



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



İki boyutlu (2B) sismik yansıma yöntemiyle evaporit tuz arama: Ankara-Polatlı bölgesi, Türkiye

Evaporate salt exploration by two dimensional (2D) seismic reflection method: Ankara-Polatlı region, Türkiye

Recep GÜNEY^{a*}, Zeynep Rezzan ÖZERK^a, Erdener IZLADI^a, Salih ERDEN^b, Esra AK^a, Erdi APATAY^a, Erdoğan ERYILMAZ^c, Batuğhan YIKMAZ^c, Sami Aytaç ÖZDEMİR^c, Sermet GÜNDÜZ^a, Tuğçe CAN^a, İmam ÇELİK^d, Abdullah GÜRER^e, Sinem AYKAÇ^a, Muzaffer Özgü ARISOY^a, Esra Burcu KÖSE^a ve Büşra Bihter DEMİRCİ^a

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütler Dairesi, Ankara, Türkiye

^bMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Zonguldak, Türkiye

^cTürk Petrolleri Uluslararası Anonim Şirketi, Ankara, Türkiye

^dÇiçekli Mahallesi, Akten Caddesi, 58/8, İncirli, Keçiören, Ankara, Türkiye

^eAkpınar Mahallesi, 850. Cadde, 10/19, Çankaya, Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:
Tuz, Evaporit, Sismik
Yansıma, Polatlı-Ankara.

ÖZ

Ankara-Polatlı bölgesinde Evaporit tuz zonunun varlığı yapılan sondajlarla tespit edilmiş olup Türkiye'nin en büyük rezervi olduğu düşünülmektedir. Bölgenin alt-üst seviyelerini belirlemek; derinliği; kalınlığı ve uzanım sınırları; horst-graben yapıları; çalışma alanını etkileyen temel derinliği ve tektonik hareketleri belirlemek için sismik yansıma yöntemi kullanılmıştır. Veriler üç sismik hat üzerinde toplanmıştır. Yüzeğe yakın tomografik hız kesitleri, sondajlarda gözlemlenen zon derinliğinin üst kısmı ile uyumludur. Çalışma sonucunda hatlar boyunca zonun üst-taban derinliği ve kalınlığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında gravite ve sismik veriler kullanılarak hatlar üzerinde birleşik yorumlama yapılmıştır. Cevher zonunun genişliği sadece doğu-batı yön kesitinde belirlenmiş olup, kuzey-güney yönlü hatlarda ruhsat sahası ve dolayısıyla sismik hatlar dışında kaldığı için belirlenmemiştir. Evaporit zonunun yüzeğe en yakın noktası yaklaşık 150 m, en derin noktası yaklaşık 310 m, ortalama kalınlığı yaklaşık 100 m ve maksimum kalınlığı 185 m'dir.

Geliş Tarihi: 07.02.2022

Kabul Tarihi: 11.10.2022

Keywords:
Salt, Evaporate, Seismic
Reflection, Polatlı-Ankara.

ABSTRACT

The presence of the evaporate salt zone in Ankara-Polatlı region has been determined by the drillings. It is thought to be the largest reserve in Türkiye. The seismic reflection method was used to determine the top-bottom levels of the zone; its depth; its thickness and extent boundaries; the horst-graben structures; base depth and tectonic movements affecting the study area. Data were collected on three seismic lines. The near-surface tomographic velocity sections were compatible with the top-of-the-zone depth observed in the drillings. As a result of the study, the depth and thickness of the top-bottom of the zone were determined along the lines. Within the scope of the study, a combined interpretation was made on the lines by using gravity and seismic data. The extent of the ore zone

was determined only in the E-W direction section, but not in the north-south direction lines since they are outside the license area and the seismic lines. The closest point of the evaporate zone to the surface is approximately 150 m, the deepest point is approximately 310 m, the average thickness is approximately 100 m and the maximum thickness is 185 m.

1. Giriş

Birçok endüstriyel alanda kullanılan evaporit mineraller (tuzlar) kolayca çözünebilen oluşumlardır. Bu özelliğinden dolayı atmosferik koşulların etkisiyle yüzeylenme yapmazlar ve atmosferik koşullardan etkilenmemeleri için örtü tabakaları (killer) ile örtülmeleri gerekir (Kırtıl vd., 2020).

Çalışma alanı, Ankara'nın yaklaşık 80 km güneybatısında, Polatlı ilçesinde yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanındaki evaporitlerin, paleoklimsel koşullarda, tektonizmalı periyodik karasal volkanizmada ve farklı litolojilere sahip çökeltme sistemlerinde etkin bir şekilde gelişmiş olan playa gölü kompleksinde çökeldiği belirlenmiştir (Güngör, 2005). Bölgede 2017-2019 yılları arasında yapılan sondajlarda yoğun olarak Sodyum Sülfat (%42,64 tenör), Polihalit (%23,74 tenör), Halit (%36,30 tenör) cevherleşmesi tespit edilmiştir (Kırtıl vd., 2020).

Ruhsat alanında birçok jeolojik çalışma yapılmasına rağmen, jeofizik çalışmalar; yalnızca bölgesel gravite verileri ve yer elektrik çalışmasıyla sınırlıdır. Jeolojik veriler, Evaporit zonunun görsel bir ortamda çökeldiğini ve bölgenin tektonik rejiminin bir dizi horst ve graben oluşumları ile karakterize edildiğini göstermektedir; jeofizik çalışmalar bu bilgiyi desteklemektedir. Ancak bölgede yüksek çözünürlüklü jeofizik araştırma yapılmamıştır.

Cevher içeren zonun derinlik, kalınlık ve uzanım sınırlarının belirlenmesi madencilik faaliyetleri için son derece önemlidir. Bu nedenle yer altının detaylı görüntülenmesi gerekmektedir. Sismik yansıma yöntemi evaporitik tuz zonlarının araştırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Gendzwill, 1978; Tay vd., 2002; Leveille vd. 2011; Butler vd., 2014; Jones ve Davison, 2014; Yamamoto vd. , 2017; Protasov vd., 2017).



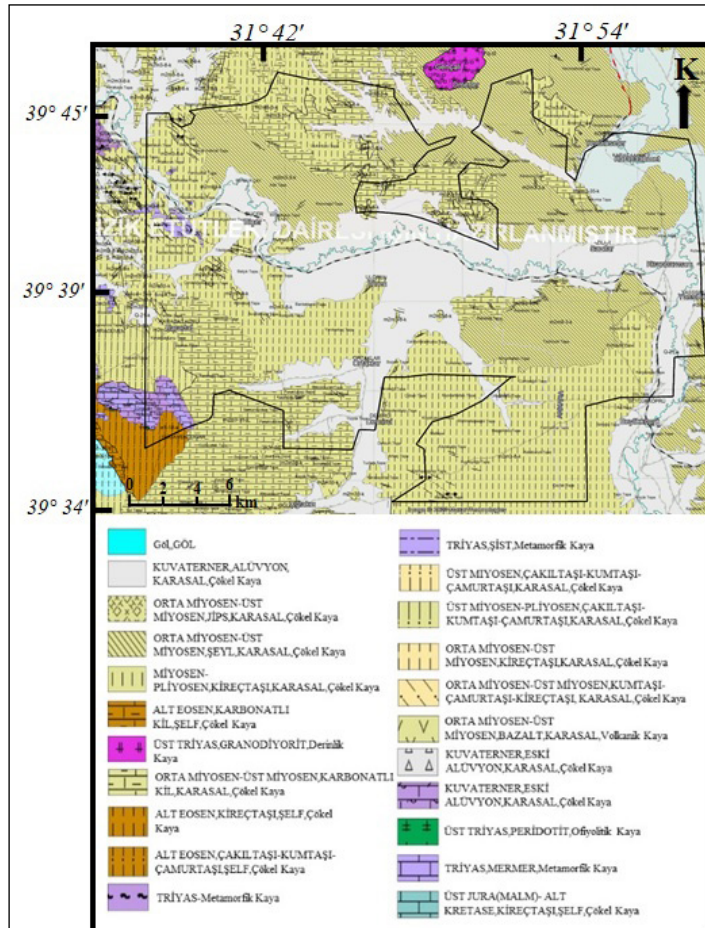
Şekil 1- Çalışma alanı (sarı çizgili alan) ve ruhsat alanı (siyah çizgi).

