



KÖMÜR YATAKLARINDAKİ METAN GAZININ (CBM) VE FAYLARIN (KIRIKLARIN) JEOFİZİK – SİSMİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Determination Of Coal Bed Methane Gas (CBM) And Faults (Fractures) By Geophysical Seismic Methods

A. Uğur Gönülalan
Orhan Güreli

ÖZET

Enerji, bir ülkenin ekonomik ve sosyal gelişiminin en temel ihtiyaçlarından biridir. Bugün dünyada tüketilen enerjinin %83,1'lik kısmı; petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynakların elde edilir.

Sondajla kömür aramak, hem uzun zaman alacağı gibi hem de yüksek maliyetlere neden olabilmektedir. Sondaj öncesi çalışmaları yönlendirecek, arama süresini kısaltacak, sondaj derinliğini ve yerlerini belirleyecek arama-araştırma çalışmaları yapılır. Bu çalışmalar, detaylı jeolojik harita yapımı, tektonik ve yapısal çatının belirlenmesi amacıyla yapılır.

Petrol & doğalgaz, maden/kömür ve jeotermal aramacılığı için sondaj öncesi arama faaliyetleri Jeofizik yöntemlerle yapılır. Bu yöntemler: Gravite, Manyetik, Elektrik, Elektromanyetik, Self Potansiyel, Sismik ve Kuyu Jeofizik Ölçüsüdür.

Sondaj teknolojisi ile günümüzde kömür kökenli doğal gaz (CBM-Coal Bed Methane) işletmeciliği de bilindiği gibi grizu facialarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak, ülkemizde uzun yıllar CBM üretimi yapılamamıştır. Oysa kömür işletmeciliği öncesinde bu gaz çıkarılırsa, grizu faciaları önemli ölçüde engellenecektir.

Jeofizik yöntemlerden birisi olan sismik yansıma yöntemi, kömür gibi tabakalar halinde oluşan ve çevre kayalara göre yeterli akustik empedans farkı yaratan ortamlarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Kömür sahalarının tektonik yapısı, Yüksek Ayrımlı Sismik Yansıma Yöntemiyle ortaya çıkartılabilir. Sahadaki kömür üretiminin sürdürülebilmesi için, fayların yerlerinin, doğrultularının, eğimlerinin, atımlarının ve birbirleriyle olan ilişkilerinin bilinmesi oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Metan gazı, Sismik Yansıma Yöntemi, Kömür, Arama.

ABSTRACT

Energy is one of the most basic requirements of a country's economic and social development. 83.1% of the energy consumed in the world today; It is obtained from fossil resources such as oil, natural gas and coal.

Coal exploration by drilling can take a long time and high costs. Exploration-research studies are carried out to guide the pre-drilling studies, shorten the project time, and determine the depth and locations of the drilling. These studies are carried out in order to make detailed geological maps and to determine the tectonic and structural framework.



Pre-drilling exploration activities for oil & natural gas, mineral/coal and geothermal exploration are carried out by Geophysical methods. These methods are Gravity, Magnetic, Electric, Electromagnetic, Self Potential, Seismic and Well Geophysical Measurement.

With the drilling technology, coal-based natural gas (CBM-Coal Bed Methane) operation significantly reduces the firedamp disasters today. However, CBM production could not be made in our country for many years. If this CBM is extracted before coal operation, firedamp disasters will be prevented to a great extent.

The seismic reflection method, which is one of the geophysical methods, is successfully applied in environments such as coal that form in layers and create sufficient acoustic impedance difference compared to the surrounding rocks. The tectonic structure of coal fields can be revealed by the High Resolution Seismic Reflection Method. In order to sustain coal production in the field, it is very important to know the locations, strikes, slopes, slips and relations of the faults with each other.

Key Words: Coal Bed Methane (CBM), Seismic Reflection Method, Coal, Exploration.

