

Şekil 2- Çalışma alanında uygulanan sismik serim yönleri ile havzadaki sondajların yaklaşık lokasyonları.

mik kesitler olarak işlenmişler, böylece apeksi 200 ms düzeyine kadar yükselen güçlü bir yansıma yüzeyi ile formasyonların içsel değişimlerini yansıttıkları düşünülen belirli yansıma belirtileri elde edilmiştir. Bu motiflerin her bir hat üzerindeki anlamlandırılmaları ve yanal korelasyonları final kesitler üzerinde izlenebilir.

ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Bu çalışma sahadan sismik veri toplama, veri işleme ve sismik kesitlerin jeolojik yorumu olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Veri toplama

Çalışmada kullanılan kayıt parametreleri çizelge 1'de sunulmuştur.

Saha çalışması sırasında, atış önceliği kayıtda olmak üzere, mevcut kanalların serimi yapıldıktan sonra (66 kanal) Rollalong vasıtasıyla canlı olan 48 kanal kaydırılarak hat üzerinde ilerlemek yoluyla profil tamamlanmıştır. Çalışmada ilerleme yöntemi olarak Off - End (Atış geride, jeofonlar ileride, ötelenerek) yöntemi uygulanmıştır (Sakallıoğlu, 1995; Krug, 2004).

Çizelge 1 - Sismik yansıma çalışmasında uygulanan atış geometrisi ve kayıt parametreleri.

Kayıtçı:	Strawiev 48 kanal	Grup aralığı:	5 metre
Jeofon:	14 Hz	Atış aralığı:	5 metre
Enerji Kaynağı:	MiniVib II	Sweep type:	Logaritmik
Örnekleme aralığı:	1 msn	Sweep length:	6 sn
Kayıt uzunluğu:	1024 msn	Taper:	1 sn simetrik
Yakın Ofset	15 mt	Pilot İz	1. Kanal

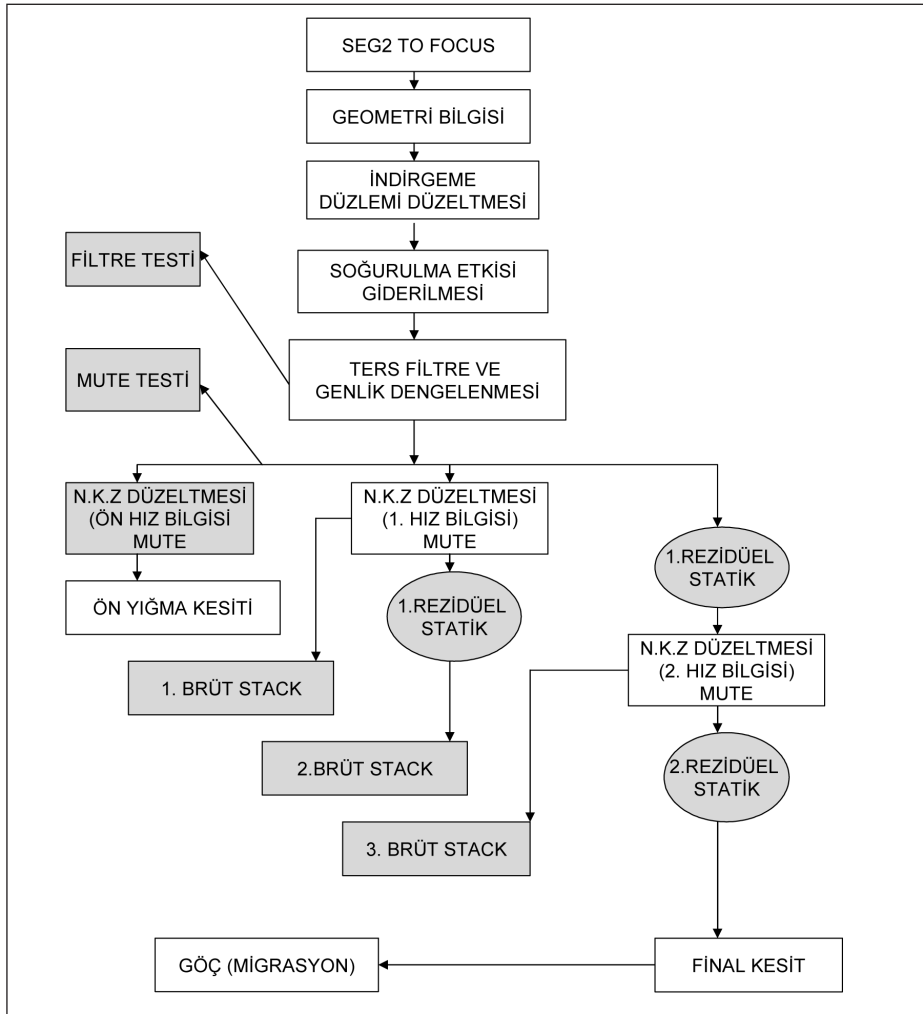
Veri işleme

Toplanan sismik verilerin prosesi, TPAO tarafından uygulanan ve şekil 3'te gösterilen klasik veri - işlem akış şemasına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Yılmaz, 1987; Us, 1993). Bu iş için MTA Deniz Araştırmaları Koordinatörlüğü bünyesindeki SUN iş istasyonu kullanılmıştır. Bu iş istasyonunda FOCUS veri-işlem paket programı kullanılarak genel ve rutin prosesler yapıldıktan sonra, daha ayrıntılı (yüksek çözünürlüklü) prosesler için TPAO veri-işlem olanaklarından yararlanılmıştır. Bu kapsamda ilgili profiller ProMax

veri işlem paket programı kullanılarak yeniden proses edilmiştir. Bu ikinci proses sonrasında elde edilen sismik kesitler, sahadaki jeolojik ortamı yüksek ayrımlı olarak temsil edecek hale gelmiştir.

Jeolojik yorumlama

Elde edilen sismik verilerin prosesi sonrasında elde edilen sismik kesitler üzerinde gerek taban kayaç derinliğini ve geometrisini saptamak gerekse Neojen istifinin iç yapısına dair yanal korelasyonlar yapmak üzere jeolojik yorum çalışmaları yürütülmüştür. Sismik kesitler üzerindeki



Şekil 3- Afşin-Elbistan sahasında toplanan sismik verilere uygulanan veri-işlem akış şeması.

jeolojik yorumlar, MTA Enerji Dairesi tarafından sağlanan gerçek kuyu bilgileri kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle sismik hatlar üzerinde kalan kuyuların yanal korelasyonları yapılmış; daha sonra ise kömürlü serinin çökmesi öncesinde, sırasında, sonrasında ve Kuvaterner tabanı için çökme havzasının taban morfolojisinin evrimini anlayabilmek amacıyla kuyular belirli DATUM düzeylerine asılmış ve kömürlü düzeylerin ilgili dönemdeki çökme alanlarına ait genel jeomorfolojik ve tektonik özellikler anlaşılmasına çalışılmıştır. Son aşamada ise kuyu bilgileri sismik hatlar üzerine taşınmış ve sismik izler ile korelasyonları sağlanmıştır. Kuyu lokasyonlarının gerçek koordinat değerleri ile sismik hatların koordinatları örtüşmemekte olduğundan bunların sismik hatlar üzerindeki yerleri yaklaşık olarak kabul edilmiştir.

İkinci aşamada, sonik log hız bilgilerine dayanılarak jeolojik formasyonların her birisi için aralık (interval) hız değerleri hesaplanmıştır. Üstten alta doğru alüvyon ve altındaki siltli kil tabakaları için sismik hız 1600 m/sn; yeşil renkli kil tabakaları için (tavan kili) sismik hız değeri 1800 m/sn; kömür horizonu sismik hız değeri 2000 m/sn; kömür horizonunun tabanında yer alan çamurtaşı - marn tabakaları için sismik hız değeri 2300 m/sn olarak belirlenmiştir. Pliyosen serisinin tabanında yer alan temel kayaların sismik hız değeri 3750 m/sn olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden Dix (1955) formülü yardımıyla RMS hızları, dolayısıyla yığma hızları bulunmuş ve sismik yansıma kesitleri elde edilmiştir.

Kömür horizonunun taban düzeyi 100 ile 120 ms TYS (Toplam Yolculuk Süresi) zaman değerlerine karşılık gelmektedir. Bu değerler sismik yansıma kesitinde ÇYYSS (Çift Yol Yolculuk Süresi) değerlerine dönüştürüldüklerinde yaklaşık iki kat değerler elde edilir. Bu zaman değerinin derinlik karşılığı ise yaklaşık 200 metredir. Nitekim, hatların jeolojik korelasyonlarına bakıldığında kömür horizonunun taban seviyesinin genellikle 180 ile 220 metreler arasında kaldığı görülmektedir. Aşağıda verilen zaman değerleri ÇYYSS cinsinden verilmiştir.