Sismik yansıma yöntemi ile yapılan bu çalışmanın amacı, çalışma alanı temel topoğrafyasının derinliğini; havza boyunca oluşan horst-graben yapıları ve çalışma alanını etkileyen tektonik hareketleri belirlemenin yanı sıra Evaporit tuz zonu bölgesinin yeryüzüne en yakın noktasını, üst-alt seviyelerini, derinliğini, kalınlığını ve yayılım sınırlarını belirlemektir. Bu kapsamda ruhsat sahasında, mevcut ön bilgiler ışığında belirlenen 3 kritik hat üzerinde sismik yansıma çalışması yapılmıştır.

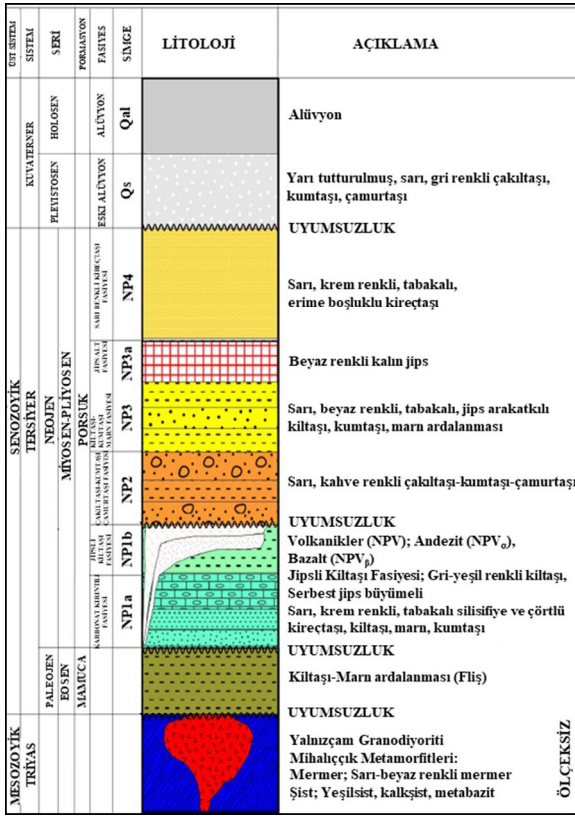
2. Çalışma Alanı Jeolojisi

Çalışma alanı, Tetis kuşağı içinde, Orta Anadolu'nun batısında, Şengör (1979) tanımlamasına göre K-G yönlü gerilme tektoniği etkisi altındaki "Orta Anadolu Ova Rejimi" içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanında Neojen ve Kuvaterner volkanizması oldukça etkili olmuştur. Bölgedeki volkanik birimlerin çoğu Avrasya-Arap levhalarından

gelişen genç levha tektoniği ile ilişkilidir (Gözler vd., 1996). Arıkan (1975), Haymana-Polatlı havzasının güneydoğuya doğru uzandığını ve Tuz Gölü ile birleştiğini belirtmiştir. Polatlı-Haymana havzasında KB-GD doğrultulu olarak Trias'dan Kuvaterner'e kadar uzanan çökeller gözlenmiştir (Ünalın vd., 1976; Turgay ve Kurtuluş, 1985). İnceleme alanı Miyosen, Pliyosen yaşlı volkano-sedimanter, evaporitik, karbonat, kırıntılı birimler ve genç sedimanlarla kaplıdır (Gözler vd., 1996). Genel olarak, Miyosen çökellerinin çoğu Pliyosen göl çökelleri ile kaplıdır ve sınırlı bir alanda (çalışma alanının batısında) yüzeylenir. Göl çökeli istifinde, kısmen yarı kapalı bir sistemde dikey ve yanal ölçekte Evaporitik ve palustrin çökelinin birkaç defa tekrarlandığı ve havza kenarı istiflerindeki kalınlaşmanın havzadaki jeodinamik yapıyı denetleyen blok faylanmaların kontrolünde olduğu ifade edilmiştir (Varol vd., 2005). Çalışma alanının jeoloji haritası ve stratigrafik kesiti sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmektedir.



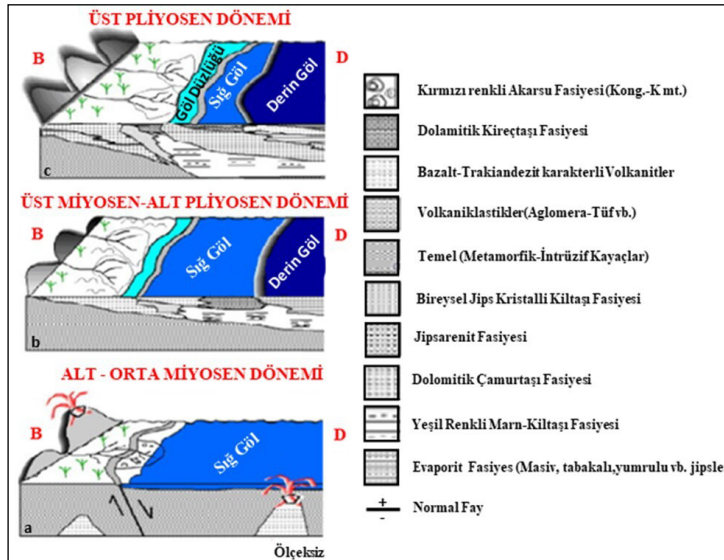
Şekil 2- Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA, 2012'den değiştirilmiştir).



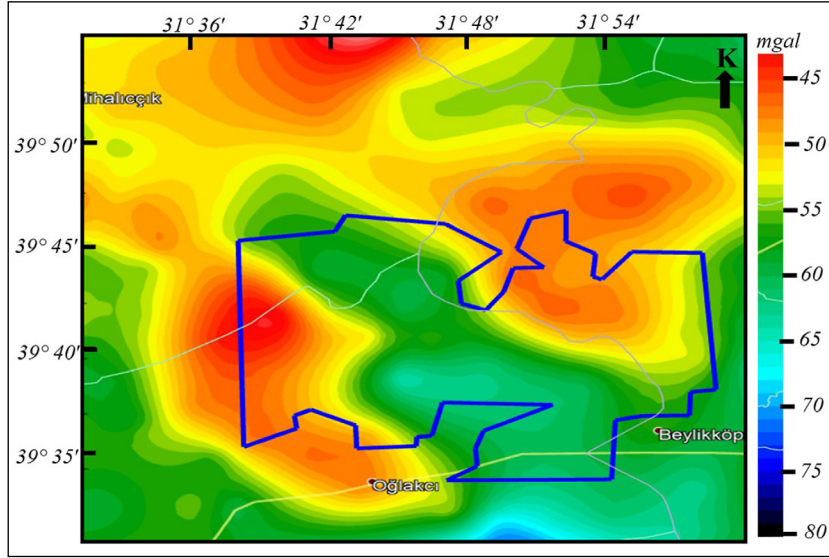
Şekil 3- Çalışma alanının stratigrafik kesiti (Gözler vd., 1996 ve Kırtıl vd., 2020'den değiştirilmiştir).