1. GİRİŞ

Enerji, bir ülkenin ekonomik ve sosyal gelişiminin en temel ve sürükleyici gereksinimlerinden biridir. Bu bakımdan, “Enerji Güvenliği”, ekonomik güvenliğin ve ulusal güvenliğin yaşamsal unsurlarındandır. Enerji, toplumsal yaşamımızı sürdürebilmemiz için gerekli olan hemen hemen tüm süreçler için vazgeçilmez bir girdi olup sanayi, ulaştırma, konut ve ticarethane gibi alt sektörlerde kullanılmaktadır.

Bugün dünyada tüketilen enerji, çok sayıda enerji kaynağından elde edilirken petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklar, bu kaynakların %83,1’lik kısmını oluşturmaktadır.

Türkiye dünyanın önemli enerji tüketicileri arasında yer almaktadır. Ulusal Enerji Denge Tablosu’na göre 2019 yılında, Türkiye’nin 144,2 milyon ton petrol eşdeğeri (tpe) olan birincil enerji arzında, 33,5 milyon tpe’lik kısım çevrim sektöründe değerlendirilirken, konutlarda ve sanayi sektöründe kullanılan elektrik miktarının düşmesi ile Türkiye’de birincil enerji arzında 2019 yılında %5 olan hidrolik enerji payı 2020’de %4’e düşmüştür. Doğal gazın konutlarda ve işyerlerinde ısınma amaçlı kullanımı ve ithalat anlaşmaları ile birincil enerji arzı içindeki payı 2020’de %27 olmuştur. Petrol ve kömürün paylarında ise herhangi bir değişim olmamıştır.

Türkiye’de enerji talebinin dışa bağımlılık oranı incelendiğinde 1990 yılında %51.6 iken 2020 yılında %70.1’e çıkmıştır.

Dışa bağımlılığı azaltmak için yerli kaynaklarımıza dayalı ileriye dönük tutarlı enerji politikaları oluşturabilmek için işletilebilir kömür rezervlerimizin saptanması gerekmektedir.

Kömür üretimine yapılan yatırım karlı olmasına karşın yüksek risk oranı taşır. Ancak risk oranının en aza indirilmesi yeraltındaki kömür miktarının ve kömürün üç boyutlu uzanımının önceden sıhhatli bir biçimde kestirilmesini gerektirir. Bu işi büyük masraflar karşılığı çok sık aralıklarla mekanik delgi yerine gelişmiş teknoloji ile yapmanın tek yolu modern jeofizik yöntemleridir.

Sondajla kömür damarının özelliklerini belirlemek, hem uzun zaman alacağı gibi hem de yüksek maliyetlere neden olabilmektedir. Sondajlı aramalara başlamadan önce; çalışmaları yönlendirecek, arama süresini kısaltacak, sondaj derinliğini ve yerlerini belirleyecek sondaj öncesi arama-araştırma faaliyetlerinin ilk basamağı Jeolojik çalışmalar bölgesel detay jeolojik harita yapımı, stratigrafinin belirlenmesi, tektonik ve yapısal çatının belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu çalışmalar jeokimya çalışmalarıyla desteklenir, Jeofizik-Sismik çalışma ve değerlendirmelere temel oluşturur ve daha sağlıklı programlanmasını sağlar. Özetle Yeraltı çalışmasının içeriği ne olursa olsun 3 boyutlu çalışmaların yapılmasında,

1. Jeoloji



2. Jeokimya
3. Jeodezi
4. Jeofizik

verilerinin entegre (koordine) edilmesi gerekir.

Jeofizik yöntemler birisi olan sismik yansıma yöntemi, kömür gibi tabakalar halinde oluşan ve çevre kayaçlara göre yeterli akustik empedans farkı yaratan ortamlarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

USA'da CBM (coal bed methane) üretimi ülke gaz toplamında %5. CBM işletilen, işletilecek ve terk edilmiş kömür ocaklarından üretiliyor. Özellikle işletilen ocaklarda grizu kazalarını minimuma indirilirken, emisyonların azaltılması ve ekonomik katkıları tartışılmazdır.

Kömür Sahalarında mevcut tektonik yapının Çok-Kanallı Yüksek Ayrımlı Sismik Yansıma Yöntemiyle ortaya çıkartılması gerekmektedir. Sahadaki kömür üretiminin kesintisiz sürdürülebilmesi için, fayların (kırıkların) yerlerinin, tiplerinin, doğrultularının, eğimlerinin, atımlarının ve birbirleriyle olan ilişkilerinin bilinmesi son derece önemlidir.