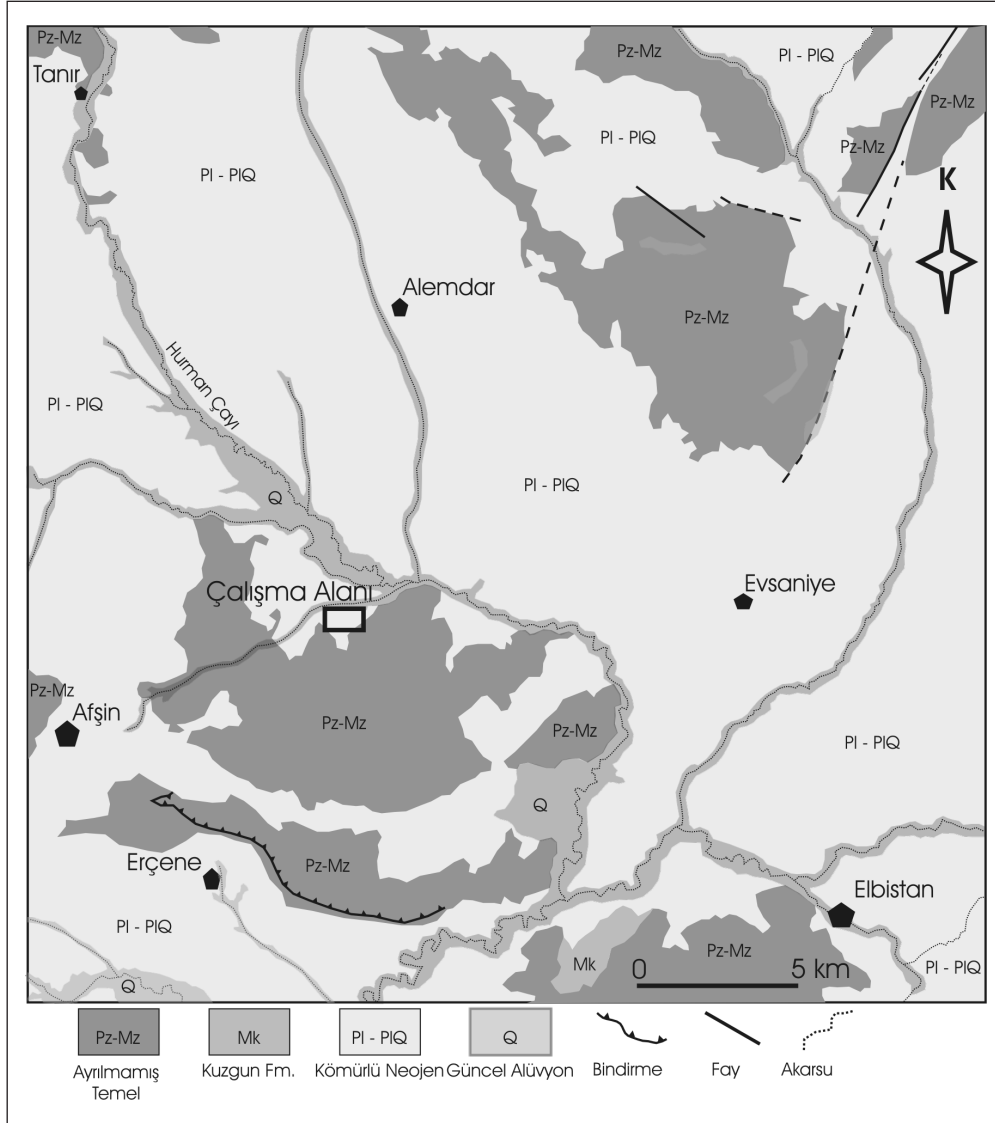
JEOLOJİ

Literatürde, havzayı da içine alan geniş kapsamlı jeolojik araştırmalar bulunmaktadır (Staesche, 1972; Tarhan, 1984, 1986; Perinçek ve Kozlu, 1983). Ayrıca, özellikle MTA ve TKİ raporları bu havzanın jeolojisi ve kömür oluşumlarının değerlendirilmesi için en önemli kaynaklardır (Koçak ve diğerleri, 2002; Atay, 1981; Aydoğan, 1978; Barkurt ve diğerleri, 1991; Baydar, 1975; Bilgin, 1982; Karlı, 1983; Mengeloğlu, 1999; Özcan, 1981; Uysal, 1985).

Havzada yürütülen ilk kapsamlı çalışmalarda havzanın dolgu kayalarının limnik ve flüviyatil fasiyesteki kayalardan oluştuğu belirtilmektedir (Staesche, 1972; Gökmen ve Diğerleri 1993). Havzanın genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti şekil 4'te sunulmuştur.

Perinçek ve Kozlu (1983), Afşin - Elbistan bölgesinde Senozoyik istifinin Miyosen yaşlı Kuzgun formasyonu ile başladığını, bunun üzerine Pliyosen ve Kuvaterner serilerinin çökeldiğini belirtmektedirler (Şekil 5). Aynı araştırmacılar bölgedeki genç karasal çökelleri Pliyosen ve Pliyo-Kuvaterner - Kuvaterner olarak iki dizilimde ele almışlardır. Bu çalışmanın da ağırlıklı olarak konusunu oluşturan Pliyosen çökellerinin tabanda çakıltaşı veya çakıllı kiltası ile başladığı, üste doğru kiltası ve çamurtaşı ile devam ettiği belirtilmiştir. Tarhan (1984) ise, kumtaşı, kiltası, marn, gölsel kireçtaşı, çakıltaşı, tüfit, çamurtaşı ve kömür düzeylerini kapsayan (Afşin linyitleri) Pliyosen yaşlı istifi Nadir formasyonu olarak adlandırmaktadır. Bu formasyon, Afşin-Elbistan havzasının GB'sında, Göksun dolayında siyah-kırmızı renkli polijenik çakıltaşları ile temsil edilmektedir (Yümün ve Kılıç, 2002).

Bu çalışmada sismik yansıma profillerinin yapılmış olduğu alandaki lokal stratigrafik dizilim jeolojik korelasyon açısından önem taşımaktadır. Havzada yürütülen sondaj bilgilerine göre inceleme alanının temeli, Mesozoyik ve daha yaşlı kireçtaşı - mermer - şist vb. kayalardan oluş-



Şekil 5- Afşin - Elbistan Havzasının jeolojik konumu (Perinçek ve Kozlu, 1983'ten sadeleştirilerek alınmıştır).

Pleyistosen yaşlı kömürlü seri ise bu taban serilerinin üzerine diskordan olarak gelmekte olup tabanda çakıllı, kumlu seviyeler ile başlar, üstte doğru kil, kömür, marn ve kireçtaşı seviyeleri içerir.

Bu kömürlü seri başlıca dört ayrı seviyeden oluşmaktadır.

Tersiyer

Taban seviyesi kil ve marnları (Eosen (?)) - Miyosen (?) - Alt Pliyosen (Plm)

Çalışma sahasında Pliyo-Pleyistosen'in tabanı hakim litoloji olarak kil marn ardalanması şeklindedir. Tabana doğru kumlu kil ve çakıllı kil se-

viyelerinden oluşmaktadır. Mavimsi yeşil renktedir. Mostra vermeyen bu oluşumlar, sondajlarda tanımlanmıştır. Kömürün konumuna göre bu taban seviyesi havzada çeşitli derinliklerden itibaren başlamaktadır. Kömürün tabanında yer alan bu seviye tipik rengi ve içerdiği karbonat yumruları sebebiyle kolayca tanımlanabilmekte, kalınlığı 200 m. ye kadar çıkabilmektedir. Bu istif daha yaşlı olan diğer temel kayaçlarının üzerine doğrudan diskordans ile gelmektedir.

Kömürlü gıdya (Pliyosen) (Plg)

Taban kil ve marn seviyesinin üzerine gıdyalardan oluşan bir düzey gelmekte olup linyit damarı içermektedir. Kömür damarının altında gıdya seviyesi 10-15 m kalınlıkta olmasına karşın kömür damarının üzerinde 30-40 m kalınlıklara kadar çıkabilmektedir. Mostra vermeyen bu limnik oluşumlar da sadece havzadaki sondajların karotlarından tesbit edilmektedir. Kömürlü düzeyler ile gıdyaların toplam kalınlığı yer yer 100 metre'ye ulaşmakta olup gıdya düzeyleri özellikle istifin üst kesimlerinde bol miktarda çözünmüş gastropod kavkı kırıntıları içermektedir.