3. Öncel Çalışmalar

İnceleme alanındaki Evaporit tuz zonu üzerinde birçok jeolojik çalışma yapılmıştır (Aydoğdu, 2004; Varol vd., 2005; Güngör, 2005; Zeybek, 2007; Kırtıl, 2008). Kırtıl (2008), Evaporitli istiflerin çökeltme evrelerini ortaya koymuştur (Şekil 4). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından 1973-2021 yılları arasında "Türkiye Jeofizik Rejyonel Gravite Haritaları" Projesi başta olmak üzere birçok proje kapsamında ölçülen yerçekimi alanı çalışmalarının varyasyonundan hesaplanan Bouguer gravite verileri, Şekil 5'te görülmektedir. Türkiye Bouguer Gravite veri setinde gelgit, sapma, enlem, serbest hava, topografya ve Bouguer düzeltmeleri bulunmaktadır. Gravite verilerinin sunumu, sismik verilerin geometrisine uyum sağlamak ve görsel incelemeyi kolaylaştırmak için 100 m'lik bir örnekleme aralığı ile interpolate edilerek 2B profil eğrileri şeklinde hazırlanmıştır. Ayrıca, yüze yakın yeraltı yapılarının/kütlelerinin ve süreksizliklerinin görüntülenmesi amacı ile potansiyel alan verilerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan toplam yatay türev süzgeci tüm gravite profil verilerine uygulanmıştır. Ataman vd. (2019), havzanın genel olarak bir ana graben olduğunu ve bu ana havza içerisinde çok sayıda horst ve graben yapısının bulunduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4- Evaporitli istiflerin çökeltme evreleri (Kırtıl, 2008); a) Alt-Orta Miyosen dönemi, b) Üst Miyosen – Alt Pliyosen dönemi, c) Üst Pliyosen dönemi.



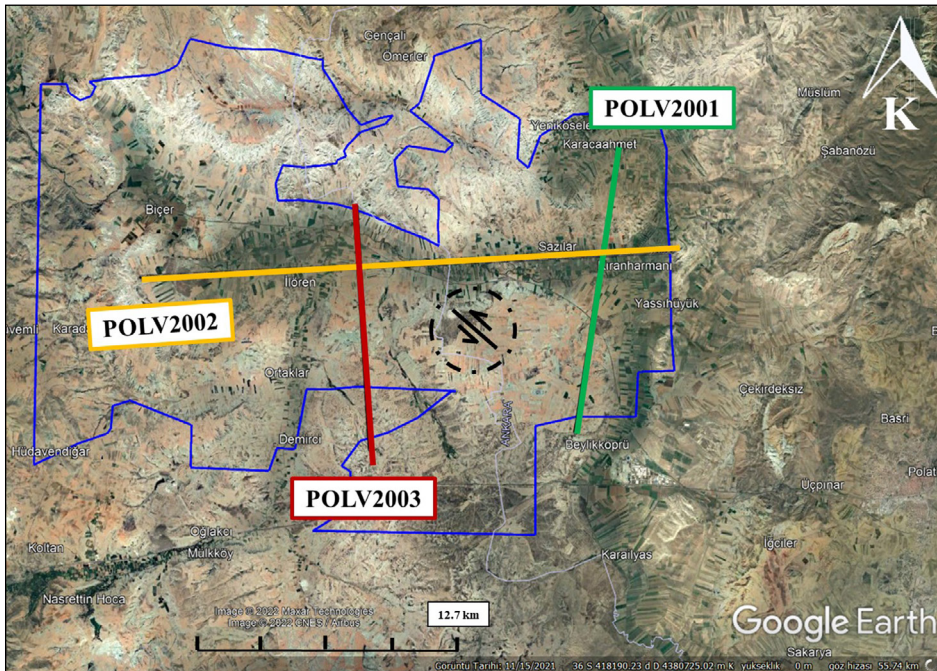
Şekil 5- Ruhsat sahasına ait rejyonel gravite anomali haritası.

4. Veri ve Yöntemler

Yukarıda belirtilen bilgiler dikkate alınarak, ruhsat alanında üç adet sismik hat tasarlanmıştır. Hatlardan biri yaklaşık olarak D-B, diğer ikisi ise yaklaşık olarak K-G yönlüdür (Şekil 6). Çalışmanın amacı; 20-500 m derinlikte olduğu tahmin edilen Evaporit tuz zonunun (birincil amaç) ve yaklaşık 1500 m derinlikte olduğu tahmin edilen şist ana kayasının görüntülenmesidir.

Yapılan sismik çalışmalar bu kapsamda test edilerek belirlenen parametreler ile gerçekleştirilmiştir (Özerk vd., 2021).

Veri toplamada, Sercel 428 XL veri toplama ekipmanı ve iki adet vibro (her biri 12000 pound olan Mini Vib II) aktif sismik enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Hedef derinliğe, çalışmanın amacına, düşünilen yatay-düşey ayrımlılığa ve veri kalitesini



Şekil 6- Ruhsat alanı, sismik hatlar ve sol yönlü doğrultu atımlı fay (siyah kesikli çizgi alanı, Kandemir ve Kanar, 2018).

arttırmaya yönelik olarak saha kayıt parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 1). Proje kapsamında arazide toplanan veriler, veri işlem yapılarak en ideal sismik kesitler elde edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 2). Sismik verilerin statik düzeltme işlemleri için ToModel yazılımı; veri analizi ve veri işlem için Disco Focus 5.4 ve SeisSpace ProMAX yazılımı ve verilerin yorumlanması için Petrel yazılımı kullanılmıştır.

Çizelge 1- Sismik yansıma çalışmasında kullanılan saha kayıt parametreleri.