2. TÜRKİYE'NİN KÖMÜR POTANSİYELİ

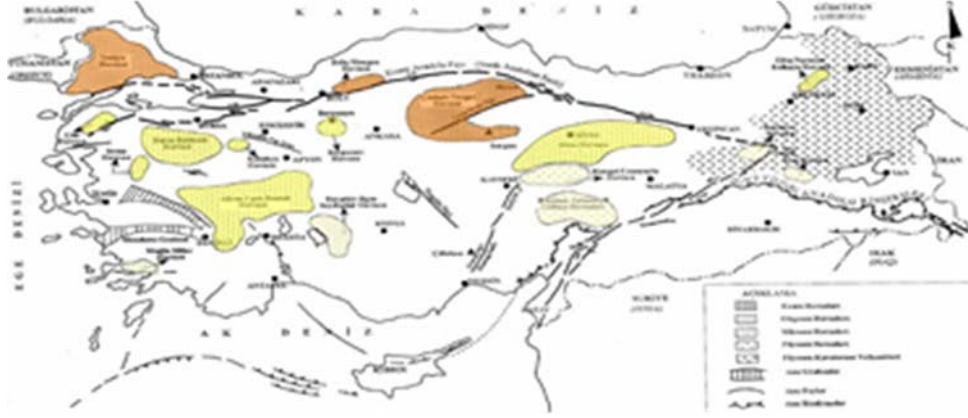
Madensiz sanayileşme, sanayisiz kalkınma mümkün değildir. Kalkınmanın sanayileşme ile sanayileşmenin ise doğal kaynakların akılcı kullanımıyla mümkün olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Kalkınmasını gerçekleştiren sanayileşmiş, gelişmiş ülkeler; ya kendi yer altı kaynaklarını ya da başka ülkelerden maden ham maddelerini ithal ederek sanayilerinin önünü açmışlardır. Mekanik Sondaj pahalı bir işlem olmasına karşın, ihtiyaç halinde yeraltı yapısı hakkında verilerin kesinliği, güvenilirliğine ihtiyaç duyulan bir uygulamadır. Ancak sondaj öncesi jeofizik verilere ihtiyaç her zaman vardır [6].

Kömür; bitki-fosil kökenli bir enerji hammaddesi olup, bitkilerin; zaman içinde, sıcaklık-basınç altında, değişim geçirmesi sonucu oluşur. Kömür; karbon, hidrojen, oksijen ve azottan oluşan, kükürt ve mineral maddeler içeren, fiziksel ve kimyasal olarak farklı yapıya sahip bir maddedir. Bu nedenle ana elemanı karbondur. Arz kabuğundaki tektonik sonucu, bu bataklıklar, silt ve diğer sedimanlarla birlikte derinlere gömülmüştür. Bu gömülme sonucu bitki artıkları yüksek sıcaklık ve basınçta maruz kalarak kömüre dönüşmüştür. İlk olarak turba oluşmuş, sonradan linyit meydana gelmiştir.

Bütün fosil yakıtlar arasında dünyada en çok bulunan, kömürdür. Verilere göre, mevcut maden teknolojisi ile ekonomik olarak üretilebilecek, toplam bir trilyon ton'un üzerinde kömür rezervi vardır. Kömür rezervleri, coğrafi olarak yaygın olup, bütün kıtalarda toplam 100 ülkede bulunmaktadır.

Zengin rezerv uzun süreli üretime işaretler. kömür rezervlerinin ömrü 240 yıldır.

Her ülkede olduğu gibi, ülkemizin kalkınmasında da enerji ve dolayısıyla enerji hammaddelerinin önemi çok büyüktür. Türkiye zengin kömür yataklarına sahiptir.



Şekil 1. Türkiye kömür rezervlerinin görünüşü [3].

Türkiye’de, linyit ve taşkömürü rezervleri görünür, muhtemel ve mümkün kategorilerinde hesaplanmakta olup, bu tür hesaplanma şekli ülkelerin önemli bir bölümünde kaynak niteliğinde görülmektedir [7].

