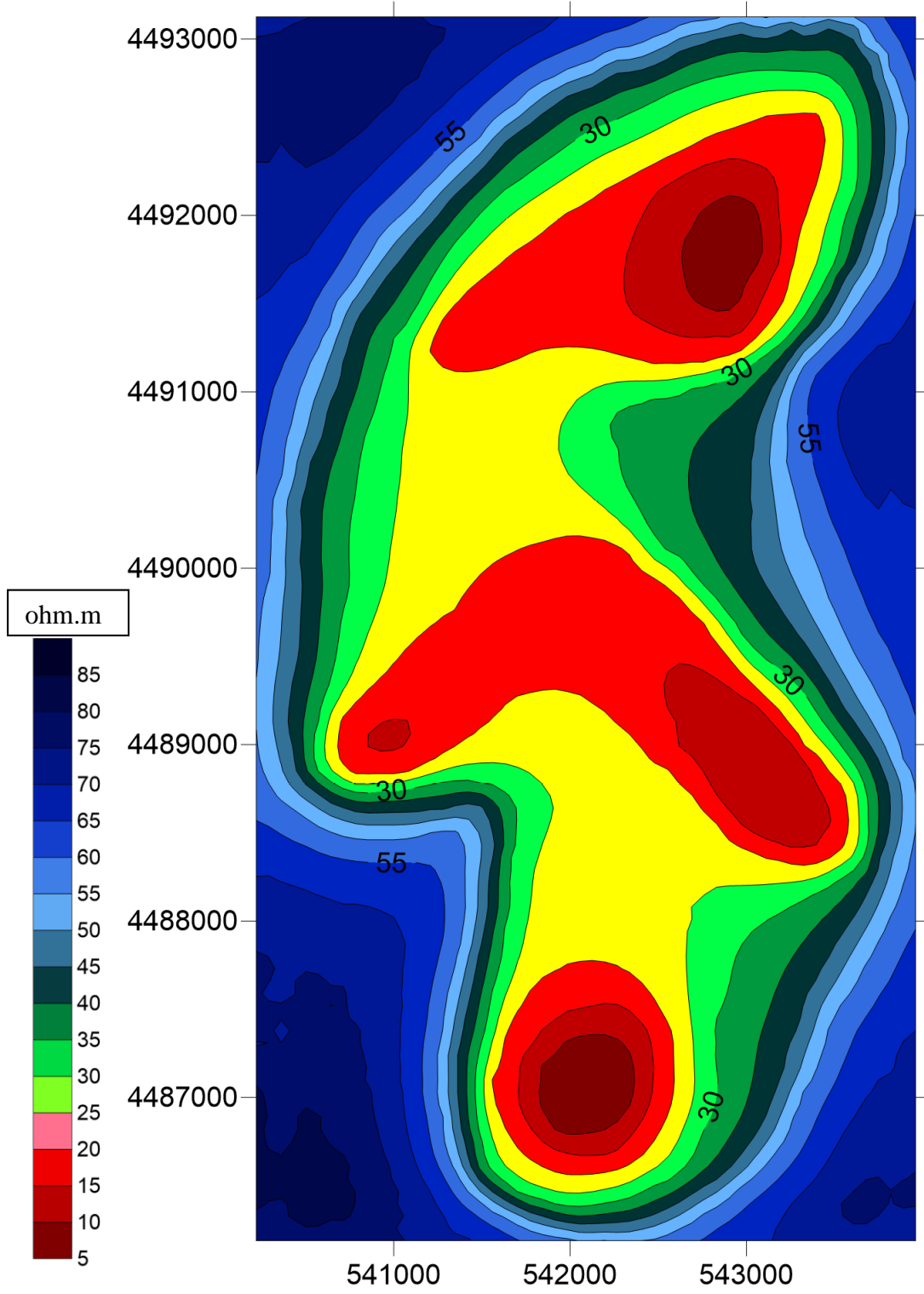
AB/2 = 100 metre (Şekil 4.17), AB/2 = 200 metre (Şekil 4.18) ve AB/2 = 300 metre (Şekil 4.19) eş rezistivite haritalarında 1, 5, 15, 23 noktaları civarındaki düşük rezistiviteli kapanımlar suya doymuş killi, siltli seviyeler ve çamurtaş birimleri ile deneştirilmiş olup jeotermal aktivite ile bir ilişkisi yoktur. Bunun dışında sahanın sığ seviyelerinde, alüvyonal çökellerle deneştirilen ve göreceli olarak daha yüksek rezistivite hakimdir.



Şekil 4.17. 100 metre derinlikli eş rezistivite haritası



Şekil 4.18. 200 metre derinlikli eş rezistivite haritası



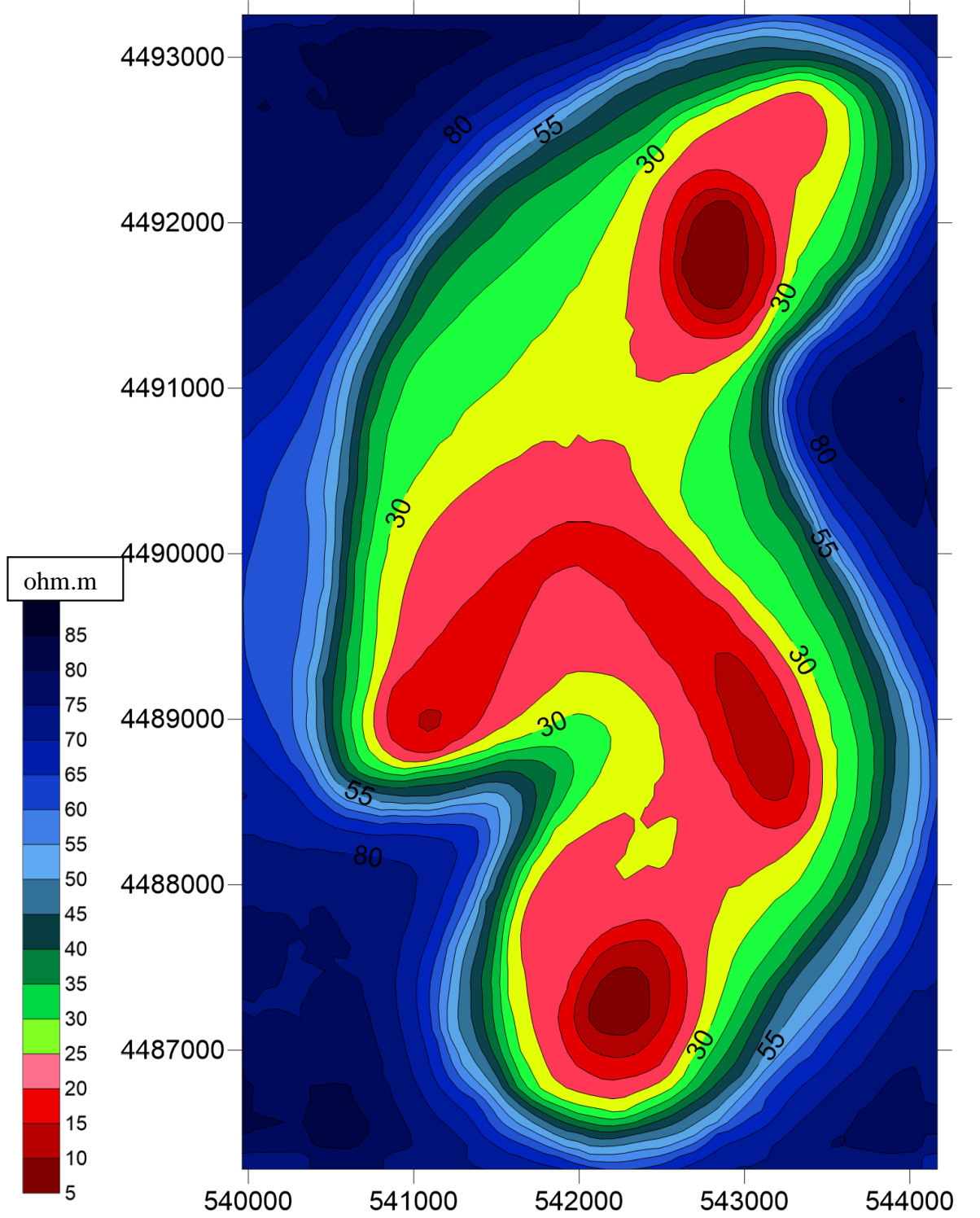
Şekil 4.19. 300 metre derinlikli eş rezistivite haritası