Yakın Ofset (m)	5
Uzak Ofset (m)	2495
Aktif Kanal Sayısı	350
Başlangıç Frekansı (Hz)	12
Bitiş Frekansı (Hz)	126
Vibro Sayısı	2
Sweep Sayısı	6
Sweep Süresi (sn)	14
Sweep Tipi	Logaritmik -3dB
Taper (ms)	400
Atış Aralığı (m)	10
Grup Aralığı (m)	10
Alıcı Aralığı (m)	0.9
Yayım Tipi	100-250 (Asimetrik)
Kayıt Boyu (ms)	4095
Örnekleme Aralığı (ms)	1

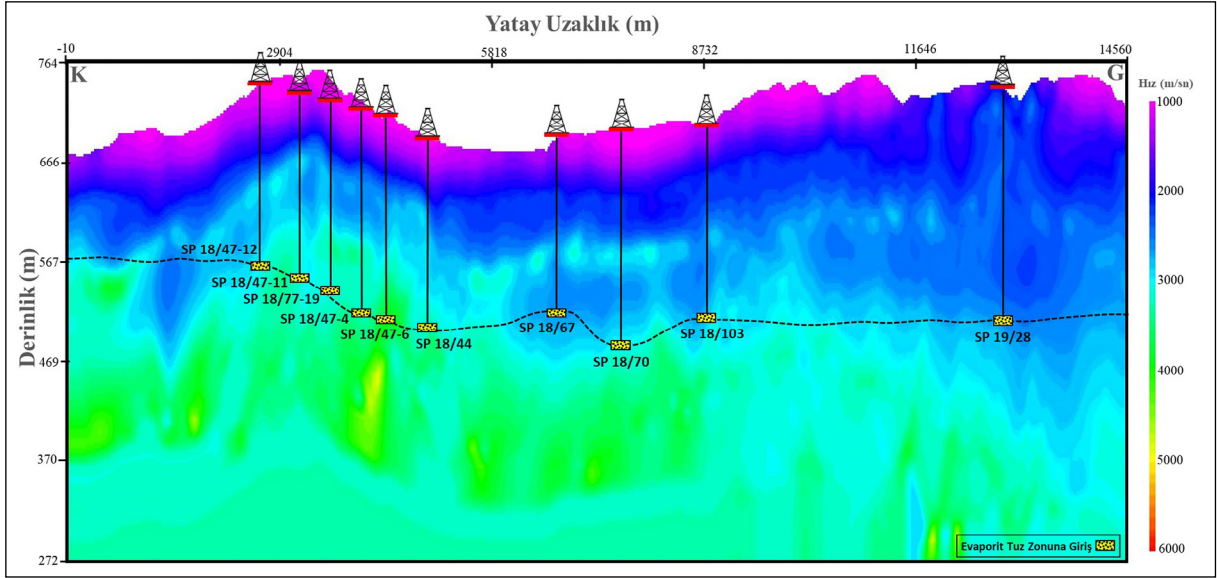
Çizelge 2- Veri işlem akış şeması.

Veri Yükleme
Geometri Tanımlama
Veri Ayıklama
Statik Düzeltme (Datum: 1000 m, Hız: 1500 m/sn)
Genlik Kazancı Uygulama
Yüzey Dalgası Sönümlenme (FK Ortamı, Doğrusal Olayların Süzülmesi)
Önkestirim Dekonvolüsyonu (Kestirim Uzaklığı: 36ms, Operator uzunluğu: 400ms)
Band-geçişli Süzgeç (Kesme Frekansı: 15-50Hz)
CDP Ayıklama
Hız Analizi -1 (250 m, 50 CDP)
NMO
Yığma -1
Artık Statik Düzeltme -1
Hız Analizi -2 (125 m, 25 CDP)
Yığma -2
Artık Statik Düzeltme -2
Final Yığma (Datum: 1000 m)
Göç (FX Göçü) (15-50 Hz)

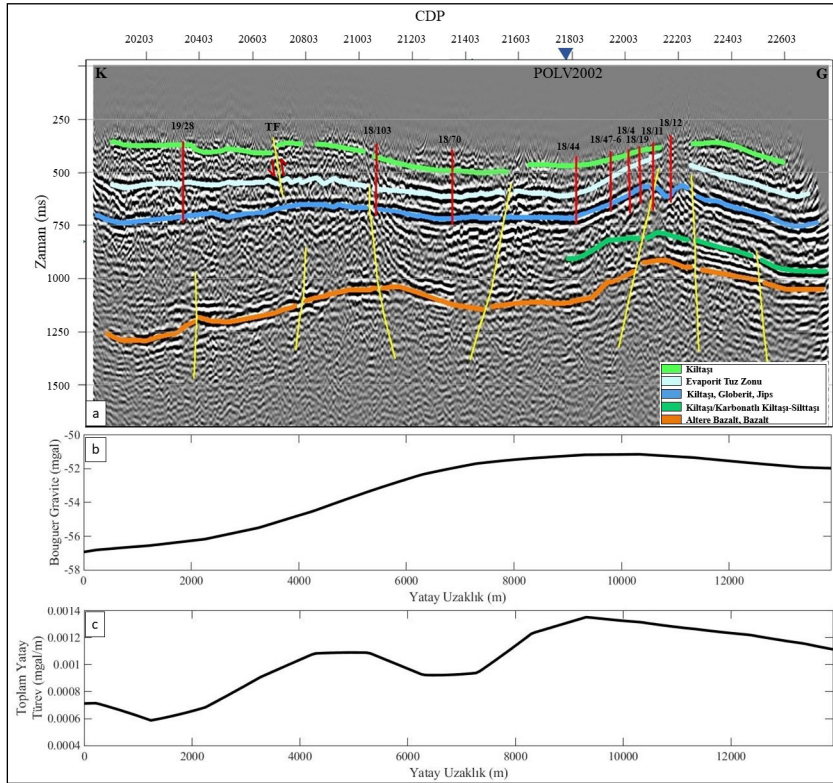
5. Bulgular

POLV2001 hattında yaklaşık K-G yönünde 14550 m sismik yansıma verisi toplanmıştır. Sismik verilerden kırılma tomografisi kullanılarak, yakın yüzey tomografik hız kesitleri de oluşturulmuştur. Tomografik kesitler üzerinde, bölgede daha önceden yapılmış ve sismik hatta en fazla 100 m uzaklıkta olan sondaj verilerinden (19/28, 18/103, 18/70, 18/44, 18/47-6, 18/4, 18/19, 18/11 ve 18/12) de yararlanılarak, evaporit tuz zonuna giriş seviyeleri işaretlenmiştir (Şekil 7). Yakın yüzey tomografik hız kesitinde sismik hızın arttığı seviyeler, Evaporit tuz zonuna giriş seviyeleri ile uyumluluk göstermektedir. Sismik zaman kesitinde beş farklı seviye takip edilmiştir (Şekil 8a). Yakındaki sondaj verilerinden yararlanılarak, ilk seviye (yeşil) 450-500 ms arasında kıltaşı-jipsli kıltaşı; ikinci seviye (turkuaz) 500-600 ms arasında Evaporit tuz zonu girişi; üçüncü seviye (mavi) 650-700 ms arasında kıltaşı-globerit-jips; dördüncü seviye (koyu yeşil) 900-1000 ms arasında kıltaşı-silttaşı ve beşinci seviye (kahverengi) 1050-1250 ms arasında bazalt olarak sismik yansıma seviyeleri yorumlanmıştır. Tüm faylar sarı olarak işaretlenmiştir. Ayrıca, hattın yaklaşık 22200 numaralı CDP civarı horst, 20675 numaralı CDP civarı yüzeye yakın kısımdaki fay ise bindirme fayı olarak yorumlanmıştır. Bölge genişleme rejimi içerisinde olduğu için bindirme fayı görmek ilginç olabilir. Bu bindirme fayı, büyük olasılıkla bölgedeki doğrultu atımlı fay ile ilişkilidir (Şekil 6). Rejyonel Bouguer gravite verisine göre havzayı doğu sınırından G-K doğrultulu olarak kesen POLV2001 hattı için Bouguer gravite genliklerinde (Şekil 8b) temel topografyasına bağlı olarak güneyden kuzeye hafif bir yükselme gözlenmektedir. Yorumlanmış sismik kesit üzerinde belirlenen özellikle derin faylar, gravite toplam yatay türev eğrisinde net bir şekilde izlenmektedir (Şekil 8c).