Türkiye’de 736 milyon tonu görülür olmak üzere yaklaşık 1,52 [11] milyar ton taş kömürü ve 2019 sonu itibariyle 19,32 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Zonguldak Havzası’ndaki %38 i görünür nitelikte olan taşkömürü rezervlerinin dışında, ekonomik işletilebilecek alanlardaki muhtemel ve mümkün rezervlerinde görünür rezerv kategorisine dönüştürülmesi için gereken etüt ve sondajlar yapılmalıdır.

Ülkemiz kömür kaynağı ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taş kömüründe (antrasit) ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Ülkemizin linyit, asfaltit ve taşkömürü ile birlikte toplam kömür kaynağı yaklaşık 20,84 milyar ton’dur [11].

Linyit kaynağımızın çoğunluğu 1976–1990 yılları arasında bulunulmuştur. Daha sonra Trakya, Manisa-Soma-Eynez, Eskişehir-Alpu, Afşin-Elbistan ve Konya-Karapınar’da ilave linyit kaynakları tespit edilmiştir. Böylelikle; uzun yıllardır 8,3 milyar ton olarak bilinen linyit kaynağımız 2019 yılsonu itibariyle toplam 19,32 milyar tona ulaşmıştır.

Bununla beraber, ülkemiz linyit kaynaklarının ısı değerleri oldukça düşüktür. TKİ kaynak kömür miktarları içerisinde; 18,5 milyon ton bitümlü şeyl ve 70 milyon ton asfaltit rezervi de bulunmaktadır.

Linyit rezervlerimizin %92,5’ini elinde bulunduran kamu kuruluşları tarafından özel sektörün yatırım yapmasına yönelik geliştirilen tüm modellere karşın özel sektör firmaları tarafından linyit sektörüne ilişkin yatırımlar bir türlü gerçekleştirilememektedir [11].

Eskiden söylendiği gibi artık kömürler ne gözümüzün önünde, ne de kazmanın ucundadır. Kömür, artık yeraltında derinlerde, hem de çok derinlerde.

3. SONDAJ ÖNCESİ SİSMİK ARAMA YÖNTEMİ İLE KÖMÜR YATAKLARININ, FAYLARIN VE KÖMÜR KÖKENLİ DOĞAL GAZ (CBM) YERLERİNİN TESPİTİ

3.1. Tanımlar

A) Metan, kimyasal formülü CH₄ (Karbon ve 4 Hidrojen atomu) olan bileşiktir. Normal sıcaklık ve basınçlarda gaz halinde bulunan metan, kokusuzdur. Doğalgazın bir bileşenidir ve önemli bir



yakıttır. Oksijenin varlığında bir mol metanın yanmasıyla bir mol karbondioksit ve iki mol su ve 55.5 MJ/kg ısı açığa çıkar:



Doğal metan hem zemin altında hem de deniz tabanı altında bulunabilir. Yüze ve atmosfere ulaştığında atmosferik metan olarak bilinir.

Endüstriyel devrimden önce (1750 yılında) atmosferdeki metan 720 ppb seviyesindeydi. 2000'li yılların başında metan seviyesi stabil bir seviyeye ulaşmış, ancak 2007'den beri atmosferdeki metan oranı hızlı bir artış göstermektedir. 2017 yılında, atmosferik metan 1850 ppb seviyesine ulaşmıştır.

1750'den beri Dünya'nın atmosferik metan konsantrasyonu yaklaşık %150 oranında arttı ve uzun süren ve küresel olarak karışan sera gazlarının toplam radyasyon zorlamalarının %20'sini oluşturuyor. (bu gazlar su buharı içermiyor; Sera etkisinin en büyük bileşeni).

Metan, sera gazlarının içerisinde, Küresel ısınmada oynadığı rol açısından, Karbondioksit'ten sonra ikinci sırada gelmektedir. Ayrıca çöplerdeki metandan yakıt elde edilebilir. Doğal metan gazları atmosfere zarar vermez [14].