4.3.3.2. Orta seviyelerin eş rezistivite haritaları

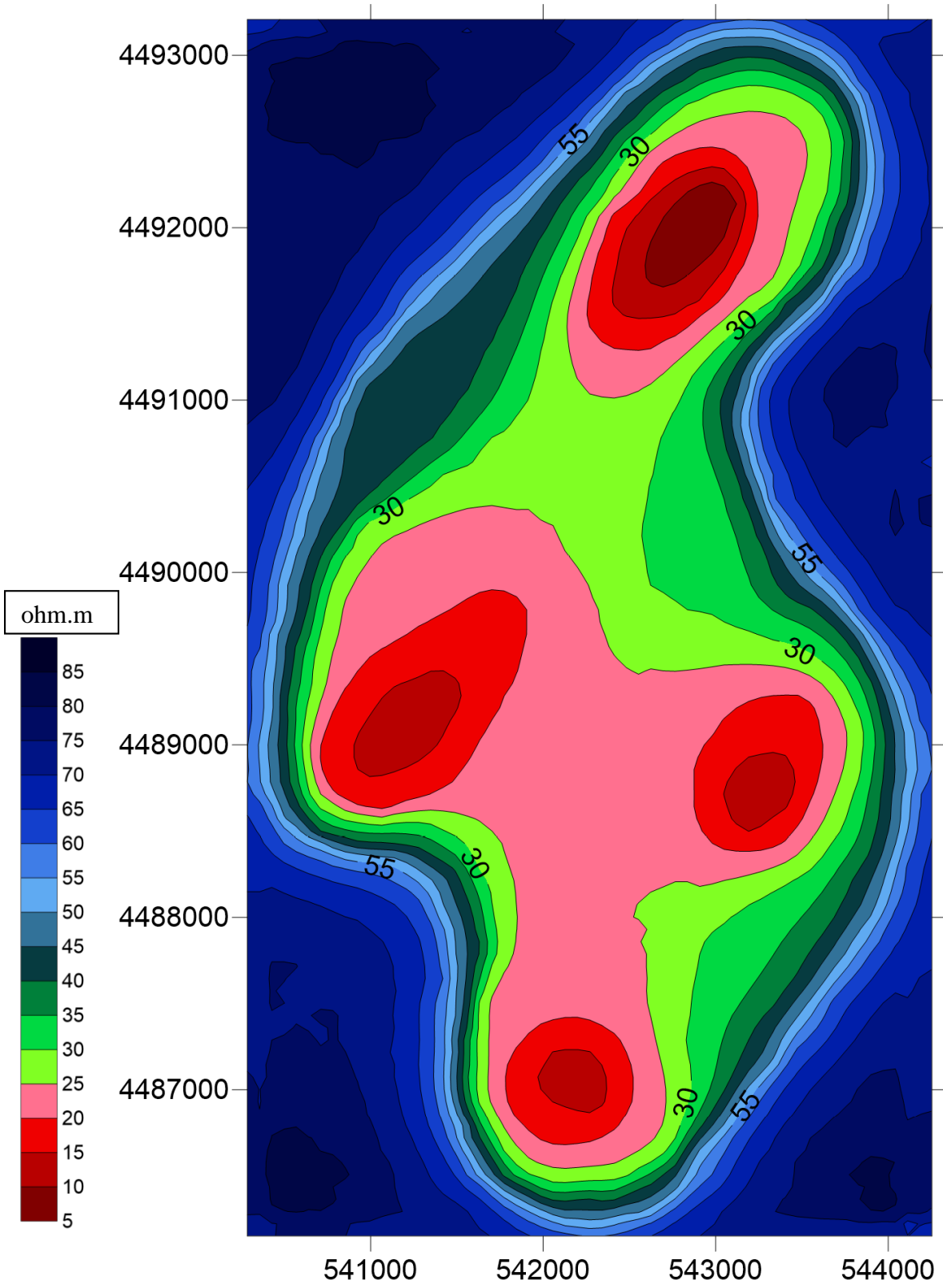
AB/2 = 400 metre (Şekil 4.20), AB/2 = 500 metre (Şekil 4.21) ve AB/2 = 600 metre (Şekil 4.22) derinlikleri için hazırlanan eş rezistivite haritaları, bu saha için orta seviyeler olarak değerlendirilmiştir. Bu eş rezistivite derinlik haritalarında 1, 5, 15, 23 noktaları civarında düşük rezistivite dağılımları hâkimdir. Fakat bunun jeotermal bir aktivite ile ilişkili olup olmadığı hakkında kesin bir yoruma varılamamıştır.

4.3.3.3. Derin seviyelerin eş rezistivite haritaları

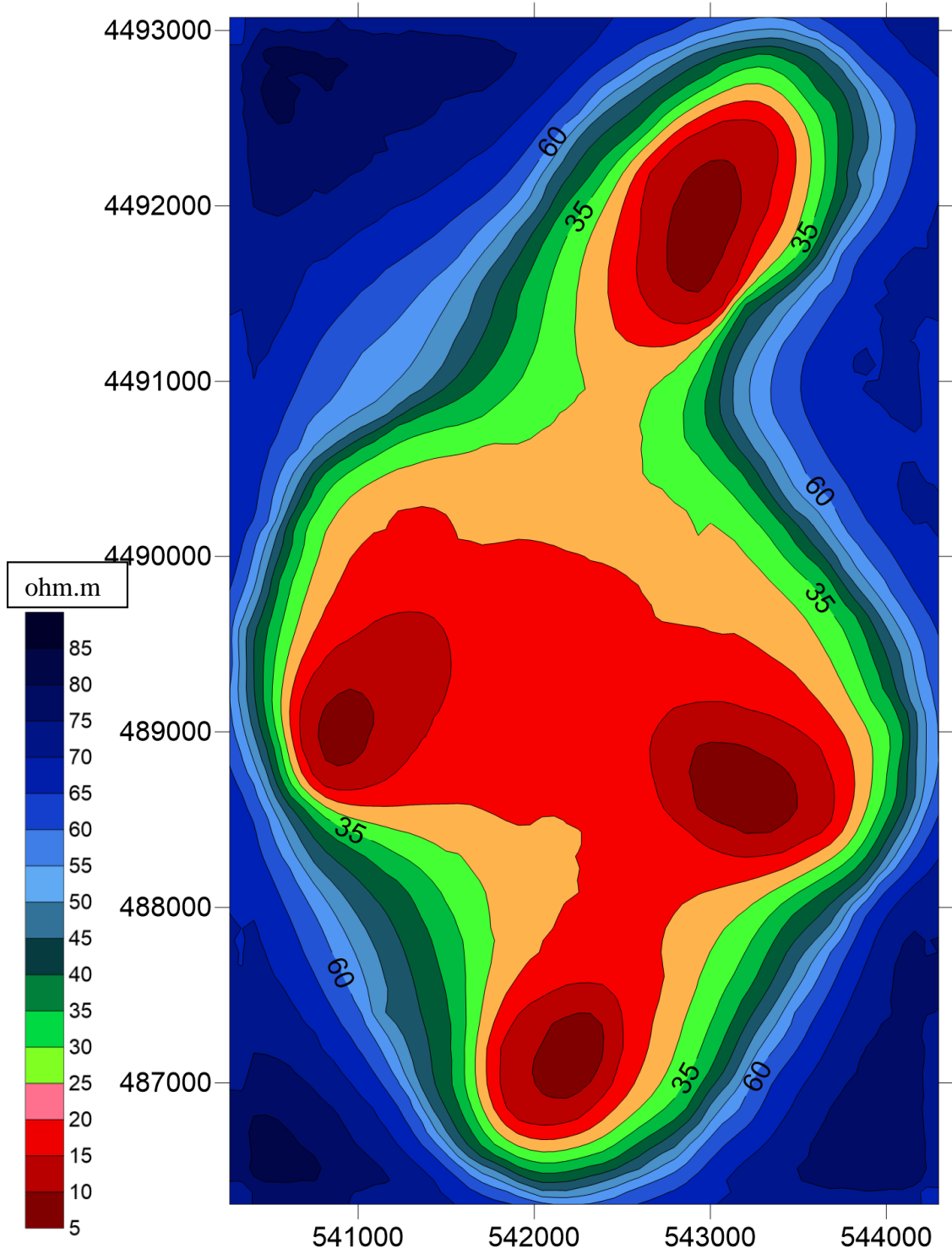
AB/2 = 800 metre (Şekil 4.23), AB/2 = 1000 metre (Şekil 4.24), AB/2 = 1200 metre (Şekil 4.25), AB/2 = 1400 metre (Şekil 4.26) ve AB/2 = 1500 metre (Şekil 4.27) derinlikler için hazırlanan rezistivite haritaları bu saha için derin seviyeler kapsamında değerlendirilmiştir. Bu haritalar değerlendirilerek 1, 2, 6, 7, 14 ve 24 numaralı düşey elektrik sondaj noktaları yakınlarında derin dolaşım sularının varlığı söylenebilir. EK – 3'te verilen A Profili boyunca var olan keskin değişimler, arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirildiğinde buradaki fayın varlığını ispatlamaktadır.