POLV2002 hattında, yaklaşık D-B yönünde 26510 m sismik yansıma verisi toplanmıştır. Ayrıca, verilerin kırılma tomografik kesiti oluşturulmuştur (Şekil 9). Tomografi kesitinde yaklaşık 18000-22000 m arasında kırılmaya bağlı olduğu düşünülen bir deformasyon gözlenmektedir. Yakındaki sondaj (20/02, 20/20, 19/18, 19/125, 19/118, 18/143, 18/90, 18/89, 18/86, 19/138, 19/151, 19/123, 19/153, 19/141, 18/47-3, 18/44) verilerinden yararlanılarak sismik zaman kesitinde altı seviye takip edilebilmiştir



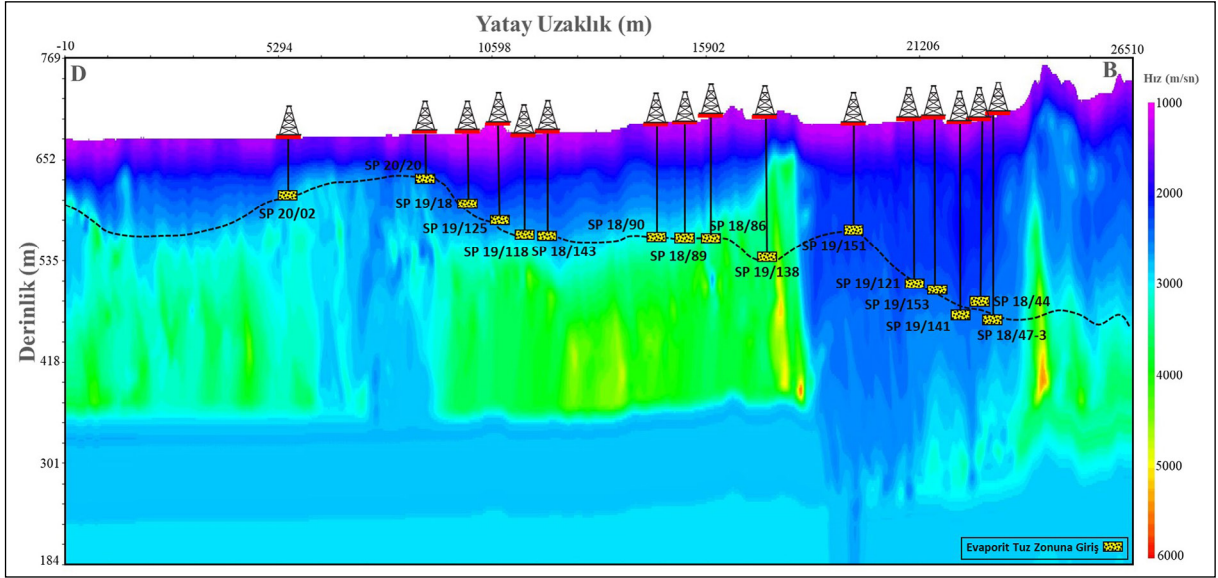
Şekil 7- POLV2001 hattının yakın yüzey tomografik hız kesiti ve hatta yakın sondaj kuyularından elde edilen Evaporit tuz zonuna giriş seviyesine ait derinlik.



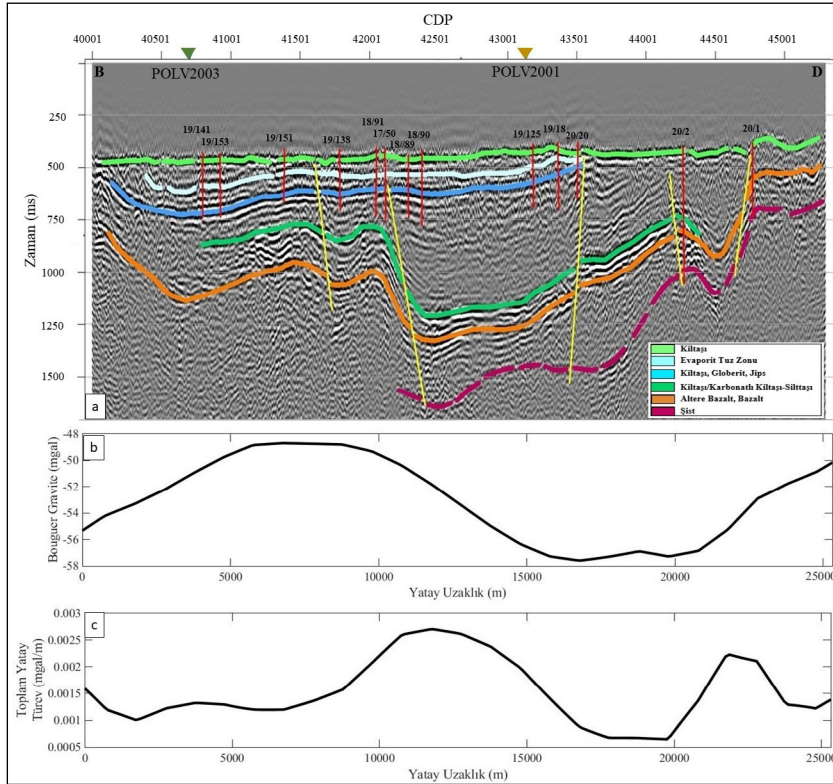
Şekil 8- a) POLV2001 hattına ait yorumlanmış sismik zaman kesiti, bölgedeki sondajlar (kırmızı), sondaj numaraları, faylar (sarı) ve yorumlanmış seviyeler. b) Bouguer gravite eğrisi ve c) Toplam yatay türey eğrisi.

(Şekil 10a). İlk seviye (yeşil) kilitaşı-jipsli kilitaşı, ikinci seviye (turkuaz) Evaporit tuz zonu, üçüncü seviye (mavi) kilitaşı olarak sismik yansıma seviyeleri yorumlanmıştır. Dördüncü seviye (koyu yeşil)

kilitaşı-silttaşı, beşinci seviye (kahverengi) bazalt ve altıncı seviye (mor) metamorfik temel şisti olarak yorumlanmıştır. Evaporit tuz zonunun yayılım sınırları hattın başlangıcından (40000 numaralı



Şekil 9- POLV2002 hattının yakın yüzey tomografik hız kesiti ve hatta yakın sondaj kuyularından elde edilen Evaporit tuz zonuna giriş seviyesine ait derinlik.



Şekil 10- a) POLV2002 hattına ait yorumlanmış sismik zaman kesiti, bölgedeki sondajlar (kırmızı), sondaj numaraları, faylar (sarı) ve yorumlanmış seviyeler. b) Bouguer gravite eğrisi ve c) Toplam yatay türev eğrisi.