B) Grizu, maden ocaklarının galerilerinde bulunabilen ve belirli konsantrasyonlara eriştiğinde patlayıcı hale gelebilen yanıcı gaz. Bu gaz çoğunlukla kömür madeni metanıdır.

%4-15 arası metan ile havanın birleşmesinden oluşan bu karışım, 650 °C'de 2 fazlı bir yanma gerçekleştirir. Bu karışım önce ani şekilde genleşir, daha sonra patlama merkezine doğru çok büyük bir kuvvetle gazı sıkıştırır. Büyük tahrip gücüne ve yıkım etkisine sahip bir patlamadır.

Kömür madenlerinin kabusu olan grizu, Türkiye'de de sık sık görülmektedir. Özellikle yaşlı kömür damarlarında grizu riski yüksektir. Yasalar doğrultusunda, metanın havada bulunma oranı hacimce %1'dir. Bu seviyeye ulaşıldığında acilen önlem alınması gerekmektedir. Bu oran %1'in üzerine çıkarsa maden ocağının acilen boşaltılması gerekir. Ocak derinliği, eğimi, üretim yöntemi, fay ve çatlak yapılar grizu riskini değiştiren faktörlerdir. Metalin metale sürtmesi, ocakta herhangi bir ateş parçası veya kullanılan çelik ekipmanların ısınması sonucu patlama oluşabilir [16].

Çok uzunca yıllardan beri ülkemizde grizu facialarıyla karşılaşmamıza ve alınması gereken önlemlerin de bilinmesine rağmen halen büyük kayıplar verdiğimiz grizu patlamaları maalesef devam etmektedir.

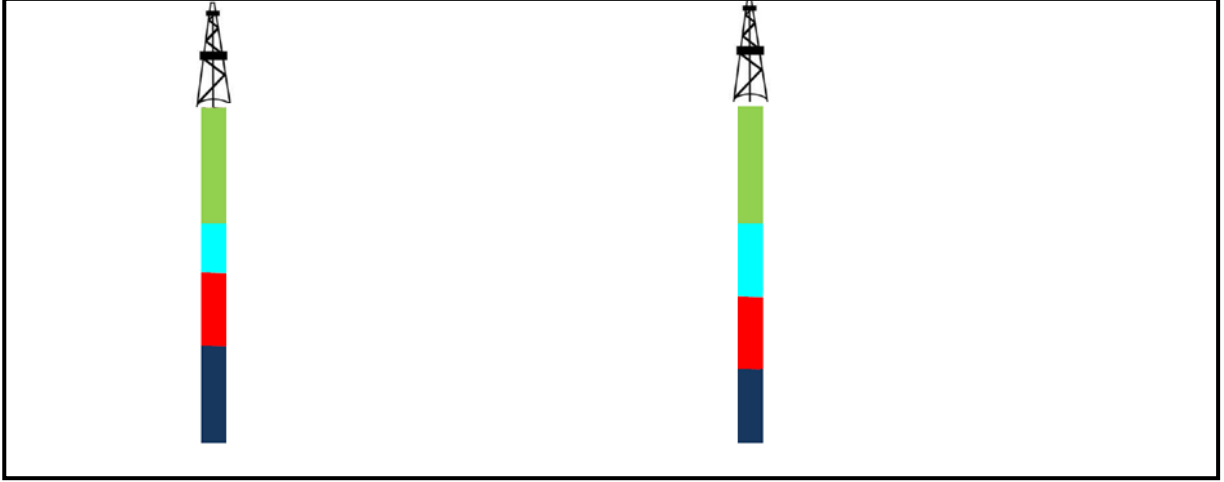
Maden galerilerinde standart ve gelişmiş havalandırma sistemleri bu işletmeciliğin temelidir. Bunun yanı sıra gelişen sondaj öncesi araştırmalar ve sondaj teknolojisi ile günümüzde kömür kökenli doğal gaz (CBM:Coal Bed Methane - KKDG) işletmeciliği de bilindiği gibi grizu facialarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Ancak, ülkemizde KKDG işletmeciliği için CBM üretim denemeleri yürütülmüş ancak tecrübesiz ekipler nedeniyle sonuç alınamamış ve uzun yıllardır Türkiye'de CBM üretimi yapılamamıştır.