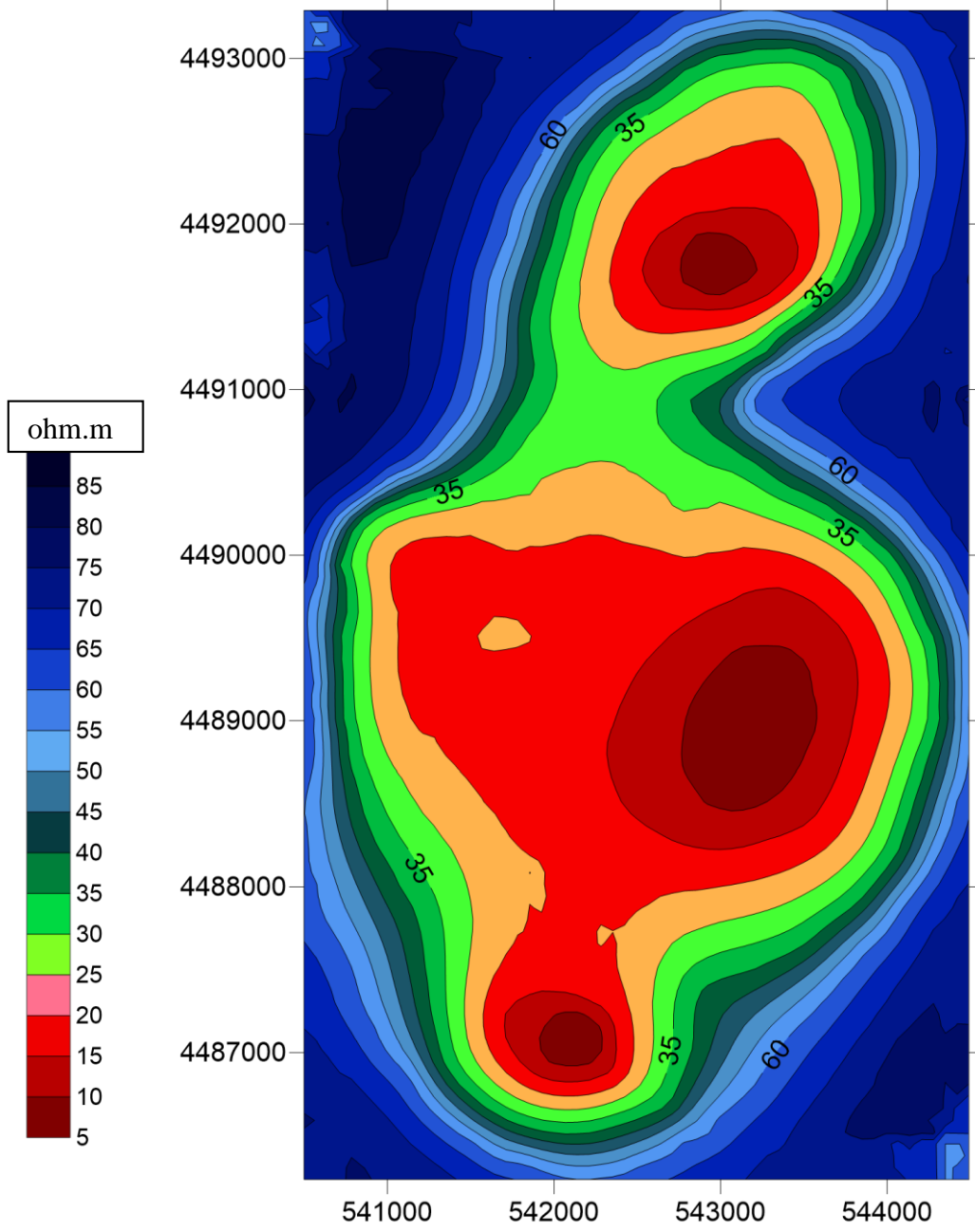
Şekil 4.20. 400 metre derinlikli eş rezistivite haritası



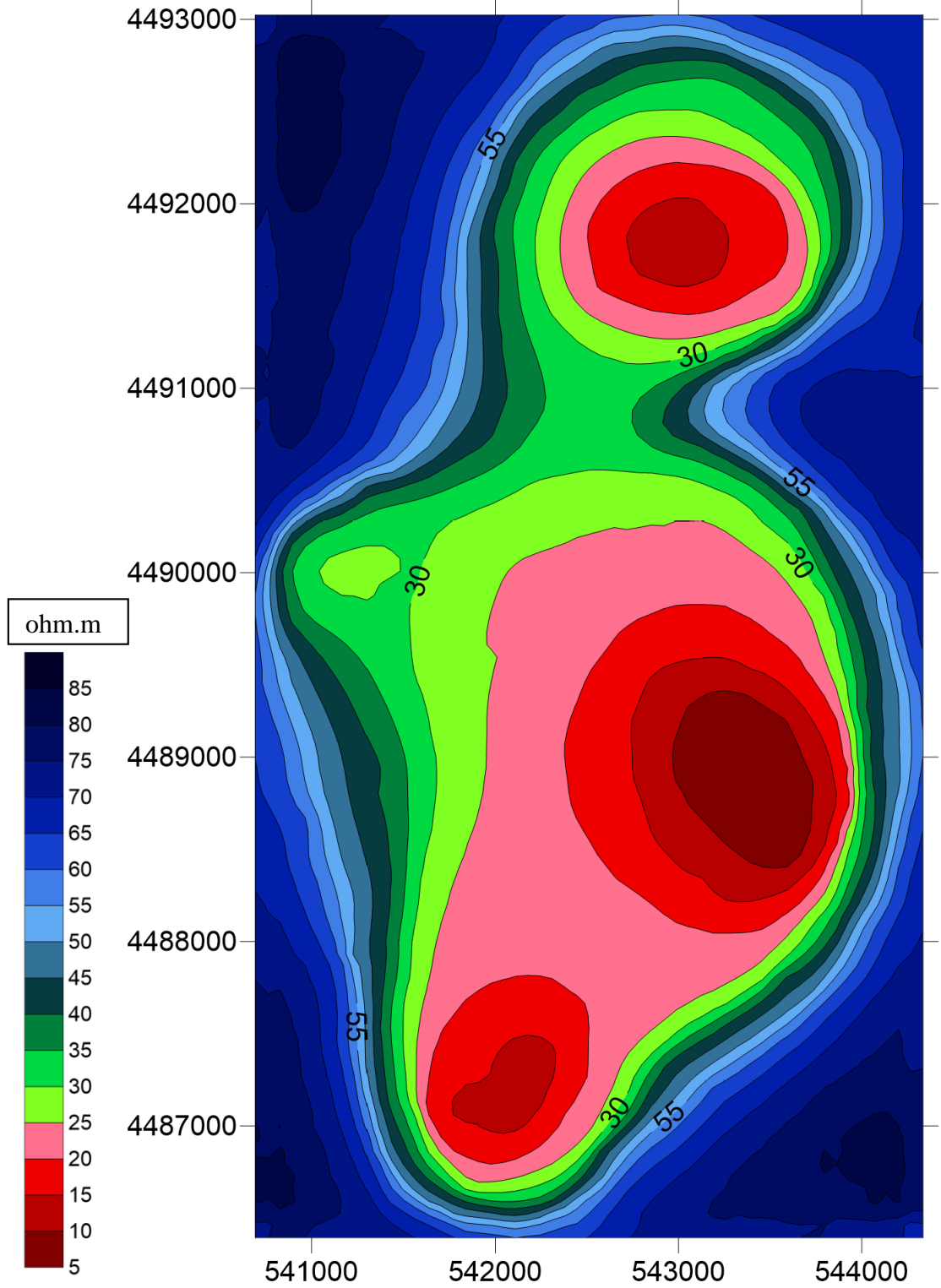
Şekil 4.21. 500 metre derinlikli eş rezistivite haritası