Bu birimin içersinde yer alan kömür damarı havzanın batısında daha monoton olup 40-45 m kalınlıklara çıkabilen tek damar şeklindedir. Havzanın doğu kesimlerindeki kömür damarları ise, kil ara kesmeleri ile birlikte toplam 70-80 m lik bir zon oluşturmaktadır. Bu kömür damarlarının hepsinin toplam kalınlığı 50-60 m'ye kadar çıkmaktadır.

Tavan seviyesi kil ve marnları (Plio-Pleyistosen) (Plk)

Kömürlü gıdya seviyesinin üzerinde yer alan bu seviyede hakim litoloji kil ile siltli-kumlu-kil aralanmasıdır. Yer yer silt ve kum bantları da içeren birim az fosillidir. Birimin kalınlığı 20-30 m dolayındadır.

Tatlı su kalkerleri (Plio-Pleyistosen) (Plkçt)

Havza dolgusunun yüzeyinde görülen bu oluşumlar son yatay tabakalı limnik çökellerdir.

Gastropod fosillerince zengindir. Genellikle beyaz renkte olup nadiren gri ve kahve renklidir. Bu oluşuklar, kıyı önü sığ göl karbonat düzlüğü olarak tanımlanabilecek olup (Scholle ve diğerleri, 1983) kalınlıkları 20 metreyi aşmamaktadır.

Kuvaterner

Havzada Kuvaterner yaşlı çökeller iki seri halinde bulunur: Tabanda yer alan eski akarsu çökelleri sondajlarda tanımlanmış olup yüzlek vermezler. Güncel alüvyal çökeller tüm seriyi açısız diskordansla örter (Şekil 4).

Çakıl-çakıltaşı (Qkm)

Eski akarsu çökelleri tabanda çakıltaşı - kumtaşı ile, orta kesimlerde akarsu çökelleri, en üstte ise konglomeratik yelpaze çökelleri ile temsil edilir (Şekil 4). Çakıl serileri havzanın bir çok kesiminde görülmektedir. Çakıl boyutları havza kenarından havza merkezine doğru gidildikçe küçülmektedir. Çakıl büyüklüğü, akarsuların havzaya giren ağız kısımlarında ortalama 2-20 cm'ler arasında değişmekte, havza merkezinde ise ince taneli kumlar hakim durumdadır. Bu klastik malzeme, havza kenarındaki kireçtaşları, kuvarsit ve radyolarit çakıllarından meydana gelmiş olup karbonatlı bir çimento ile tutturulmuştur. Bu çökellerin kalınlıklarının yer yer 150 metreye kadar çıktığı yapılmış olan sondajlarla ortaya konmuştur.

Güncel Alüvyonlar (Qal)

Güncel alüvyonlar sadece Hurman Çayı boyunca görülür. Çalışma sahasını KB-GD yönünde kateden bu ana drenaj kanalı geniş bir alanda güncel alüvyon bırakmıştır. Bu güncel çökellerin kalınlıkları 20 m dolayındadır.

Sismik kesitler üzerinde yürütülen jeolojik korelasyonlarda çalışma alanındaki istif başlıca beş üniteye ayrılarak değerlendirilmiştir: 1) temelde yer alan Mesozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşı-mermer istifi, 2) bunun üzerine açısız diskordans ile gelen havza dolgu çökelleri, 3) killi kömür hori-

zonu, 4) kil-marn aralanmalı örtü serileri ve 5) alüvyal çökeller.

SONDAJLARIN JEOLJİK KORELASYONLARI

Çalışma toplam üç sismik yansıma hattı üzerinde yürütülmüştür (Şekil 2). Bu hatlardan ikisi (HAT 1 ve HAT 2) D-B doğrultulu, birbirine paralel olup uzunlukları sırasıyla 1500 metre ve 1750 metredir. Hatlar arasındaki yatay açıklık 500 metre dolayındadır. Üçüncü hat ise (HAT 3) bu iki hatta dik doğrultuda, K-G doğrultusunda seçilmiş olup uzunluğu yaklaşık 1000 metredir. Her üç sismik yansıma hattı üzerinde sondajlar bulunmaktadır. Ortalama 250 metre aralıklı olarak açılmış olan bu sondaj kuyularının jeolojik korelasyonları yapılmış olup jeolojik korelasyonlarda Şekil 4'te verilen stratigrafik dizilime uyulmuştur. Kuyuların litolojik stamplarında gösterilmiş olan kimi kılavuz seviyelerin konumları karot bilgilerine göre düzenlenmiştir.

Stratigrafik dizilim ile sismik kesitler arasında korelasyon sağlamak bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Ayrıca, bilinen ana stratigrafik ve yapısal unsurların, üretilen sismik yansıma kesitlerindeki tanımlanmaları ve eşleştirilmeleri yapılmıştır.

Sismik veri işleme sırasında en önemli parametrelerden birisi, formasyonlardan doğrudan sismik hız bilgisi toplamak ve bu hızları veri işleme sırasında ilgili seviyelere uygulayarak gerçek derinlik dönüşümünü sağlamaktır. Bu amaçla Hat 2 üzerinde yer alan S-222 numaralı sondaj kuyusuna kuyu jeofiziği uygulanmış, sonik log alımı yapılmıştır. Bu sonik log incelendiğinde ölçülen sismik hız değerlerinin Pliyosen serileri için 1600 ile 2300 m/sn arasında değiştiği saptanmıştır. Sahada uygulanan sismik kırılma yöntemi ile örtü tabakası için 650 m/sn sismik hız bulunmuştur. Sismik veri işleme sırasında, en üstteki düşük hız zonunun etkileri de gözönüne alınarak, tüm sismik kayıt için sismik hız ortalama 1500 m/s seçilmiştir. Bu hız seçildiğinde S-222

kuyusunda 270 m'de girilen temel kayaç derinliği ile sismik kesitlerde ortaya konan ana yansıtıcı yüzey çakışmaktadır. Bu sismik hız bilgisine göre sismik yansıma kesitlerinde ortaya çıkan havza tabanına ait yansıma yüzeyinin derinliği ortalama 250 ile 300 metre olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan, havzada şimdiye kadar açılan sondaj kuyuları, az sayıdaki pilot sondaj dışında genellikle 180 ila 220 metre derinliğin altına inmemekte, askıda kalmaktadırlar. Bu durumda daha derindeki birimler için, sondaj kuyuları ile sismik kesitler derinlikte bire bir örtüşmemekte, bu da daha yaşlı birimlerin jeolojik korelasyonunda güçlükler yol açmaktadır.

Havzanın genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitine bakıldığında, kömürlü horizonun altında yaklaşık 100 metre kalınlığında, Neojen istifin tabanını oluşturan ve çamurtaşı - marn aralanmasından oluşan bir serinin bulunduğu görülmektedir (Şekil 4). Havzada açılmış olan rezerv geliştirme sondajları asıl olarak kömürlü horizonun kalınlık değişimini saptamaya yönelik olarak programlandıklarından, sondaj litoloji stamplarında temel kaya olarak kabul edilen litolojiler ile sismik kesitlerde 'Sismik Temel' olarak tanımlanan kayaçlar büyük olasılıkla örtüşmemektedir. Havzadaki kuyular genel olarak kömürlü horizonun tabanında yer alan çamurtaşı-marn istifine (Plm) girdiklerinde sonlandırıldıklarından, bu zonun altındaki litolojiler kuyu korelasyon kesitlerine yansımamaktadır. Oysa sismik kesitlere bakıldığında, yaklaşık 400 milisaniye (ÇYYs: Çift Yol Yolculuk Süresi) derinliklere kadar yüksek ayrımlı sismik yansıma verisi alındığı görülmektedir. Bu sismik kesitlerde ortalama 1500 m/s sismik hız uygulandığında 200 milisaniye (TYYS) zaman derinliği yaklaşık olarak 300 metre derinliğe karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, kömür horizonu ortalama 200 metre derinliğe kadar indiğinden, bu horizonun altında yer alan istif de sismik yansıma kesitleri üzerinde ayırtlanabilmekte, ancak jeolojik olarak korele edilememektedir.