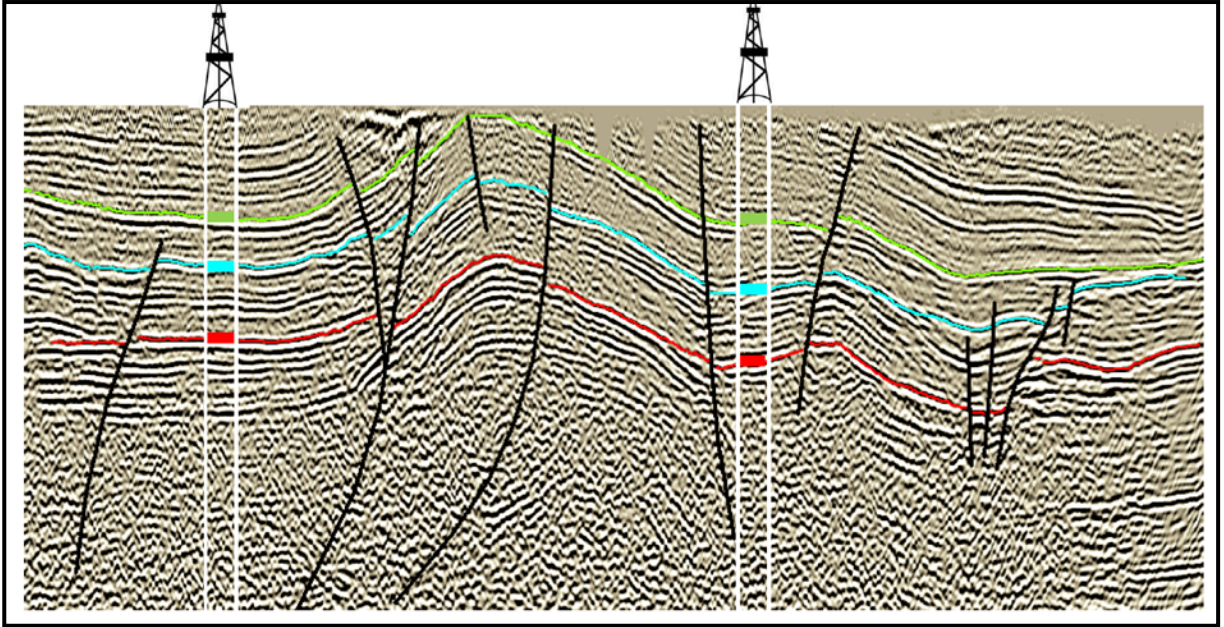
Oysa kömür işletmeciliği öncesinde bu gaz çıkarılırsa, grizu faciaları önemli ölçüde engellenecektir.

3.2. Fayların (Kırıkların) Tespiti

Stratigrafinin uyumsuzluğu ve geçilen formasyonların gerçek uzunluklarının farklı olduğu için sadece sondajla tesbit etmek zordur (Şekil 2).