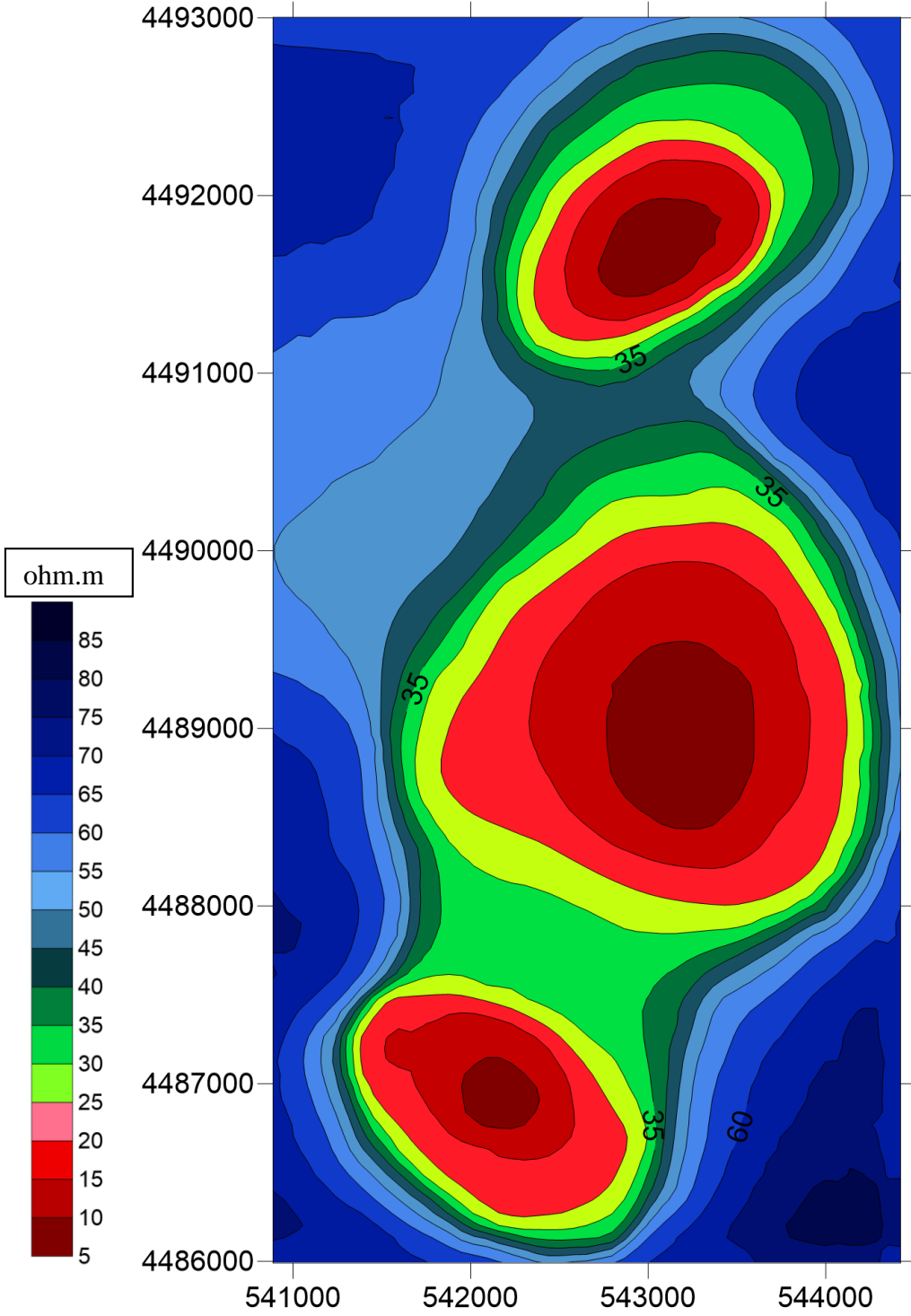
Şekil 4.22. 600 metre derinlikli eş rezistivite haritası



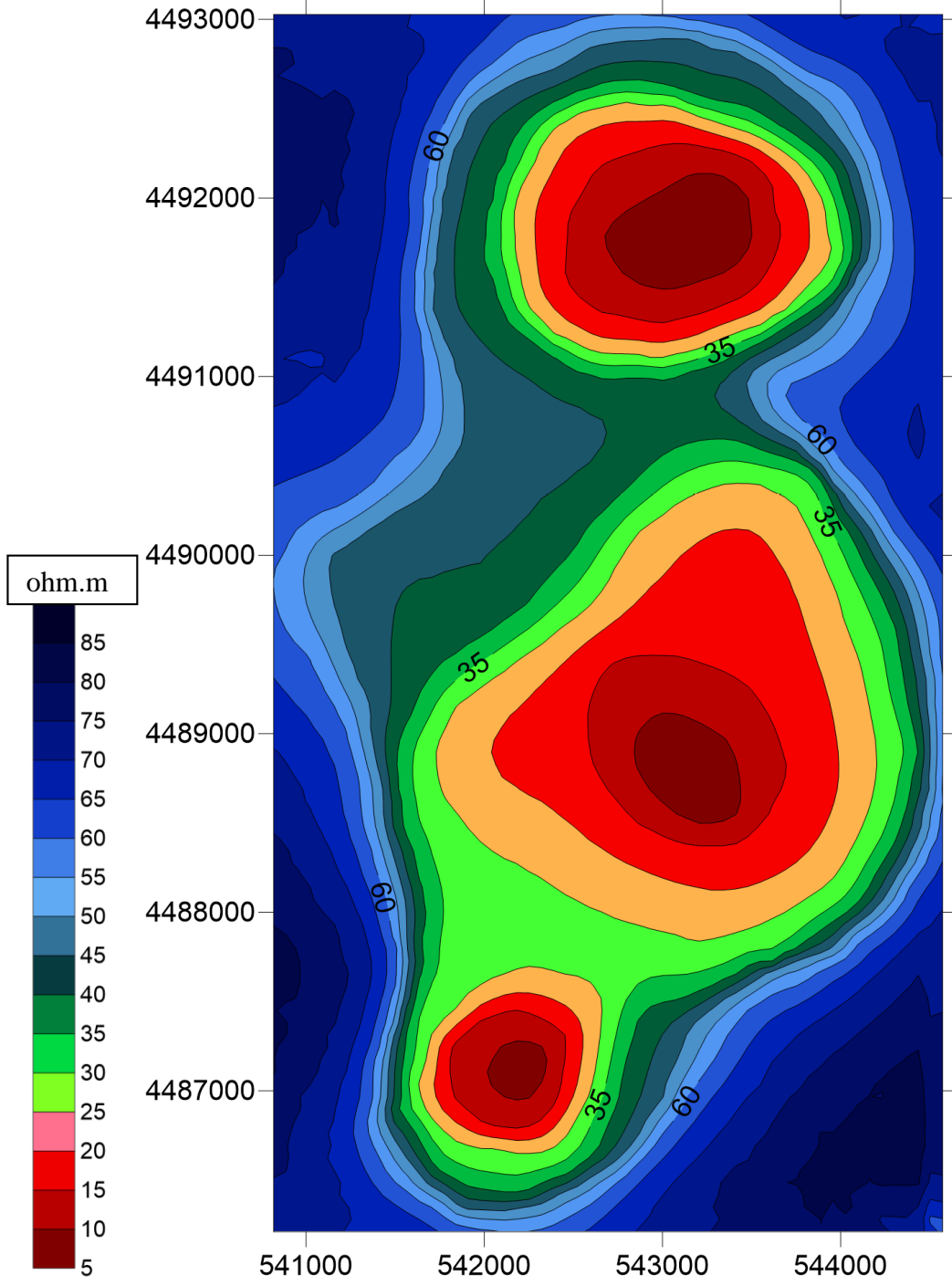
Şekil 4.23. 800 metre derinlikli eş rezistivite haritası