Şekil 4'e göre çamurtaşı - marn (Plm) istifinin tabanında yaklaşık 50 metre kalınlığında karbo-

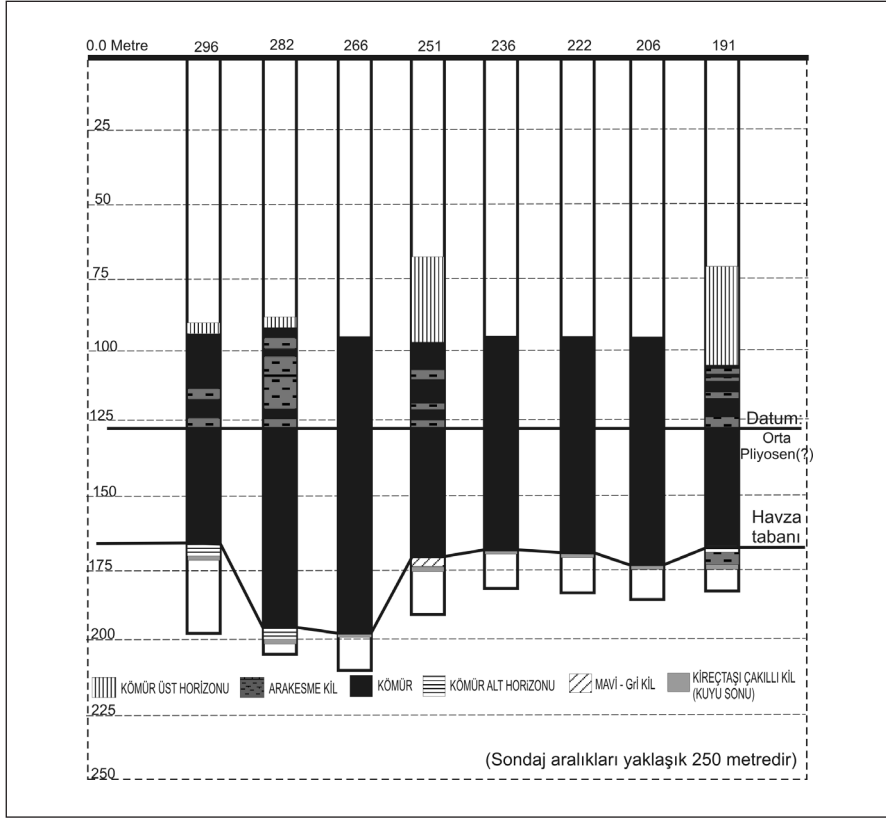
natça çok zengin, olasılıkla Miyosen yaşlı kırıntılı kayaçlar (Mk; Kuzgun Formasyonu), bu istifin de tabanında, yaklaşık 40 metre kalınlığında, olasılıkla Eosen yaşlı kumtaşları (Ek) bulunmakta ise de, bu litolojiler sismik kesitler ile taranan alanda gözlenmemişlerdir. Tüm bu istif Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı temel kayaçlar üzerine açılal diskordans ile çökeltmiştir (Şekil 4, Şekil 5). Hat 2 üzerinde yer alan S-222 numaralı sondaj kuyusu 271 metrede sismik temeli oluşturan Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşlarına ulaşmıştır. Bu kuyu, Pliyosen yaşlı kömürlü serinin doğrudan açılal diskordans ile temel üzerine geldiğini ortaya çıkarmıştır.

Kömürlü horizonun tabanında yer alan çamurtaşı - marn ve kumtaşı türü litolojiler kömürlü horizon ile büyük bir hız kontrastına sahip olmadıklarından bu seriler güçlü yansımalar göstermez. Oysa bu çamurtaşı - marn - kumtaşı istifinden metamorfik kayaçlara, özellikle de mermerlere geçişlerde fiziksel olarak bir hız sıçramasının olması beklenir. Nitekim, S-222 numaralı kuyuda alınan sonik logda sismik temel kayaçlarından Pliyosen çökellerine geçişte sismik hız 3750 m/saniye'den 2300 m/saniye'ye düşmüştür. Böylelikle, sismik kesitlerde tabanda gözlenen (300-350 milisaniye ÇYYSS) domsal yapıyı oluşturan yansımaların temel kayaçlara ait (rekristalize kireçtaşı - mermer) olduğu ortaya çıkmaktadır ve burada bir paleo-temel yükseltisinin varlığı söz konusudur.

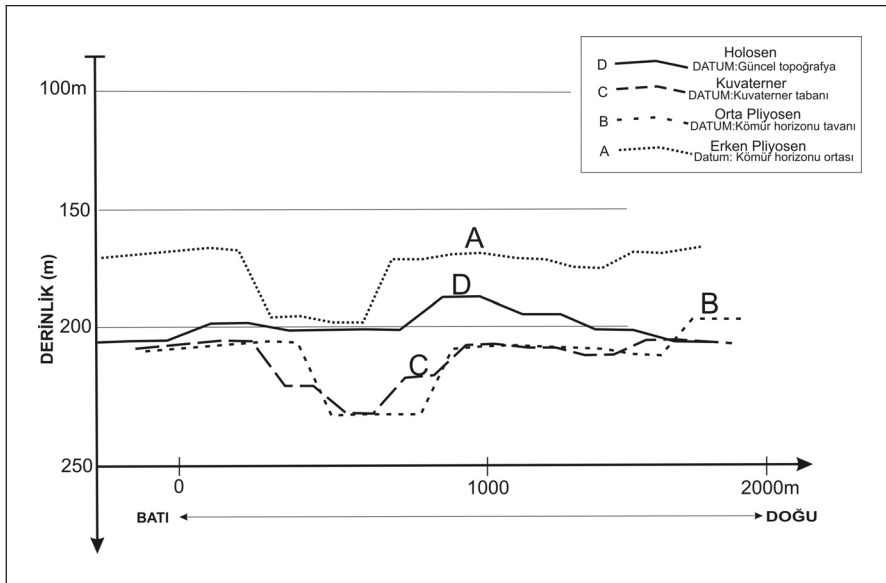
Bu paleo-temel yükseltisinin başlangıç ve gelişim süreci hakkında yeterli jeolojik veri bulunmamakla birlikte, sondaj kuyularının korelasyonu ile elde edilen jeolojik kesitlerdeki stratigrafik düzeylerin palinspastik analizi ile havzanın tektonik gelişimi hakkında genel bir yaklaşım sağlanabilir. Bu kapsamda, istif kömürlü horizon içinde seçilen karakteristik bir yüzeyden asılmış ve kömür çökeli sırasında havzanın taban geometrisi palinspastik olarak ortaya çıkarılmıştır (Şekil 6). Bu şekil incelendiğinde, kömür çökeli döneminde havzada muhtemel blok faylanmalarının gelişmiş olabileceği ve oluşan çöküntü

alanlarında kömürlü serinin çökeldiği anlaşılmaktadır. Aynı işlem Alt-Orta Pliyosen, Üst Pliyosen ve Kuvaterner tabanı için yapılmış ve havzanın taban morfolojik evrimi Pliyosen'den günümüze kadar yorumlanmaya çalışılmıştır (Şekil 7). Şekil 7'de (B) eğrisinin şeklinden, kömürlü horizonun oluşumunu hemen hemen tamamladığı dönemde (Orta) Pliyosen) paleo-topoğrafyanın, güncel sismik kesitlerde ortaya çıkan kubbemsi morfolojik yapıya uyumlu bir konumda olduğu ve havza tabanının oldukça ondülasyonlu olduğu anlaşılmaktadır. Aynı şekilde (C) eğrisinde ise dikkat çekici olan durum, yanal mesafelerde havza derinliğinin çok daha keskin değişimler göstermesidir. Nitekim, jeolojik korelasyonlara bakıldığında, birbirine çok yakın alanlarda bir taraftan karbonatlı çökeller oluşurken, diğer kesimlerde siltli kil türü litolojilerin olduğu gözlenmektedir. Bu kesit günümüzdeki jeolojik konum ile (Şekil 8, 9 ve 10) karşılaştırıldığında, sadece Kuvaterner boyunca havzada düşey yer değiştirmelerin yer yer 25 metreyi geçtiği anlaşılmaktadır. Bu alüvyon dolgularının olduğu kesimler birer kazıma vadi olarak da yorumlanabilir. Böyle yorumlandığında havzada teorik olarak hızlı bir yükselme veya hızlı bir su boşalması gelişmiş olduğu ortaya çıkar.

Kömürlü horizon hat 2'de karakteristik bir ara yüzeyinden asıldığında, havzanın olduğu dönemdeki jeomorfolojik yapı yaklaşık olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 6). Buna göre hazırlanan kesitte havzanın batı kesiminin çökeltme döneminde görece daha derin olduğu, belirli bir dönem sonra (asılı yüzeyin çökeltmesinden sonra) havzanın doğuya doğru eğildiği (tilt olduğu) anlaşılmaktadır (Şekil 7; A eğrisi). Aynı işlem kömür üst horizonu tabanından uygulandığında da, örtü serisinin çökeltmeye başladığı dönemdeki havza geometrisi ve jeomorfolojik yapısı daha iyi anlaşılmaktadır (Şekil 7; B eğrisi). Buna göre yine havzanın homojen bir derinlik dağılımına sahip olmadığı, belirgin bir ondülasyonun varlığı ortaya çıkmaktadır. Kuvaterner tabanında durum daha da belirgin olarak izlenmektedir (Şekil 7; C eğrisi).