CDP) itibaren yaklaşık 18000 m (43600 numaralı CDP) boyunca devam ettiği görülmektedir. 20/1 ve 20/2 no'lu sondajlarda evaporit tuza rastlanmamıştır. Havza yapısını belirleyen faylar sismik kesit üzerinde

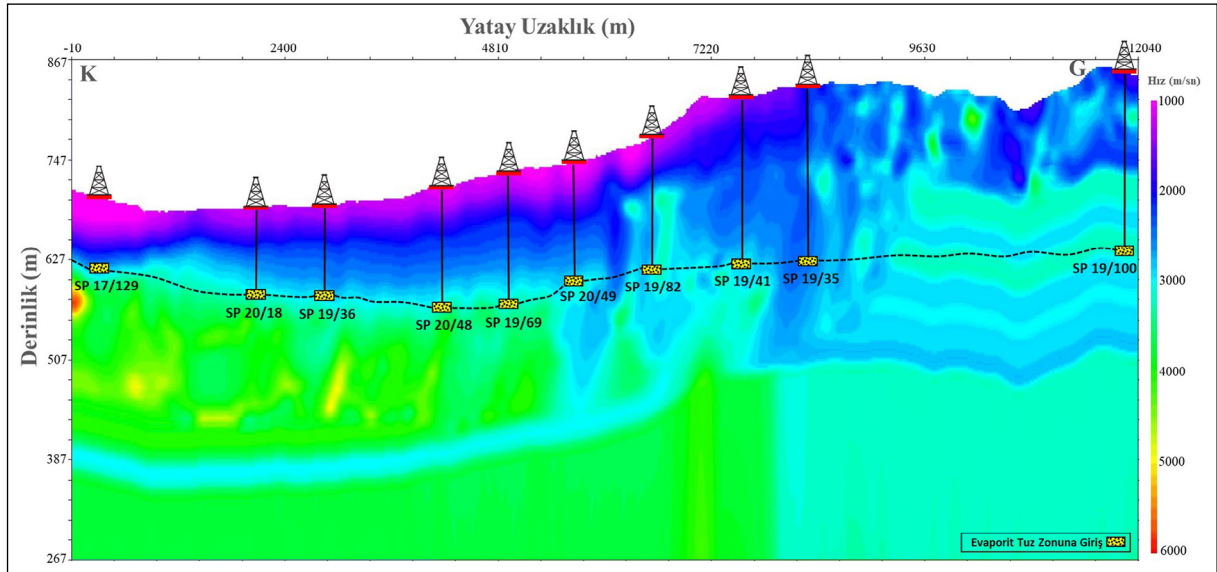
gösterilmiştir. Bununla birlikte yaklaşık 42100 ve 44200 numaralı CDP noktaları civarında horst yapıları gözlenmiştir. Havzayı D-B doğrultusunda kesen POLV2002 hattı için Şekil 10b'de sunulan Bouguer

gravite profil eğrisinde havza sınırlarının doğudan-batıya yatay uzaklıkta 10-23 km arasında olabileceği yorumlanmıştır. Yorumlanmış sismik kesitte (Şekil 10a) belirtilen faylar, Bouguer gravite profili eğrisinde de (Şekil 10b) izlenebilmektedir. Ancak bu durum Şekil 10c’de verilen toplam yatay türev profil eğrisinde çok daha net bir şekilde denetlenebilmektedir.

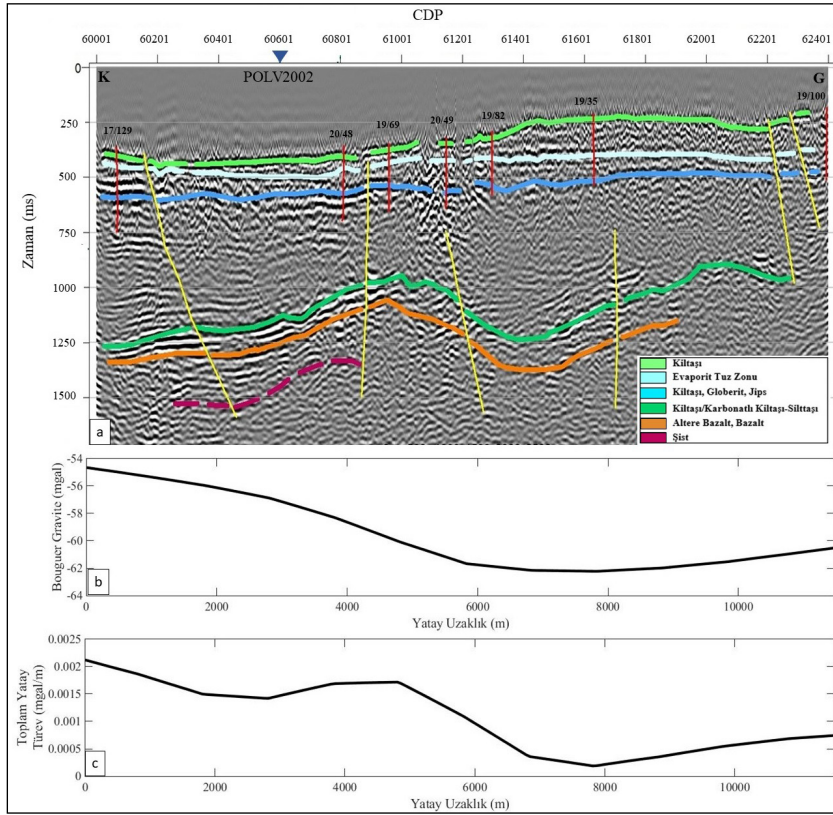
POLV2003 hattında yaklaşık K-G yönünde 12020 m sismik yansıma verisi toplanmıştır. Tomografik hız kesitinde (Şekil 11), hattın güney kısmında çözünürlük düşük olmakla birlikte, Evaporit tuz zonu girişinin hattın kuzeyindeki yüksek hız bölgesi ile eşleştiği görülmektedir. Yakındaki sondaj (17/129, 20/18, 19/36, 20/48, 19/69, 20/49, 19/82, 19/41, 19/35) verilerinden yararlanılarak, sismik zaman kesitinde altı seviye yorumlanmıştır (Şekil 12a). İlk üç seviye yer yer kesintiye uğrasa da hat boyunca takip edilebilmiştir. Birinci ve yüzeye en yakın seviye (yeşil) kıltaşı-jips kıltaşı; ikinci seviye (turkuaz) evaporit tuz zonu; üçüncü seviye (mavi) kıltaşı; dördüncü seviye (koyu yeşil) kıltaşı-silttaşı; beşinci seviye (kahverengi) bazalt ve altıncı seviye (mor) ise

metamorfik temel şist olarak sismik yansıma seviyeleri yorumlanmıştır. Hattın yaklaşık 61100 numaralı CDP civarı horst olarak yorumlanmıştır. Havzayı yaklaşık olarak ortasından K-G yönünde kesen POLV2003 hattı için Şekil 12b’de sunulan Bouguer gravite profil eğrisinde, kuzeyden güneye doğru genlik değerlerinin havza ortasına doğru azaldığı ve sonra havzanın güney sınırına doğru arttığı izlenmektedir. Toplam yatay türev yöntemi (Şekil 12c) beklendiği gibi gravite değerlerindeki ani değişimlerde belirtiler göstermiş ve bu belirtilerin diğer iki profilde olduğu gibi faylardan kaynaklandığı görülmüştür.