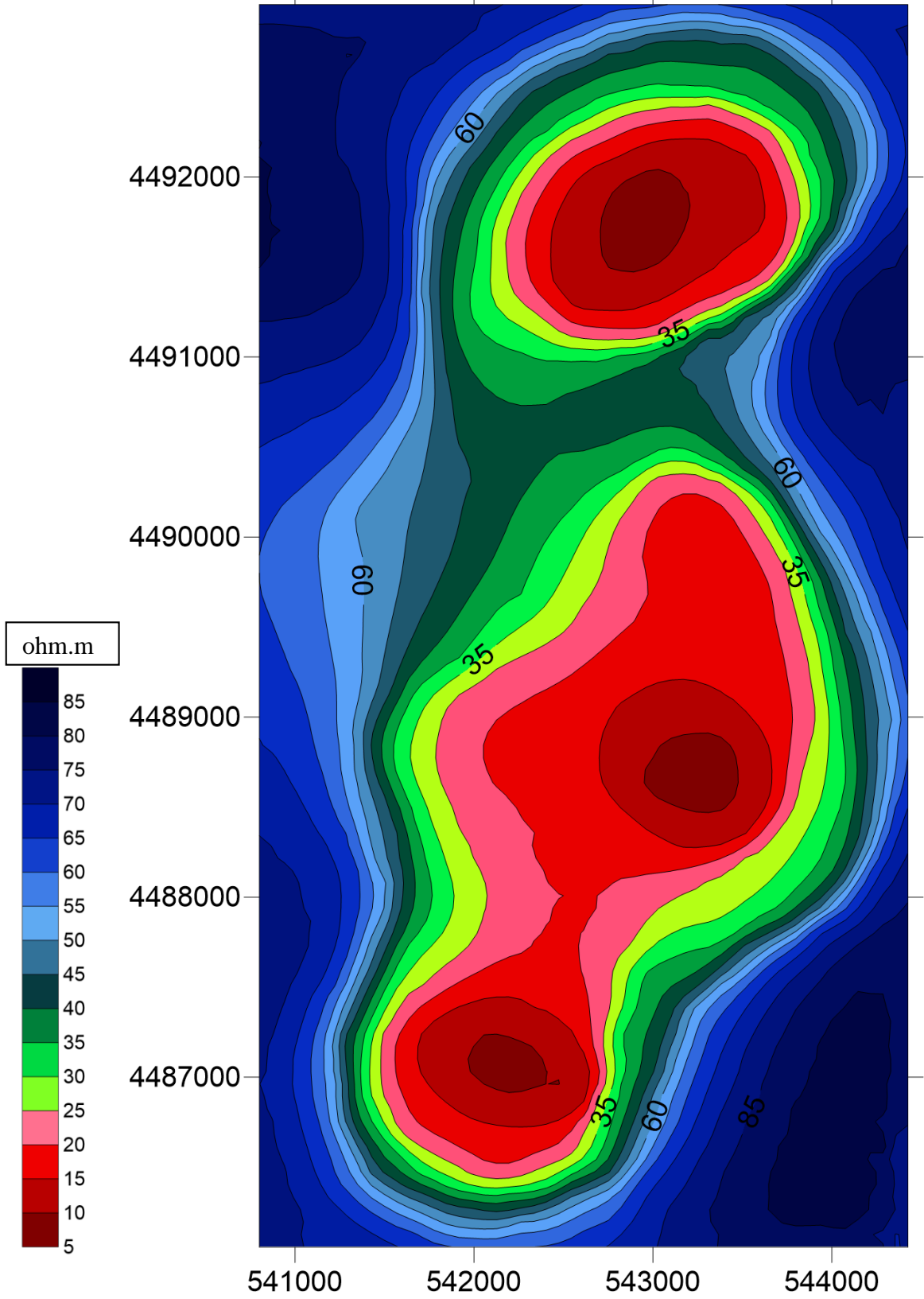
Şekil 4.24. 1000 metre derinlikli eş rezistivite haritası



Şekil 4.25. 1200 metre derinlikli eş rezistivite haritası



Şekil 4.26. 1400 metre derinlikli eş rezistivite haritası



Şekil 4.27. 1500 metre derinlikli eş rezistivite haritası

4.3.3.4. Eş rezistivite kesitleri ve jeolojik yapı kesitleri

Çalışma sahasında rezistivite yöntemi Schlumberger elektrot diziliminde düşey elektrik sondajı (DES) ölçülerinde araştırma derinliği $AB/2=1500m$ olarak uygulanmıştır.

Eş rezistivite kesitleri, profiller boyunca alınan DES ölçülerinin tüm derinliklerindeki görünür rezistivite değerlerinden düzenlenmiştir.

DES eğrilerini değerlendirme sonucu bulunan tabakalar, rezistivite ve kalınlıklarından yararlanarak stratigrafik dizilime uygun gelecek şekilde jeolojik birimlerle tanımlanmıştır.

A profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: K-G doğrultulu bu kesit kuzeyde DES.2 ölçü noktasından başlayarak DES-3, DES-3.1, DES-4, DES-5, DES-6 noktalarından geçerek DES-7 noktasında son bulmaktadır (EK – 3).

Eş rezistivite kesitinin kuzey bölümünde DES-3 ölçü noktası civarında derin seviyelerde 14-15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım görülmektedir. Üst seviyelere doğru ve düşük rezistiviteli kapanımın daha derin seviyelerine doğru gidildikçe göreceli olarak daha yüksek rezistivite dağılımı hakim olmaktadır. Eş rezistivite kesitinin güney bölümünde DES-5 no'lu ölçü noktası civarında orta derin seviyelerde 10 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım görülmektedir. DES-3 ve DES-5 ölçü noktaları civarındaki düşük rezistiviteli kapanımlar ılık sıcaklıkta su veya tuzlu su etkisinin işareti olabilir.

Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeolojik yapı kesitinde üst seviyelerde ardalanmalı düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır ve formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur. Düşük rezistiviteli seviyeler çamurtaşı veya jips, yüksek rezistiviteli seviyeler kumtaşı veya çakıltası olabilir. Bu birimlerin altında Eldivan ofiyolit melanji yer almaktadır. Bu seride serpantinlerle birlikte radyolarit, dolomitik kalker, kalker, kumtaşı ve marnlar bulunur. Eldivan ofiyolitindeki düşük rezistiviteli seviyeler serpantin ve marna karşılık gelirken yüksek rezistiviteli seviyeler radyolarit, dolomitik kalker ve kalkerlere karşılık gelmektedir. Burada düşük rezistiviteli seviyelerin altındaki yüksek rezistiviteli seviyelerden sıcak su alınabilir. Ancak düşük rezistiviteli seviyeler tuzlu suya da karşılık gelebilir. DES-3 ve DES-5 civarındaki fayların varlığı ümit vermektedir.

B profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: K-G doğrultulu bu kesit kuzeyde DES-11 ölçü noktasından başlayarak DES-12, DES-13, DES-14 noktalarından geçerek DES-15 noktasında son bulmaktadır (Ek – 4).