Şekil 6- Hat 2 Kömür horozonu ortası datumuna göre Alt-Orta Pliyosen çökellerinin stratigrafik korelasyonu ve bu dönemdeki havza tabanı morfolojisi.



Şekil 7- Afşin-Elbistan Kömür Havzası tabanının Alt Pliyosen'den günümüze evrimi.

Şekil 7 incelendiğinde, Erken Pliyosen'den sonra havzada, yaklaşık 50 metre olan bir çökmenin meydana geldiği, Orta Pliyosen'den itibaren de havzanın blok olarak yükselmeye başladığı da görülür.

Jeolojik verilere göre sismik hatlar üzerinde olan korelasyonlar aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

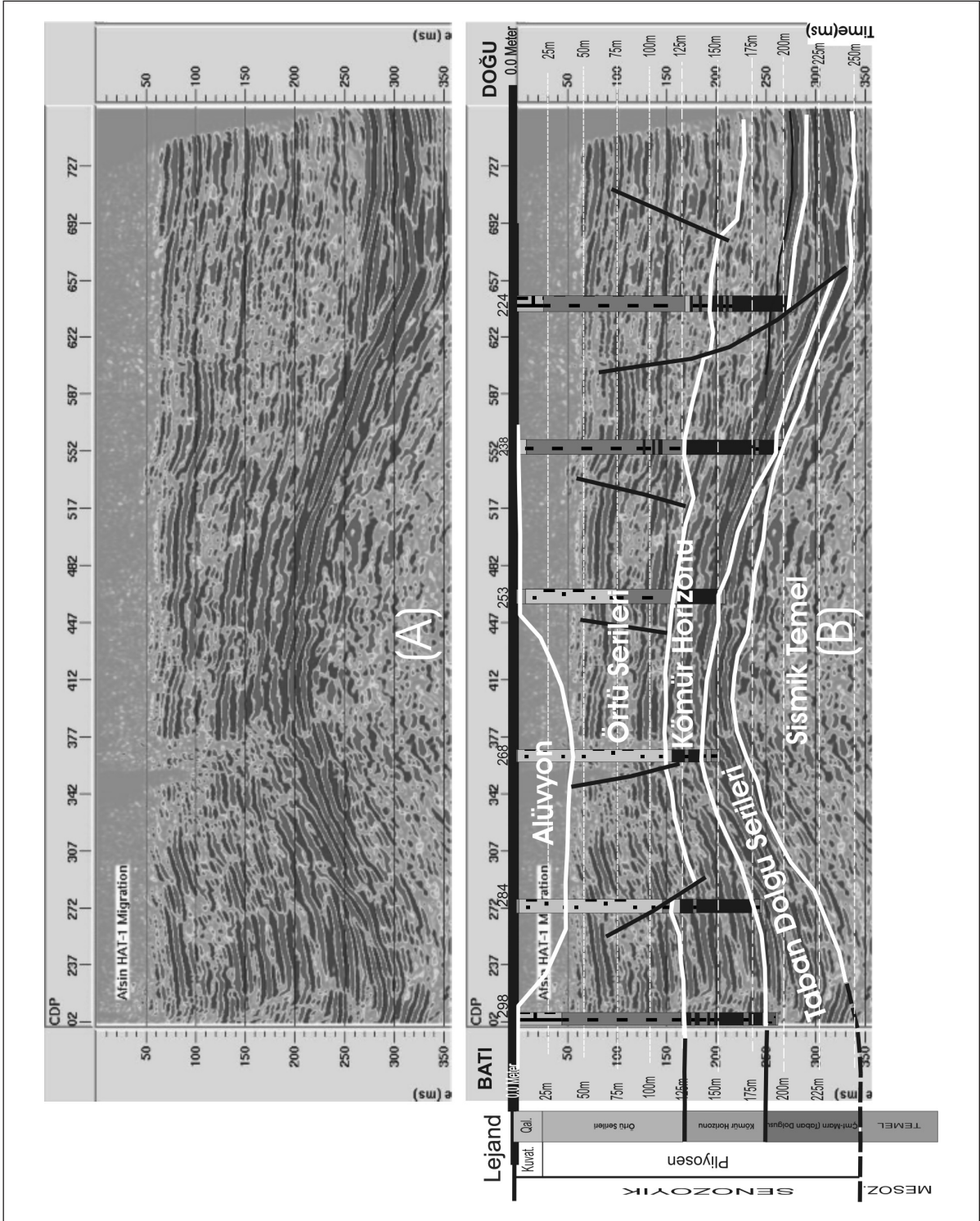
HAT 1; D-B doğrultulu sismik hattın jeolojik korelasyonu

Hat 1 üzerinde kalan (Şekil 2) sondaj kuyularına ait sondaj litolojik stampalarının yanıl korelasyonu Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu hat üzerinde kömür kesen toplam yedi adet sondaj bulunmaktadır. Hattın en doğusunda yer alan 208 numaralı sondajda, bu çalışmada kullanılmak üzere jeofizik log (sonik log) alınmıştır. Bu sonik loga göre formasyonun ortalama sismik hızı 1850 m/sn olarak belirlenmiştir. Formasyonların geçişlerinde büyük hız kontrastlarının oluşmadığı, sonik log incelendiğinde görülmektedir. Sismik hızların bu denli birbirine yakın olması, formasyonların litolojik özelliklerinin birbirine yakın olmasına bağlanmıştır. Bu fiziksel parametreler güvenilir bulunmadığından, sismik kesitlerin daha sağlıklı yorumlanabilmesi için Hat 2 üzerinde yer alan 222 numaralı sondajın doğu kesiminde yeni bir sondaj kuyusu (S-222) açılmıştır. Çalışma alanının yaklaşık en derin kesiminde açılan bu kuyudan sağlanan litolojik bilgiler ve fiziksel parametreler sismik kesitler ile örtüşecek veriler sağlamıştır.

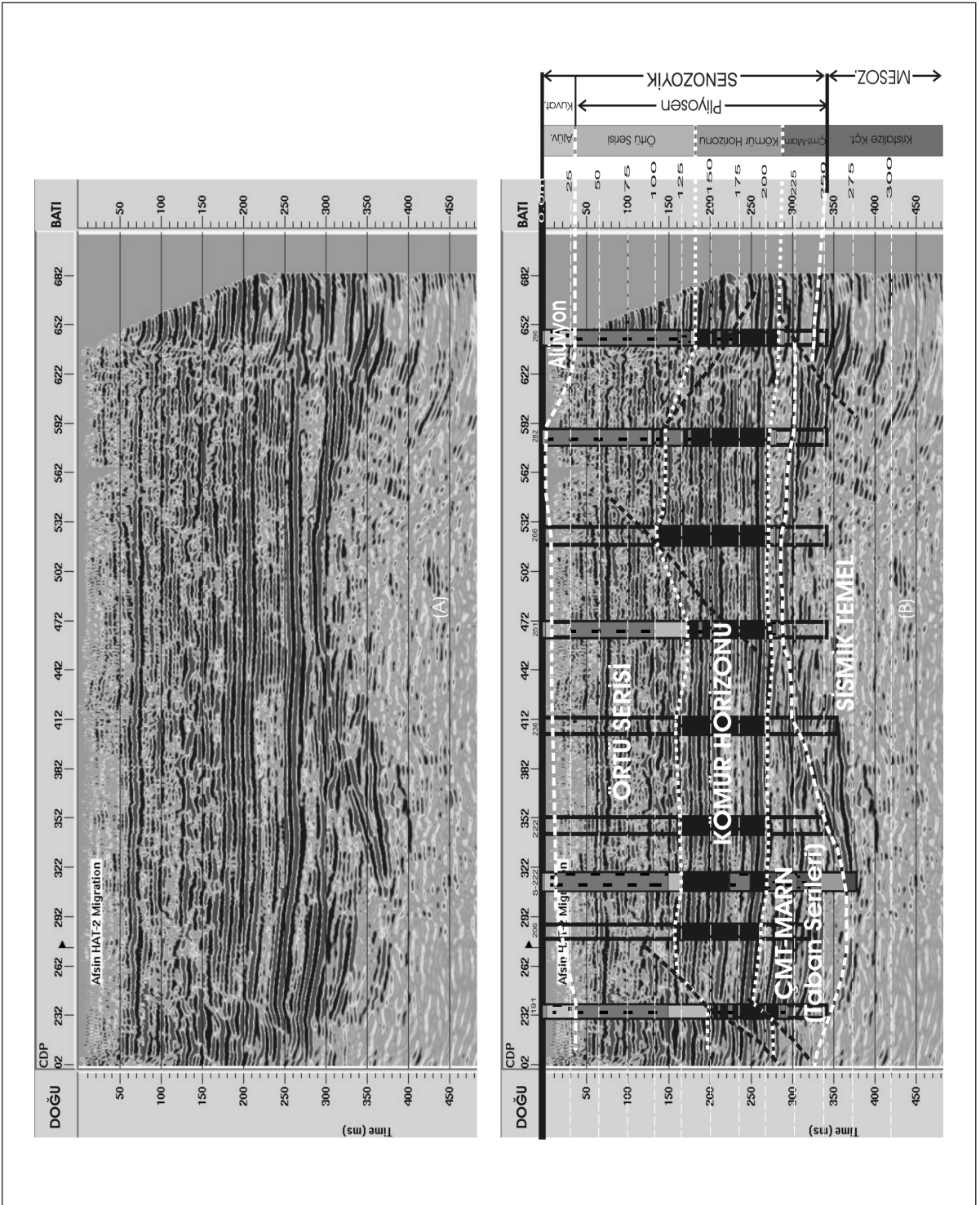
HAT 2 sismik yansıma hattı üzerinde bulunan sondaj kuyularındaki kömürlü seri, üst horizonun tabanından asılmış (DATUM), böylelikle bu serinin çökme dönemi için havza geometrisi ortaya konmuştur (Şekil 6). Aynı işlem Kuvaterner tabanı için de uygulanmış, jeolojik dönemler boyunca havza morfolojisindeki gelişimler her bir hat için düzenlenerek hatlar karşılaştırılmıştır. Bu konudaki yorumlar için HAT 2 kullanılmıştır.