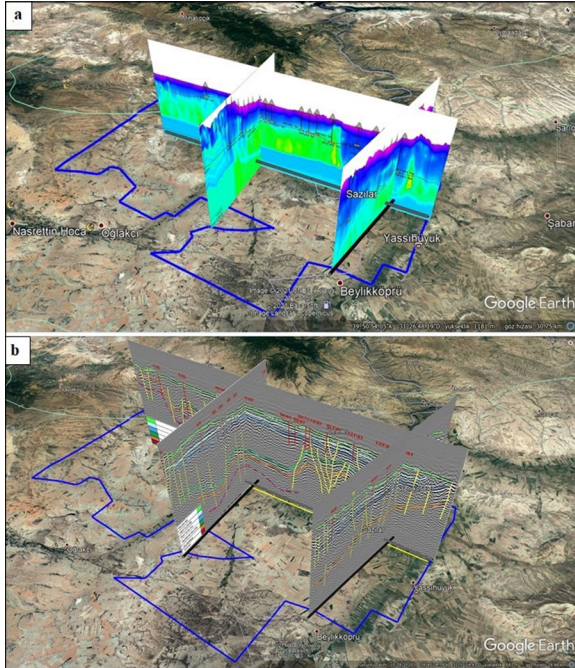
POLV2001 hattında metamorfik temel şisti olarak yorumlanan seviye gözlenmemiştir. Tüm sismik kesitlerde sürekli olarak izlenebilen bazalt seviyesi, POLV2001 hattında kısmen izlenebilmiştir. POLV2002 ve POLV2003 sismik kesitlerinde genellikle izlenebilen şist seviyesi, 20/1 ve 20/2 sondaj kuyularının litoloji bilgilerinden yararlanılarak ilişkilendirilmiştir (Şekil 10). Şekil 13, tomografik hız kesitlerinin ve sismik zaman kesitlerinin 3B görünümünü göstermektedir.



Şekil 11- POLV2003 hattının yakın yüzey tomografik hız kesiti ve hatta yakın sondaj kuyularından elde edilen Evaporit tuz zonuna giriş seviyesine ait derinlik.



Şekil 12- a) POLV2003 hattına ait yorumlanmış sismik zaman kesiti, bölgedeki sondajlar (kırmızı), sondaj numaraları, faylar (sarı) ve yorumlanmış seviyeler. b) Bouguer gravite eğrisi ve c) Toplam yatay türev eğrisi.



Şekil 13- a) Yakın yüzey tomografik hız kesitlerinin 3 boyutlu görünümü ve b) Yorumlanmış sismik zaman kesitlerinin 3B görünümü.

6. Tartışma

Tektonik olarak çok karmaşık olmayan bölgede yer alan evaporit tuz zonu gölsel ortamda çökelmiştir. Bu tür sedimanter havzalarda sismik yansıma yönteminin iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Jeolojik katmanların net olarak gözlemlendiği bu tür havzalar, sismik yansıma çalışmaları ve daha az sondaj verisi ile aydınlatılabilir.

Çalışma alanında yaygın olarak bulunan evaporit tuz zonu üç adet sismik hat ile aydınlatılmaya çalışılmıştır. Evaporit tuz zonu bu sismik hatlar boyunca görselleştirilmiş, ancak cevherli zon ruhsat alanı dışına ulaştığı için K-G yönlü hatlarda tuz zonunun yayılım sınırı belirlenememiştir.

Kırılma tomografisi ile elde edilen yakın yüzey hız modellerinde, evaporit tuz zonunun yaklaşık hızının 3500 m/s olduğu ve çalışma alanına yakın sondaj kuyularında belirlenen evaporit zonunun derinliği ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak, tomografik

ters çözüm sırasında tutarsızlıklara sebep olan kırılma verilerinin varışlarındaki bozulma nedeniyle yakın yüzey hız kesitlerinin bazı kısımlarında süreksizlikler gözlenmektedir.

Bölgenin gravite haritasında (Şekil 5) görülen düşük yoğunluklu anomali, havzada tuzun varlığını desteklemektedir. Özellikle Bouguer graviteden elde edilen 2B toplam yatay türev eğrilerinin sismik kesitte gözlenen faylarla oldukça uyumlu değişimler gösterdiği görülmektedir. Böylece her iki yöntem de birbirini denetlemiştir ve desteklemiştir.

Sismik hatlar ana graben içerisinde kalmaktadır ve çok sayıda kırık hattı mevcuttur. Ayrıca havza içerisinde horst-graben yapıları da bulunmaktadır (Ataman vd., 2019). POLV2001 hattı CDP noktası 22200 civarı; POLV2002 hattı CDP noktası 42100 ve 44200 civarı; POLV2003 hattı CDP noktası 61100 civarı havza içerisindeki horst yapıları olarak değerlendirilmiştir.

POLV2001 hattında CDP noktası 20675 civarı bir bindirme söz konusudur (Şekil 10). İnceleme alanının horst-graben sistemindeki bir açılma tarafından oluşturulduğu düşünüldüğünde bölgede bindirme fayının varlığı son derece ilginçtir. Ayrıca bölgenin jeoloji haritasında sol yönlü doğrultu atımlı bir fay bulunmaktadır (Şekil 2). Söz konusu fayın POLV2001 hattını kestiği noktada ters bileşene sahip olabileceği düşünülmektedir. Bölgede çok fazla deprem olmadığı için herhangi bir odak mekanizması çözümüne ulaşılamamıştır. Daha önceki jeolojik ve jeofizik çalışmalar da havzada horst-graben sistemlerinin olduğunu öngörmüştür. Ancak sismik yansıma çalışması ile horst-graben sistemi yüksek çözünürlüklü olarak görüntülenmiştir.

7. Sonuçlar

Geniş bir alana yayılmış olan sedimanter havzada birçok sondaj çalışması gerçekleştirilmiş olup, üç hat boyunca sismik yansıma çalışması yapılarak toplamda 53080 m jeofizik sismik yansıma verisi toplanmıştır. Yakın yüzey tomografik hız modelleri elde edilmiş ve evaporit tuz zonunun üst derinliği ile tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Metamorfik temel kayaç olan şist seviyesi (POLV2002 ve POLV2003 kesitlerinde lokal olarak) ve evaporit tuz zonunun derinliği üç sismik

hatta belirlenmiştir. Evaporit tuz zonu kalınlığı ve derinliği sismik kesitler ve sahada daha önce yapılmış sondaj verilerinden yararlanılarak ortaya konulmuştur. Tuz zonunun yayılım sınırı sadece D-B doğrultusunda olan POLV2002 hattı üzerinde belirlenebilmiştir. K-G yönündeki hatlarda (POLV2001 ve POLV2003), evaporit tuz zonu ruhsat alanını dışına da çıkmaktadır.

Sahada daha önce yapılmış yakındaki sondaj verilerinden yararlanılarak, POLV2001 sismik hattı üzerinde 5 adet yorumlanmış seviye vardır: kıltaşı-jips kıltaşı, evaporit tuz zonu, kıltaşı-globerit-jips, kıltaşı-silttaşı (kısmen) ve bazalt. Evaporit tuz zonu içerisinde kalmış olan hattın sınırları belirlenememiştir. Hattaki faylardan biri bindirme fayı olarak yorumlanmıştır. POLV2002 sismik hattı üzerinde 6 adet yorumlanmış seviye vardır: kıltaşı-jips kıltaşı, evaporit tuz zonu, kıltaşı-globerit-jips, kıltaşı-silttaşı, bazalt ve metamorfik temel şist (kısmen). Bu hat üzerinde, evaporit tuz zonunun batı ve doğu sınırları belirlenebilmiştir. POLV2003 sismik hattı üzerinde 6 adet yorumlanmış seviye vardır: kıltaşı-jips kıltaşı, evaporit tuz zonu, kıltaşı-globerit-jips, kıltaşı-silttaşı, bazalt (kısmen) ve metamorfik temel şist (çok kısa bir alanda). Bu sismik hat, POLV2001 sismik hattı gibi evaporit tuz zonu içerisinde kalmış olup, sınırları belirlenememiştir.