Eş rezistivite kesitinde DES-15 numaralı ölçü noktasında düşük rezistivite eğrilerinin yer aldığı görülmektedir. Sığ seviyelerde soğuk suyun, derinlerde ise tuzlu suyun etkisinden olabilir. DES-12 ölçü noktasında sığ derinlikteki 15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli kapanım soğuk suyun etkisini göstermektedir. Bu profilin diğer ölçü noktalarındaki göreceli olarak yüksek rezistivite eğrileri su taşımayan seviyelere işaret etmektedir. Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeolojik yapı

kesitinde üst seviyelerde ardalanmalı düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur.

Çamurtaşı veya jips düşük rezistiviteli seviyelerle, çakıltası veya kumtaşı yüksek rezistiviteli seviyelerle deneştirilebilir. Bu birimlerin altında yer alan Eldivan ofiyolit melanjında serpantin ve marnlar düşük rezistiviteli seviyelerle, radyolarit, dolomitik kalker ve kalker ise yüksek rezistiviteli seviyelerle deneştirilebilir.

C profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: K-G doğrultulu bu kesit kuzeyde DES-21 ölçü noktasından başlayarak DES-22, DES-23 noktalarından geçerek DES-24 noktasında son bulmaktadır (Ek – 5).

Eş rezistivite kesitinde DES-23 nolu ölçü noktası civarında orta derin seviyelerde 13-15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım ılık sıcaklıkta su veya tuzlu su etkisinin işareti olabilir. Profilde yanal ve düşey olarak gidildiğinde göreceli olarak daha yüksek rezistivite dağılımı hâkim olmaktadır.

Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeolojik yapı kesitinde üst seviyelerde düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur. Düşük rezistiviteli seviyeler çamurtaşı veya jips ile, yüksek rezistiviteli seviyeler kumtaşı veya çakıltası ile deneştirilebilir. Bu birimlerin altında düşük rezistiviteli serpantin veya marn, yüksek rezistiviteli radyolarit, dolomitik kalker ve kalker seviyelerini içeren Eldivan ofiyolit melanji yer almaktadır. DES-23 civarındaki düşük rezistiviteli kapanım tuzlu su izlenimi vermektedir.

D profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: GB-KD doğrultulu bu kesit güneybatıda DES-9 ölçü noktasında başlayarak DES-22, DES-11, DES-1 noktalarından geçerek DES-3 noktasında son bulmaktadır (Ek – 6).

Eş rezistivite kesitinin kuzey doğu bölümünde DES-3 nolu ölçü noktası civarında derin seviyelerde 14-15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım görülmektedir. Üst seviyelere doğru ve düşük rezistiviteli kapanımın daha derin seviyelerine doğru gidildikçe göreceli olarak daha yüksek rezistivite dağılımı hakim olmaktadır.

Düşük rezistiviteli kapanım ılık sıcaklıkta su veya tuzlu su etkisinin işareti olabilir. Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeolojik yapı kesitinde üst seviyelerde ardalanmalı düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur. Düşük rezistiviteli seviyeler çamurtaşı veya jips, yüksek rezistiviteli seviyeler kumtaşı veya çakıltası olabilir. Bu birimlerin altında düşük rezistiviteli radyolarit, dolomitik kalker ve kalker seviyelerini içeren Eldivan ofiyolit melanji yer almaktadır. DES-3 civarında düşük rezistiviteli seviyelerin altındaki yüksek rezistiviteli seviyelerden sıcak su alınabilir.

E profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: BGB-DKD doğrultulu bu kesit batı-kuzeybatıda DES-9 ölçü noktasından başlayarak DES-22, DES-12 ölçü noktalarından geçerek DES-4 noktasında son bulmaktadır (Ek – 7).

Eş rezistivite kesitinde DES-12 ölçü noktasında sığ derinlikteki 15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli kapanım soğuk suyun etkisini göstermektedir. Profilin diğer ölçü

noktalarındaki göreceli olarak daha yüksek rezistiviteli eğriler su taşımayan seviyelere işaret etmektedir. Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeoloji yapı kesitinde üst seviyelerde ardanmalı düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur.

Çamurtaşı veya jips düşük rezistiviteli seviyelerle, çakıltası veya kumtaşı yüksek rezistiviteli seviyelerle deneştirilebilir. Bu birimlerin altında yer alan Eldivan ofiyolit melanjında serpantin ve marnlar düşük rezistiviteli seviyelerle, radyolarit, dolomitik kalker ve kalker ise yüksek rezistiviteli seviyelerle deneştirilebilir.

F profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: BKB-DKD doğrultulu bu kesit batı-kuzeybatıda DES-9 ölçü noktasından başlayarak DES-23, DES-13 ölçü noktalarından geçerek DES-5 ölçü noktasında son bulmaktadır (Ek – 8).

Eş rezistivite kesitinde DES-23 ölçü noktası civarında orta derin seviyelerde 13-15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım ılık sıcaklıkta su veya tuzlu su etkisinin işareti olabilir. DES-5 ölçü noktası civarında orta derin seviyelerde 10 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım ılık sıcaklıkta su veya tuzlu su etkisiyle olabilir. Profilin diğer kesimlerinde göreceli olarak daha yüksek rezistiviteli dağılımın hakim olduğu görülmektedir.

Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeolojik yapı kesitinde üst seviyelerde ardanmalı düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur. Düşük rezistiviteli seviyeler çamurtaşı veya jips, yüksek rezistiviteli seviyeler kumtaşı veya çakıltası olabilir. Bu birimlerin altında düşük rezistiviteli serpantin veya marn, yüksek rezistiviteli radyolarit, dolomitik kalker ve kalker seviyelerini içeren Eldivan ofiyolit melanjı yer almaktadır. DES-23 ve DES-5 civarındaki düşük rezistiviteli seviyelerin altındaki yüksek rezistiviteli seviyelerden sıcak su alınabilir. Ancak düşük rezistiviteli seviyeler tuzlu suya da karşılık gelebilir.

G profili eş rezistivite ve jeolojik yapı kesiti: KB-GD doğrultulu bu kesit kuzeybatıda DES-9 no'lu ölçü noktasından başlayarak DES-23, DES-14 ölçü noktalarından geçerek DES-7 noktasında son bulmaktadır (Ek – 9).

Eş rezistivite kesitinde DES-23 ölçü noktası civarında orta derin seviyelerde 13-15 ohm.m'lik düşük rezistiviteli bir kapanım ılık sıcaklıkta su veya tuzlu su etkisinin işareti olabilir. Profilin diğer kesimlerinde göreceli olarak daha yüksek rezistiviteli dağılımın etkili olduğu görülmektedir.

Şeklin üst bölümünde verilen jeoelektrik modelden düzenlenen jeolojik yapı kesitinde üst seviyelerde ardanmalı düşük ve yüksek rezistiviteli seviyeler Bozkır formasyonunun çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı ve jips ara düzeylerinden oluşur. Düşük rezistiviteli seviyeler çamurtaşı veya jips, yüksek rezistiviteli seviyeler kumtaşı veya çakıltası olabilir. Bu birimlerin altında düşük rezistiviteli serpantin marn ile yüksek rezistiviteli radyolarit, dolomitik kalker ve kalker seviyelerini içeren Eldivan ofiyolit melanjı yer almaktadır.

4.3.4. Doğal potansiyel (SP) çalışmaları

SP çalışmaları özellikle aktif fayların varlığını saptamakta çok yararlı olmuştur. SP arazi uygulaması en kolay jeofizik yöntemdir. Süreksizlik yapılarına, aktif fay zonlarına ait anomaliyi belirgin bir şekilde vermektedir. Yüksek gerilim hatların ve demiryollarının etkilerinden oluşan anomaliler dikkate alınmayarak değerlendirme yapılır. Pozitif SP'den negatif SP'ye geçiş aktif bir fay zonunun varlığına işaret etmektedir.

A profilinde (Ek -3), DES-2 ile DES-3 arasındaki SP anomalisi DES-2 ile DES-3 arasındaki fayın ve B profilinde (Ek - 4), DES-12 ile DES-13 arasındaki SP anomalisi DES-12 ile DES-13 arasındaki fayın su hareketi yönünden aktif fay zonları olduğunu göstermektedir.