HAT 2; D-B doğrultulu sismik hattın jeolojik korelasyonu

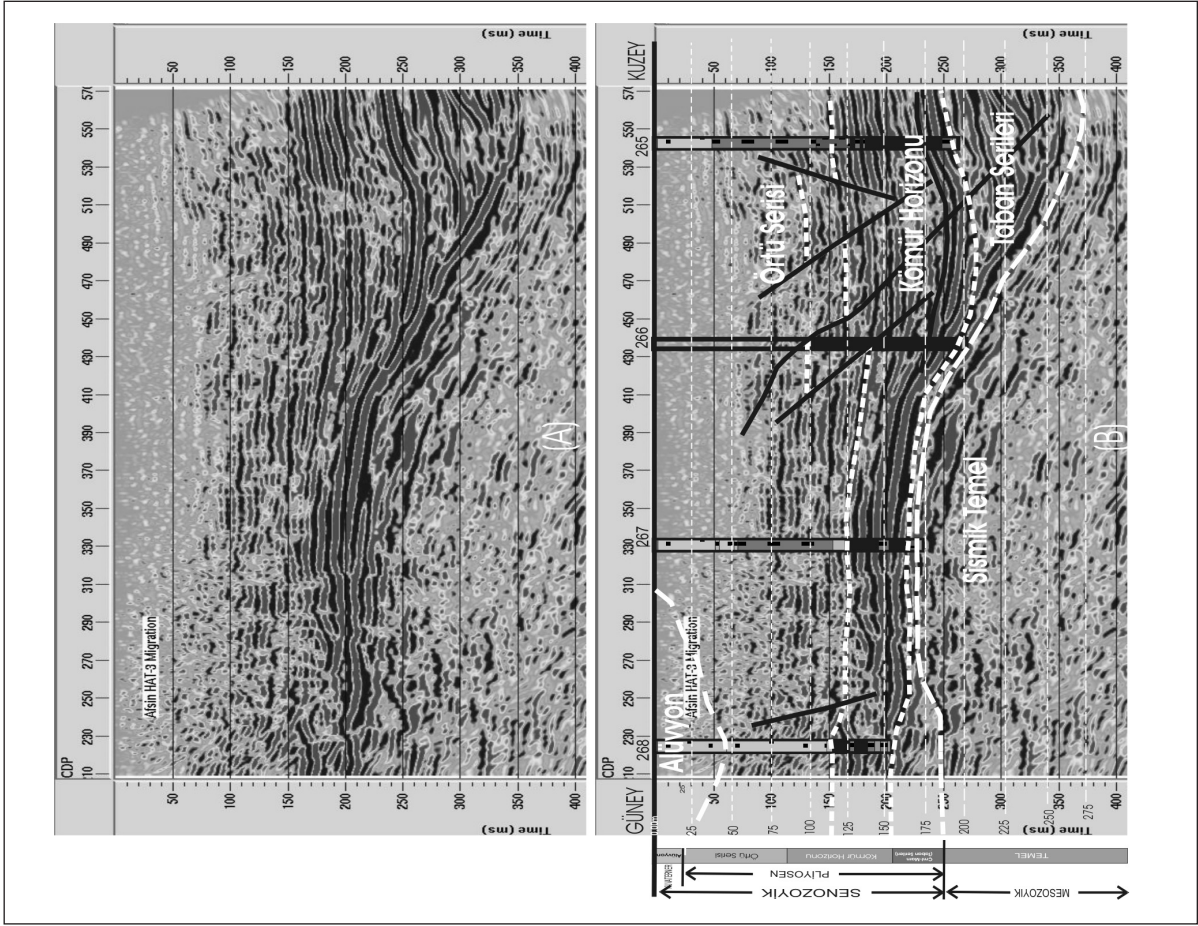
Hattın toplam uzunluğu 1750 metredir (Şekil 2). Bu hat üzerinde, son açılan S-222 numaralı kuyu ile birlikte toplam 9 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların arası yaklaşık 250 metredir ancak S-222 numaralı kuyu, 222 ile 206 numaralı kuyuların arasında konumlandırılmıştır. Kuyulardaki kömür horizonunun kalınlığı 50 - 100 metre arasında değişmektedir. En fazla kalınlık 100 metre ile 266 numaralı kuyuda, en düşük kalınlık ise 50 metre ile 191 numaralı kuyudadır. Hat üzerindeki korelasyon eğrisi incelendiğinde, kalınlık değerinin doğruya doğru gidildikçe azaldığı gözlenmektedir (Şekil 9). Ayrıca, yukarıdaki metinde değinildiği üzere, kömür horizonu doğruya doğru gidildikçe hem incelemekte, hem de ara kesmelerle çatallanmaktadır. Buna karşın havzanın batı kesiminde kömür horizonu görece daha kalın, bütüncül bir yapı sunmaktadır. Korelasyon eğrisi incelendiğinde göze çarpan bir diğer unsur, kömür horizonunun üst ve alt sınırlarının dalgalanmasıdır. Üst sınır havzanın batısında yaklaşık 100 m derinlikten itibaren başlarken, doğruya doğru gidildikçe bu zonun derinliği artmakta, 191 numaralı sondajda 150 m olmaktadır. Kömür oluşumunun sığ, duraylı ve sakin bir havzada, yataya yakın bir konumda çökeldiği göz önüne alındığında, kömür oluşumunu takip eden dönemde Neojen çökellerinin deformasyona uğradıkları, kıvrılıp kırıldıkları bilinmektedir (Atay, 1981; Gökmen ve diğerleri, 1993; Staesche, 1972). Nitekim sismik yansıma kesitleri üzerinde yer yer önemli ötelenmelere neden olmuş kırık sistemleri tanımlanabilmektedir. Bu deformasyonu ortaya koyan bir sismik yansıma hattı, şekil 10'un tabanında çok daha net olarak izlenmektedir. Aynı şekil üzerine kuyulara ait jeoloji stampaları da taşınmış, jeolojik korelasyondan sismik korelasyona gidilmeye çalışılmıştır. Bu hat üzerinde yer alan S-222 numaralı kuyudan alınan doğrudan hız bilgileri kullanılarak sismik hatların hız/derinlik dönüşümleri yapılmış ve kuyular gerçek derinliklerine oturtulmuştur. Bu sonik log kullanılarak hesaplanan sismik hızlar önceki bölüme sunulmuştur.



Şekil 8- Hat 1'in ham (A) ve yorumlanmış (B) sismik kesitleri ile kömür horizonunun stratigrafik konumu ve yanal korelasyonu (sondajlar arası mesafe yaklaşık 250 metredir).



Şekil 9- Hat 2'nin ham (A) ve yorumlanmış (B) sismik kesitleri ile kömür horizonunun stratigrafik konumu ve yanıl korelasyonu (sondajlar arası mesafe yaklaşık 250 metredir).



Şekil 10 Hat 3'ün ham (A) ve yorumlanmış (B) sismik kesitleri ile kömür horizonunun stratigrafik konumu ve yanal korelasyonu (sondajlar arası mesafe yaklaşık 250 metredir).