Yorumlanan sismik hatlara göre; evaporit cevheri kuzeye doğru kalınlaşır ve en kalın yeri (yaklaşık 185 m) POLV2001 hattının başlangıcıdır. Sismik hatlara göre cevherin ortalama kalınlığı 100 m civarındadır. Cevherin yüzeye en yakın olduğu noktalar (yaklaşık 150 m) POLV2002 hattı üzerindedir. Cevherin yüzeyden en uzak noktası yaklaşık 310 m'dir.

Ayrıca sismik kesitte görülen temel topoğrafyası ve faylar, Bouguer gravite verilerinden elde edilen 2B Bouguer gravite ve toplam yatay türev eğrileri ile incelenmiştir. Özellikle toplam yatay türev eğrilerindeki değişimler sismik kesitlerde yorumlanan faylar ve temel topoğrafyası ile çok iyi uyum göstermektedir.

POLV2001 kesitinin yaklaşık 20675 numaralı CDP noktasında işaretlenen ve ilk iki seviyeyi kesen fay bindirme fayı olarak değerlendirilmiştir. Bu tür büyük havzalarda, jeolojik yapıların yorumlanması ve fay korelasyonunun daha doğru olabilmesi için daha sık

sismik profiller tasarlamak faydalı olacaktır. Detaylı sismik yansıma çalışmaları ile daha verimli ve faydalı sondajların planlanması yer altının aydınlatılması için önemli bir aşamadır.

Katkı Belirtme

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) bu çalışmayı 2020-32-13-02-1 kod numaralı “Orta Anadolu Tersiyer Havzaları Globerit ve Tenardit Aramaları” projesi kapsamında gerçekleştirmiştir. Sismik çalışmalarda emeği geçen Proje Başkanı Murat KIRTIIL’a ve sismik ekibe teşekkür ederiz. Ayrıca sismik veri işlem aşamasındaki katkılarından dolayı Dr. Orhan GÜRELİ’ye, sismik yorumlama aşamasında tavsiyelerinden dolayı Sayın Atilla SEFÜNÇ’e ve yazılım konusunda kesintisiz desteği için Sayın Erdal ÖZCAN’a teşekkür ederiz. Ayrıca makalenin geliştirilmesine katkı sağlayan Prof. Dr. Derman DONDURUR ve diğer hakemlere (adı bilinmiyor) teşekkür ederiz.

Değınilen Belgeler

- Ankan, Y. 1975. The geology and petroleum prospects of the Tuz Gölü basin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 85, 17-37.
- Ataman, O., Duman, Ö., Gülşen, H. 2019. Orta Anadolu tersiyer havzaları endüstriyel tuz aramaları projesi Ankara ili Polatlı ilçesi (Ömerler-Sazılar-Kıranharmanı) ruhsat sahaları jeofizik özdirenç etüt raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Aydoğdu, M. N. 2004. The Sedimentology of the upper miocene age of evaporitic units around Oğlakçı and Demirci villages (NE Sivrihisar). Ankara University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis (yayımlanmamış).
- Butler R. W. H., Maniscalco, R., Sturiale, G., Grasso, M. 2014. Stratigraphic variations control deformation patterns in Evaporite basins: Messinian examples, onshore and offshore Sicily (Italy). Journal of the Geological Society 172, 113–124.
- Gendzwill, D. J. 1978. Winnipegosis Mounds and Prairie Evaporite formation of Saskatchewan-seismic study. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin 62, 1, 73-86.
- Gözler, M. Z., Cevher, F., Ergül, E., Asutay, H. J. 1996. Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi. Maden Tetkik

ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9973, Ankara, Türkiye.

- Güngör, P. 2005. Demirci köyü (KD Sivrihisar) civarı evaporitlerinin jeokimyası ve kökeni. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi (yayımlanmamış).
- Jones I. F., Davison, I. 2014. Seismic imaging in and around salt bodies, Interpretation 2: SL1-SL20.
- Kandemir, Ö., Kanar, F. 2018. Türkiye jeoloji haritaları serisi: Ankara İ-27 Paftası, No: 27, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kırtıl, M. 2008. Sazak ve Biçer köyleri (GD Mihalıççık) civarı neojen yaşlı evaporitik birimlerin sedimantolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi (yayımlanmamış).
- Kırtıl M., Kocaherzen A., Kırbas H., Yılmaz M., Işık A. E., Ergun Z. 2020. Ankara-Polatlı yöresindeki S:201700027 (Er: 3351092) no’lu IV. grup ruhsat sahasının buluculuğa ait maden jeolojisi ve kaynak tahmini raporu, sodyum sülfat (tenardit, globerit)-polihalit-halit (Türkiye). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Leveille, J. P., Jones, I. F., Zhou, Z. Z., Wang, B., Liu, F. 2011. Subsalt imaging for exploration production and development: A review. Geophysics, 76, 5, 1SO-Z122.
- MTA. 2012. 1/25.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, i27 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özerk, R. Z., Güney, R., Aykaç, S., İzladı, E., Köse, E. B., Erden, S., Ak, E., Can, T., Gündüz, S., Apatay, E., Demirci, B. B. 2021. Orta Anadolu tersiyer havzaları globerit ve tenardit aramaları projesi Ankara-Eskişehir 2020 yılı jeofizik sismik yansıma etüdü raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye (yayımlanmamış).
- Protasov, M., Kolyukhin, D., Rostomyan, S., Landa, E. 2017. Subsalt imaging in the presence of salt-body uncertainty. The Leading Edge, 36, 2, 110-192.
- Şengör, A.M.C. 1979. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. Journal of the Geological Society of London, 136, 269-282.
- Tay, P. L., Lonergan, L., Warner, M., Jones, K. A. 2002. Seismic investigation of thick evaporite deposits on the central and inner unit of the Mediterranean Ridge accretionary complex. Marine Geology, 186, 1–2, 5, 167-194.
- Turgay, M. I. ve Kurtuluş, C. 1985. Seismic reflection studies in Polatlı region, Türkiye. Bulletin of the

- Mineral Research and Exploration, 103-104, 45 - 55.
- Ünalın, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyirt, Z., Hüseyin, S. 1976. The stratigraphy and paleogeographical evolution of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary sediments in the Haymana-Polatlı region (SW of Ankara). Bulletin of the Geological Society of Türkiye, 19, 159-176.
- Varol, B., Tekin, E., Ayyıldız, T., Karakaş, Z. 2005. Sedimentology of lacustrine neogene evaporitic deposits of Polatlı-Sivrihisar Basin (Central Anatolian Basin). 58th Geological Congress of Türkiye, 113-117, Ankara.
- Yamamoto, T., Maul, A., Martini, A., Born, A., Gonzalez, M. 2017. Evaporitic section characterization using inversion and bayesian classification, Society of Exploration Geophysicist, Global Meeting Abstracts 17-22.
- Zeybek, B. 2007. Porsuk formasyonu (pliyosen) evaporitlerinin jeokimyasal incelemesi, Orta Sakarya bölgesi, İç Anadolu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi (yayımlanmamış).