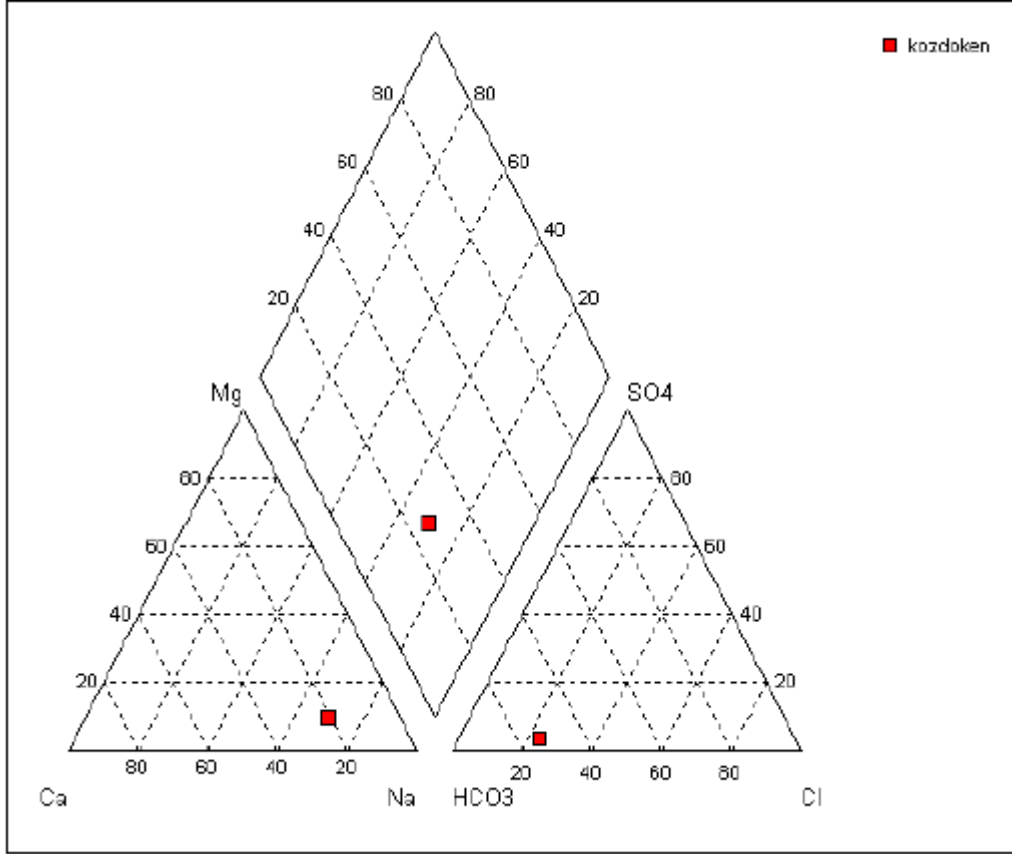
4.4. Hidrojeokimyasal Analizler

Gözdöken Bağları mevkiinden alından su numunesinin (3 Numaralı DES civarı) hidrojeokimyasal analizi yaptırılmış ve elektrik kondüktivitesi oldukça yüksek bulunmuştur. Suda çözülmüş iyon miktarının bir fonksiyonu olan kondüktivite, jeotermal bir emare olarak kabul edilmektedir. Ayrıca suda çözülmüş Na, Cl, Mg, SO₄'ün fazla olması bölgede geniş alanlarda mostra veren jips ve anhidrit içeren birimlerin (Bozkır formasyonu) stratigrafik ya da tektonik olarak derinlerde yer aldığı şüphesini ortaya çıkarmıştır (Çizelge 4.1).

Alınan numunenin analizi sonucu Piper diyagramı ile yorumlanmış ve Na-(Ca)-HCO₃-Cl tipinde su sınıfına girmekte olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.28).

Çizelge 4.1. Gözdöken bağları mevkiinden (DES-3 civarından) alınan su numunesinin hidrojeokimyasal parametreleri

Sıra no	Örnek	pH	Eh (mV)	Çözülmüş O ₂ (mg/l)	EC (µS/cm)	Toplam Sertlik (°f)			
1	K	6,60	275	2,1	5360	104,4 (çok sert su)			
Sıra no	Örnek	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Si (mg/l)	B (mg/l)	As (mg/l)	Cu (mg/l)
2	K	281	78,38	1071	51,05	19,18	12,31	1,96	<0,01
Sıra no	Örnek	Fe (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
3	K	<0,01	<0,01	<0,01	120	<4,4	0,09	585	3208



Şekil 4.28. Gözdöken bağları mevkiinden alınan su numunesinin Piper diyagramındaki yeri

5. SONUÇLAR

Eldivan (ÇANKIRI) ve yöresinde yapılan jeolojik, jeofizik ve hidrojeokimya çalışmaları sonucunda çalışma alanında yer alan derin dolaşımli suların jeotermal sistem açısından potansiyelinin ve bu potansiyeldeki tektoniğin rolü incelenmiştir.

Bu çalışmanın belirtilen yörede yapılması ve tez konusu olarak seçilmesinin nedeni; bölgede Gözdöken Bağları civarındaki su çıkışlarının ılık – acı olması ve analizlerinde yüksek oranda erimiş mineral içermesi ve bunun da derin dolaşıma işaret etmesi nedeniyledir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen konuya yönelik önemli sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1- Su çıkış kaynakları ve civarında 17 adet DES çalışması yapılmış ve en düşük rezistivite değerinin 3 numaralı DES noktasında yaklaşık 1400-1500 metre derinliğinde elde edilmiştir. DES-3 noktasının çok yakınında iki ayrı derin dolaşımli su çıkışı vardır ve bunlar ılık ve acı sulardır. Diğer bir ifadeyle derin dolaşımli olduğu belirlenen bu su çıkış noktaları düşük rezistivite değeri veren DES-3'e çok yakındır.

2- Derin dolaşımli suların çok daha derinlerden yüzeye yakın alanlara çıkışlarına fay zonları aracılık ederler. 3 nolu DES yapıldığı yer iki fayın birbiri ile kesişim yaptığı noktaya çok yakındır. Bu faylar yaklaşık D-B gidişli Yanlar Boğazı Fayı ve K-G gidişli ters faydır. Bu nedenle DES-3 noktası yakınında kesişen aktif fayların bulunması jeotermal yer seçiminde göz önüne alınması gereken önemli bir faktördür.

3- DES-3 noktasında 1400 – 1500 metrelerde düşük rezistivite değerleri alınması bölgenin özelliğine göre başlıca iki nedenden kaynaklanmış olabilir. Bunlar;

a- Belirtilen derinliklerde su içeren kırıklı – çatlaklı kayalar veya kumlu-killi vb. kayalar olabilir, bunlar diğerlerine oranla düşük rezistivite değerleri verebilir.

Çok derin olan seviyelerde atmosferik veya soğuk suların bulunması çok zayıf ihtimaldir. Belirtilen nedenle bu derinlikte düşük rezistiviteye sebep olan faktör sulu ortam ise bunun ılık – sıcak derin dolaşımli sularla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle belirtilen DES-3 noktası ve yakın çevresi jeotermal yer seçimi için dikkate alınabileceği önerilmektedir. Ancak;

b- DES-3 noktasında 1400 – 1500 metrede düşük rezistivite su dışında başka nedenlerden de kaynaklanmış olabilir. Örneğin tuz, jips, anhidrit vb içeren kayalar da düşük rezistivite gösterebilir. Bölgede bu tür malzeme içeren formasyonlar mevcuttur (Bozkır formasyonu, Kızılırmak formasyonu, Bayındır formasyonu). Ayrıca Türkiye'nin önemli bir tuz üretim merkezi olan Çankırı kaya tuzu üretim ocakları bu tür formasyonlar içerisinde. Arazi gözlemleri sırasında ofiyolitlerin içerisinde metalik bileşiklere rastlanmıştır. Belirtilen seviyelerde bu tür metalik kayaç gruplarının olup olmadığı da ortaya konulmalıdır. Sonuç olarak;

DES-3 noktasında 1500 metre derinliklere düşük maliyetli keşif sondajı yapılması, bu sondajda düşük rezistivitenin tuzlu jipsi anhidritli veya metalik kayalardan kaynaklanmadığı anlaşıldıktan ve ayrıca yüzeyden 400 metreye kadar ısı akısı artışının belirlenmesinden sonra DES-3 noktasındaki bu seviyenin derin dolaşımli sularla ilişkili olabileceğine karar verilebilir.