Sismik kesit üzerinde yaklaşık 300 ms (ÇYYs) düzeyinde belirgin yansıma veren kub-bemsi yansıma yüzeyi, havzanın tabanındaki paleo-temelin yükseltisi olup taban seviyesi olarak tanımlanmıştır.

HAT 3; K-G doğrultulu sismik hattın jeolojik korelasyonu

Gerek hat 1 gerekse hat 2 sismik hattı üzerinde kömür horizonunun değişimleri Doğu - Batı doğrultuda yorumlanmıştır. Hat 3 üzerinde ayrıntılı değerlendirme yapmaya yetecek kadar sondaj bulunmamaktadır. Toplam dört adet sondaj üzerinden havzanın Kuzey - Güney doğrultudaki

değişimleri hakkında değerlendirme yapmak yanıltıcı sonuçlara neden olabilir. Ancak yine de, yukarıdaki gerçek göz önünde tutularak kısıtlı bir değerlendirme yapmak uygun olabilir.

Hat 3, hat 1 ve hat 2 sismik hatlarını dik olarak kesen doğrultuda, Kuzey - Güney doğrultusunda serilmiştir (Şekil 2). Hat üzerinde toplam dört adet kömür kesen sondaj bulunmaktadır. Bunlardan 266 numaralı sondaj aynı zamanda hat 2 sismik hattı üzerinde, 268 numaralı sondaj da hat 1 sismik hattı üzerinde kalmaktadır. Hat 1 ve hat 2 sismik hatları arasında yatay uzaklık 500 metredir. Bu aralığı 267 numaralı sondaj denetler. Hat 3 üzerinde en kuzeyde yer alan sondaj ise

265 numaralı sondajdır. Dolayısıyla, hat 1 ve hat 2 sismik hatlar arasındaki kömür horizonu değişimleri en çok kuzeye doğru 250 metre takip edilebilmekte olup hatlar arası bölge iki hattın tam orta kesiminden denetlenebilmektedir.

Bu hatta ait jeolojik korelasyon kesiti, iki stratigrafik düzeyinden asılarak (DATUM) ilgili dönemlere ait paleo-coğrafik ortam irdelenmiştir. Kömür horizonu içinde karakteristik ilk yüzey, kömür üst horizonunun taban düzlemi olarak seçilmiştir. Bu kesite göre havzadaki kömür horizonu güneye gidildikçe önemli oranda incelmektedir. Kesitin kuzey kesimi, hat 1'in geçtiği kesimlerde olasılıkla yine D-B doğrultulu bir düşey fay sistemi ile kontrol edilen bir çöküntü alanıdır. Nitekim, kömür horizonu bu kesimde önemli oranda kalınlaşmıştır. Kömür horizonunun çökmesi ile eş yaşlı olduğu anlaşılan bu çöküntü alanı, havzanın diğer kesimleri giderek yükselirken aksine çökmüş ve kömürleşme için gereken bataklık ortam koşulları korunabilmiştir. Kömür horizonunun çökmesinin tamamlandığı ve örtü tabakalarının çökelmeye başladığı dönemde, bu kesimdeki çökme de durmuş, tüm havza sığlaşmaya başlamıştır. Nitekim, ortam giderek önce akarsu-delta-göl, daha sonra da tamamen karasal ortama geçmiş, akarsu çökellerinin ürünü olan sedimanlar havzayı doldurmuştur.

Aynı sismik hat üstte yer alan Kuvaterner tabanından tekrar asılarak (DATUM) incelenmiş, burada da, Kuvaterner dönemi boyunca havzanın oldukça hareketli bir tektonik dönem geçirdiği, yaklaşık 25 - 30 metreyi bulan düşey hareketlerin gelişmiş olduğu anlaşılmıştır (Şekil 7).

SİSMİK YANSIMA KESİTLERİNİN JEOLJİK YORUMU

Üretilen sismik yansımaya kesitleri 350 - 400 ms (ÇYY) düzeylerine kadar havzanın genel yapısal ve stratigrafik durumunu oldukça iyi yansıtmaktadır. Sismik yansımaya kesitlerinde yaklaşık 50 ms'den itibaren oldukça yüksek ayrımlı sismik yansımaya değerleri elde edilmiştir. 50 ile 100 ms

arasında devam eden bir düzenli yansımaya paketi mevcut olup, 100 ms'den sonra bu düzenli yapı kaybolmaktadır. 100 ile 150 ms düzeylerinde tekrar ortaya çıkmış olan bu zayıf yansımaya kaotik zonun da kil-marn aralanmalı örtü serilerini temsil ettiği anlaşılmaktadır. 150 ms ile 250 ms arasında tekrar ortaya çıkan güçlü yansımaya değerleri ise, ağırlıklı olarak kömür düzeylerinden oluşan kömür horizonunu temsil etmektedir. Bu horizonun tabanında yer alan kırıntılı kayaçlar Pliyosen yaşlı kil-marn türü litolojiler ile temsil edilirler ve 350 ile 400 ms düzeylerinde belirgin olarak yansımaya veren Mesozoyik yaşlı mermerlere kadar devam ederler.

Bu havza dolgusunun kalınlığı çok değişkendir. Bu da, Pliyosen çökellerinin tektonik olarak görece hareketli bir dönemde çökelmeye başladıklarını, kömürlü horizonun ise görece daha duraylı bir dönemde çökeldiğini göstermektedir. Bölgedeki tektonik hareketlilik kömürlü horizonun çökeliminden sonra yeniden artmış olmalıdır. Nitekim, sismik kesitlerde sadece yaklaşık kayma yüzeyleri işaretlenmiş olan faylar bunun en önemli kanıtıdır.

SONUÇLAR

Kömür yataklarının yüksek çözünürlüklü sığ sismik yansımaya yöntemi kullanılarak araştırılması, 80'li yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır (Greanhalgh ve diğerleri, 1986; Gochioco ve Cotten, 1989). Bu çalışmalar 90'lı yıllarda daha da yaygınlaşmış (Gochioco, 1991; Henson ve Sexton, 1991; Kragh ve diğerleri, 1991), hatta bu alanda ABD Patent Servisinden patent alınmıştır (US Patent No: 4298967). Günümüzde hem ölçme hem de veri işleme ve yorumlama alanlarındaki gelişmeler bu yöntemin sadece kömür sahalarında değil, her türlü tabakalı maden yatağında uygulanabilirliğini sağlamıştır. Özellikle kömür aramacılığında bu yöntemin metodolojileri ortaya konmuştur (Kamkar-Rouhani, 2007). Ülkemizde çok sayıda kömürlü Neojen sahası bulunmakla birlikte, bu sahalarda henüz sismik yansımaya yöntemi kullanılarak kömür aramacılığı yapılmamış-

tır. Bu makale, bu yöntemin ülkemizdeki kömür yataklarına uygulanabileceğini gösteren ilk çalışma niteliği taşımaktadır.

Neojen gölsel havzalardaki formasyonlar genel olarak ani derinlik farklılıkları olmayan, akarsular tarafından beslenen çökeltme ortamlarında çökeldiklerinden, birbirleri ile yanal ve düşey geçişli kırıntılı ve bazen karbonatlı serilerden oluşmaktadır. Kalın karbonatlı düzeyler hariç, bu kırıntılı çökellerin jeofiziksel özellikleri de birbirine yakındır. Formasyonların fiziksel değişimlerinin keskin olmaması nedeniyle bu tür havzalarda ayrıntılı, düşey ayrıntılılığı yüksek sismik yansıma kesitleri üretmek genel olarak zordur. Yine de, sahadaki serim geometrisi ve frekans aralığı uygun seçildiğinde yüksek ayrıntılılık elde etmenin olanaklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, havzanın genel stratigrafik dizilimine uygun çökel paketleri, sismik yansıma kesitleri üzerinde ayırtlanmış, bunların yanal korelasyonları yapılmıştır. Özellikle yaşlı tabanı oluşturan formasyonların ayrıntılı hız ve yaş verisi sağlandığında havzadaki istiflenme, stratigrafik ve sismik stratigrafik çalışmalar daha da kolaylıkla incelenebilir.

Sismik yansıma kesitleri üzerinde jeolojik yorum yapmak için tasarlanmış paket programlar kullanılarak bu 2D sismik yansıma verilerinin gerçek kömür etüdü amacıyla kullanılabilir hale gelebilir, kömürün üst, ara ve alt seviyeleri ayrı ayrı haritalanabilir, yapısal analizler de bu haritalara yansıtılabilir.