6. KAYNAKLAR

- AKYÜREK, B., BİLGİNER, E., DAĞER, Z. ve SUNU, O. 1979. Hacılar (K. Çubuk – Ankara) bölgesinde Alt Triyasın varlığı, *Türkiye Jeoloji Kur. Bült.*, 22/2.
- AKYÜREK, B., BİLGİNER, E., ÇATAL, E., DAĞER, Z., SOYSAL, Y. ve SUNU, O. 1980. Eldivan – Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA raporu, No: 6741.
- BAYRAK, A., SERPEN, Ü. and İLKIŞIK, O. M. 2011. Two-dimensional resistivity imaging in the Kızıldere geothermal field by MT and DC methods, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 204: 1–11.
- BİRGİLİ, Ş., YOLDAŞ, R. ve ÜNALAN, G. 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA raporu, No: 5621.
- ÇAĞLAR, İ. ve DEMİRÖRER, M., 1999. Geothermal exploration using geoelectric methods in Kestanbol, Turkey, *Geothermics*, 28: 803-819.
- DEMİREL, Z., YILDIRIM, T. ve BURC, M., 2004. Preliminary study on the occurrence of geothermal systems in the tectonic compressional regions: an example from the Derman geothermal field in the Biga Peninsula, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 22: 495–501.
- ESAT K. 2004. Çankırı –Eldivan Arasının Stratigrafisi ve Tektoniği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- GÖRÜR, N., OKTAY, F.Y., SEYEMEN, İ. and ŞENGÖR, A.M.C. 1984. Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, central Turkey: Sedimentary record of a Neo-Tethyan closure. In: The geological evolution of the eastern Mediterranean. (Ed. by Dixon, J. E. & Robertson, A. H. F.), *Geol. Soc. London Spec. Paper*, 17: 467-482.
- GÖRÜR, N., TÜYSÜZ, O., ŞENGÖR and A.M.C. 1998. Tectonic evolution of the central Anatolian basins. *International Geology Review*, 40: 831-850.
- KARADENİZLİ, L. ve KAZANCI, N. 2000. Çankırı-Çorum havzasındaki paleo-yükselti ve alt havzalar. Cumhuriyetin 75. yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi.
- KARADENİZLİ, L., SEYİTOĞLU, G., SARAÇ, G., KAZANCI, N., ŞEN, Ş., HAKYEMEZ, Y. ve SAVAŞCI, D. 2003. Çankırı-Çorum Havzası batı kenarının Erken-Orta Miyosen paleocoğrafik evrimi. *MTA dergisi*, 126: 69-86.
- KARADENİZLİ, L., SARAÇ, G., ŞEN, Ş., SEYİTOĞLU, G., ANTOİNE, P.O., KAZANCI, N., VAROL, B., ALÇİÇEK, M.C., GÜL, A., ERTEN, H., ESAT, K., ÖZCAN, F., SAVAŞCI, D., ANTOİNE, A., FİLOREAU, X., HERVET, S., BOUVRAİN, G., DE BONİS, L. ve HAKYEMEZ, Y. 2004. Çankırı-Çorum

Havzasının batı ve güney kesiminin memeli fosillere dayalı Oligo-Miyosen biyostratigrafisi ve dolgulama evrimi. MTA raporu.

- KAREDENİZLİ L. 2011. Oligocene to Pliocene paleogeographic evolution of the Çankırı-Çorum Basin, central Anatolia, Turkey, *Sedimentary Geology*, 1-29.
- KAYMAKÇI, N. 2000. Tectono-stratigraphical evolution of the Çankırı Basin (Central Anatolia, Turkey). PhD thesis, Utrecht University, *Geologica Ultraiectina*, 190, 247 pp.
- KAYMAKÇI, N., ÖZÇELİK, Y., WHITE, H.S. and VAN DİJK, P.M. 2001. Neogene tectonic development of the Çankırı basin. *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 13: 27-56.
- KOÇYİĞİT, A. 1991a. An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 22-36.
- KOÇYİĞİT, A. 1991b. Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the Neotectonics of the Ankara region (NW Central Anatolia). *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 3: 43-55.
- KOÇYİĞİT, A. 1992. Southward-vergent imbricate thrust zone in Yuvaköy: A record of the latest compressional event related to the collisional tectonic regime in Ankara-Erzincan Suture Zone. *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 4: 111-118.
- KOÇYİĞİT, A., TÜRKMEÑOĞLU, A., BEYHAN, A., KAYMAKÇI, N. and AKYOL, E. 1995. Postcollisional tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankırı segment of İzmir-Ankara-Erzincan suture zone (IAESZ): Ankara orogenic phase. *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 6: 69-86.
- SAVAŞÇI, D. ve SEYİTOĞLU, G. 2004. Çankırı Havzasına ait Kumartaş ve Hançili formasyonları içerisinde çökeltme ile eş yaşlı tektonik yapılar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 47 (1): 63-73.
- SEYİTOĞLU, G. and SCOTT, B.C. 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of the northeastern Aegean region. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 54: 157-176.
- SEYİTOĞLU, G., KAZANCI, N., KARAKUŞ, K., FODOR, L., ARAZ, H. and KARADENİZLİ, L. 1997. Does continuous compressive tectonic regime exist during late Paleogene to late Neogene in NW central Anatolia, Turkey? Preliminary observations. *Tr. J. of Earth Sciences*, 6: 77-83.
- SEYİTOĞLU, G., KAZANCI, N., KARADENİZLİ, L., ŞEN, Ş., VAROL, B. and KARABIYIKOĞLU, T. 2000. Rockfall avalanche deposits associated with

normal faulting in the NW of Çankırı basin: implications for the postcollisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova*, 12: 245-251.

SEYİTOĞLU, G., AKTUG, B., KARADENİZLİ, L., KAYPAK, B., SEN, S., KAZANCI, N., ISIK, V., ESAT, K., PARLAK, O., VAROL, B., SARAÇ, G. and İLERİ, İ. 2009. A late Pliocene - Quaternary pinched crustal wedge in NW central Anatolia, Turkey: a neotectonic structure accommodating the internal deformation of the Anatolian plate. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52: 121-154.

ŞENGÖR, A.M.C. and YILMAZ, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181-241.

TÜYSÜZ, O. ve DELLALOĞLU, A. A. 1992. Çankırı Havzasının tektonik birlikleri ve jeolojik evrimi. Türkiye 9. Petrol Kongresi kitabı, sf. 333-349.

ÜNER, T. ve Çakır, Ü. 2011. Eldivan Ofiyolitleri'ne ait Harzburjitik Tektonitlerin Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, *MTA Dergisi*, Sayı 143: 75-94.

7. EKLER

EK-1	Çalışma Alanının 1/25000 Ölçekli Jeoloji Haritası
EK-2	Çalışma Alanının Jeolojik Enine Kesitleri
EK-3	A Profili Jeofizik Kesitleri
EK-4	B Profili Jeofizik Kesitleri
EK-5	C Profili Jeofizik Kesitleri
EK-6	D Profili Jeofizik Kesitleri
EK-7	E Profili Jeofizik Kesitleri
EK-8	F Profili Jeofizik Kesitleri
EK-9	G Profili Jeofizik Kesitleri

ÖZGEÇMİŞ

Halil BÖLÜK

1.04.1987 tarihinde Şebinkarahisar'da doğdu. İlköğretimi 2001 yılında ve liseyi 2005 yılında İstanbul'da bitirdi. Aynı yıl Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünü kazandı. 2006 Yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesinde aynı bölüme yatay geçiş yaptı. 2007 yılında ise Selçuk Üniversitesine aynı bölme geçti ve 2011 yılında buradan mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 Eylül ayında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği anabilim dalına araştırma görevlisi olarak atandı ve yüksek lisans eğitimine burada devam etti. Halen bu görevi yürütmektedir. Evlidir.