Sonuç olarak, havzanın tamamı için temsilci olmasalar da, üretilen sismik yansıma kesitleri ile sondaj kuyularının jeolojik korelasyonu topluca ele alındığında bu havza tabanının, jeolojik verilerle belirlenen Neojen çökelleri öncesinde tektonik olarak şekillenmeye başlamış olduğu, sismik çalışmalarla da ortaya konmuştur. Paleotemel yükseltisinin kömürleşmeye etkisi açıkça görülmektedir. Yapısal deformasyon Neojen dönemi boyunca da devam etmiş, havzadaki çökeltme sürekli tektonik kontrol altında tutulmuş olmalıdır. Nitekim, Kuvaterner'de de aynı düşey hare-

ketlerin devam ettiği anlaşılmaktadır. Yer altının geometrisinin ve kömürlerin yayılım özelliklerinin daha hassas olarak belirlenmesi ile, Kuvaterner boyunca yer yer 150 metre kalınlıklara ulaşan akarsu çökellerinin bulunduğu kesimlerdeki açık işletme koşulları yeniden irdelenebilecek, şev stabilitesi hesaplamaları yeniden ele alınabilecektir. Yüksek çözünürlüklü sığ sismik metotların kömürlerde uygulanması, kömür horizonunun örtü kalınlığının, örtü türünün ve derinlik değişimlerinin daha hassas olarak ortaya konmasını sağlayabilir ve işletme planlarının daha sağlıklı olarak yapılmasına katkı koyabilir.

Bu tür çalışmalar için, temsilci kuyulardan sağlanacak jeolojik ve fiziksel parametreler ile desteklendiğinde sismik yansıma yönteminin hızlı ve güvenilir bir araştırma yöntemi olarak uygunluğu ortaya çıkmıştır. Deneysel çalışma niteliğinde olan bu çalışmanın havzada yürütülmekte olan veya yürütülecek jeolojik çalışmalara ışık tutması öncelikli dileğimizdir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın veri toplama aşaması, MTA Jeofizik Etütleri Dairesi İzleme Değerlendirme Biriminin 'Jeofizik Yöntemleri Arazi Uygulamaları ve Arazi Ekipmanlarının Test Çalışmalarının Yapılması Projesi, (2007-31-14.01)' kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje başkanı sayın Ayşegül Erkol'a teşekkür ederiz.

Bu çalışmanın saha, veri işleme ve yorumlama çalışmaları Jeofizik Etütleri Dairesi Sismik Birimi elemanları tarafından yürütülmüş, ileri proses aşaması ise TPAO'dan Jeofizik Yük. Müh. Ayhan Özkan tarafından yapılmıştır. Derinlik/hız dönüşümünde kullanılan sonik log, Jeofizik Etütleri Dairesi Kuyu Logu ekibi tarafından alınmıştır. Tümüyle bir ekip çalışması niteliğinde olan bu çalışmaya emeği geçen tüm yerbilimci meslektaşlarımıza içtenlikle teşekkür ederiz.

Afşin Sondaj Kampı olanaklarından yararlanmamızı sağlayan ve bu çalışmada kullanılan jeo-

lojik verileri bizimle paylaşan Sondaj Kamp Şefi Sn. Dr. Berk BESBELLİ'ye ve kamp personeline özellikle teşekkürlerimizi sunarız.

Yayınlanma tarihi 21 Mart 2007

DEĞİNİLEN BELGELER

- Atay, M., 1981. K. Maraş Afşin - Elbistan Linyit Sahası Kızıldağ ile Kışlaköy Sektörü Arası Jeoloji Etüdü, Derleme Rapor No: 7077, Ankara (yayınlanmamış)
- Aydoğan, M., 1978. K. Maraş - Elbistan Collolar Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması, Derleme Rapor No: 6413.
- Barkurt, M., Bilginer, E ve Pehlivan, S., 1991. Elbistan-Nurhak - K. Maraş Dolayının Jeolojisi, Derleme Rapor No: 9423.
- Baydar, O., 1975. GD Anadolu Kenar Kıvrım Kuşağı, Amanos Dağları Kuzeyi ve Doğu Torosların Jeolojisi, Derleme Rapor No: 9944.
- Bilgin, Y., 1982. K. Maraş - Elbistan D1 Sektörü Linyit Kömürü Fizibilite Araştırması, Derleme Rapor No: 7216.
- Çağlayık, V., 1970. Ceyhan - Berke Bent Yeri Rezervuarının Jeoloji İncelemesi, EİE raporu (yayınlanmamış).
- Dix, C. H., 1955. Seismic velocities from surface measurements, Geophysics, V.20, Pp. 68-86.
- Gochioco, L. M., 1991. Advances in seismic reflection profiling for US coal exploration, The Leading Edge, V.10, N.12, Pp. 24-29.
- _____ ve Cotten, S. A., 1989. Locating faults in underground coal mines using high-resolution seismic reflection techniques, Geophysics, V.54, Is. 12, Pp. 1521-1527.
- Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Dinçay, Ö.ve Tuncalı, E., 1993. Türkiye Linyit Envanteri, MTA Yayını.
- Greanhalgh, S. A., Suprajitno, M. ve King, D. W., 1986. Shallow seismic reflection investigations of coal in the Sydney Basin, Geophysics, V. 51, Is. 7, Pp. 1426-1437.
- Henson, H. Jr. ve Sexton, J. L., 1991. Premine study of shallow coal seams using high-resolution seismic reflection methods, Geophysics, V.56, N.9, Pp. 1494-1503.
- Kamkar-Rouhani, A., 2007. Seismic survey design for exploration of subsurface coal seams in Mazino and Parvadeh areas, Tabas, Iran, Geophysical Research Abstracts, V.9, 01410.
- Karlı, R., 1983. K. Maraş Afşin - Elbistan Neojen Havzası Linyit Aramaları Rezistivite Etüdü, MTA Derleme Rapor No: 7310, Ankara (yayınlanmamış)
- Koçak, Ç., Kürkçü, S. N. ve Yılmaz, S., 2002(?). Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Değerlendirilmesi ve Linyit Kaynakları Arasındaki Yeri, TKİ Rapor (yayınlanmamış). http://www.tki.gov.tr/personelden/afsin_elbistan.doc
- Kragh, J. E., Goult, N. R. ve Findlay, M. J., 1991. Hole-to-surface seismic reflection surveys for shallow coal exploration, AGI-GeoRef, First Break, 9 (7), Pp. 335-344.
- Krug, J.V.D., 2004. Reflection Seismic-I. Ders Notları, 136 sh., Zürih Üniv.
- Mengeloğlu, M. K., 1999. K. Maraş - Elbistan Yöresi Genel Jeokimya Raporu, MTA Derleme Rapor No: 10245, Ankara (yayınlanmamış)
- Özcan, K., 1981. K. Maraş - Elbistan D1 Sektörü Kömür Yatağı Jeoloji Araştırması, Derleme Rapor No: 7054.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H., 1983. Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus), Geology of the Taurus Belt, Int. Symp., p. 181-198, Ankara-Turkey.

- Sakallıoğlu, Y., 1995. İki Ve Üç Boyutlu Sismik Program Dizaynı ve Saha Kayıt Parametrelerinin Seçimi. TPAO Arama Grubu Yayını, 111 sh.
- Staesche, V. U., 1972. Die Geologie des Neogen Beckens von/ Elbistan, Türki und seiner Umrandung; Geol. Jb., B4, 3-52.
- Scholle, P. A., Bebout, D. G. ve Moore, C. H., 1983. Carbonate Depositional Environments, Sh. 129, AAPG Memoir 33, ISBN: 0-89181-310-1
- Tarhan, N., 1984. Göksun-Afşin-Elbistan Dolayının Jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 19, 3-9.
- _____, 1986. Doğu Toroslar'da, Neo-Tetis'in kapanımına ilişkin granitoid magmaların evrimi ve kökeni. MTA Dergisi, 107, 95-111.
- US Patent No: 4298967. High resolution down hole-crosshole seismic reflection profiling to resolve detailed coal seam structure, Link:<http://www.freepatentsonline.com/4298967.html>
- Us, E. A., 1993. Sismik Yöntemler ve Yorumlamaya Giriş. Jeofizik Müh. Odası Yayınları, 227 s., Ankara.
- Uysal, S., 1985. GD Anadolu Boyunca (Muş-Palu-K.Maraş-Hatay) Bazı Tersiyer Kesitleri, MTA Derleme Rapor No: 7783, Ankara (yayımlanmamış)
- Yılmaz, Ö., 1987. Seismic Data Processing. Soc. of Expl. Geophysicists, 526 sh..
- Yümün, Z. Ü. ve Kılıç, A. M., 2002. Kamandağı İle Camdere Köyü Arasının Stratigrafisi (Göksun-K.Maraş), Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A- Yerbilimleri C.19, S.2, s. 193-202, Aralık 2002.
-