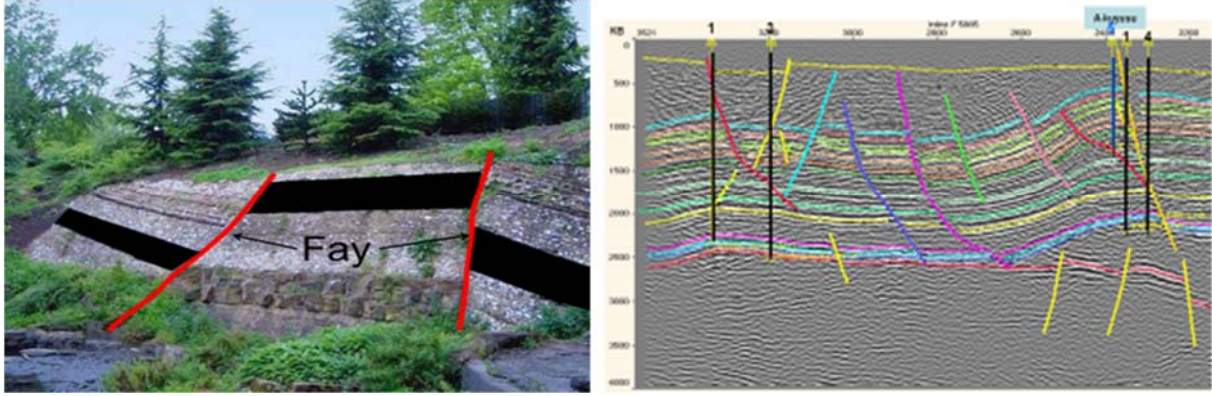


Şekil 2. Kuyudan elde edilmiş formasyon görüntüsü



Şekil 3. Kuyu ile korele edilmiş Sismik kesit

Jeolojik tabakaların yer içindeki görüntüsünü sadece kuyu ile ortaya çıkarmak mümkün değildir (Şekil 2), ancak sismik kesit ile görüntülemek mümkündür (Şekil 3).



Şekil 4. Fayların doğal ve sismik kesitte görünüşü [5].

Faylar yüzeyde gözle görülebilir, fakat derinlerdeki faylar kuyularla tam olarak tespit edilemez. Kuyularla tespit edilseler dahi, korelasyonları doğru yapılamaz (Şekil 4).

4. JEOFİZİK YÖNTEMLER

Petrol & doğalgaz, maden/kömür ve jeotermal aramacılığı için Sondaj öncesi arama faaliyetleri Jeofizik yöntemlerle yapılır. Bu yöntemler: Gravite, Manyetik, Elektrik, Elektromanyetik, Self Potansiyel, Sismik ve Kuyu Jeofizik Ölçüsüdür.

Jeofizik araştırmalar üç aşamada yapılır: veri toplama, veri işlem ve veri değerlendirmedir. Maden (Kömür dahil) aramaları, kullanılan Jeofizik yöntemler ile daha hızlı daha ucuza ve çevreye zarar vermeden yapılabilmektedir. Gelişmiş ülkeler çoklu sondajlarla kömür belirleme yöntemlerini çoktan aşmış bulunmaktadır. Bugünkü teknoloji ile modern jeofizik yöntemleri kullanılarak, sondaj sayısı en aza indirilip yer altı kömür yatakları daha az bir maliyet ile görüntülenmektedir.

Jeofizik yöntemlerin genel amacı yeryüzünden veya kuyu içerisinden yapılan aletsel ölçümlerle yeraltının yapısını ve fiziksel özelliklerini belirlemektir. Sahanın karakterizasyonunun araştırılmasında, ilk olarak Jeofizik çalışmalar yapılmalıdır. Böylece, sahayı en iyi temsil edebilecek sondaj ve örnekleme noktalarının yerleri tespit edilir.

Herhangi bir jeofizik yöntemle yapılan saha çalışmalarındaki en önemli konulardan, ölçümlerin konumunu belirlemektir. Tek profil ölçümler için ilgi alanına göre stratejik konumlara yerleştirilir. Alansal kapsamı sağlamak için çoklu hatlara ve çoklu istasyonlara sahip bir ağ yapısı (grid) kullanılır. Bir sahanın tümü hakkında bilgi sağlamak için paralel hatlar boyunca birçok ölçü istasyonunda veri toplamak gerekir. Bir jeofizik araştırmada planlama, profilin boyuna, profiller arası uzaklığa, hedef boyutuna, derinliğine ve tespit edilebilirliğine bağlıdır. Bir profil boyunca veya profiller arasında ölçümlerin aralığı çok büyükse, küçük hedefler kaçırılabilir. Sahanın geometrisi, jeolojik yapının özellikleri, coğrafik ve beşeri unsurlar gibi faktörler göz önüne alınarak, bir saha için en uygun sayıda ölçü profili veya ölçüm noktaları belirlenmelidir. Bu hatlar jeolojik yapıları dik kesecek şekilde birbirine paralel atılmalıdır. Bazı durumlarda, özellikle jeolojik yapının yönü bilinmiyorsa, farklı yönlerde profil ölçümleri gerekli olabilir. En az iki ölçüm profili paralel hatları dik yönde kesmelidir. Bir sahada yapılacak jeofizik ölçüm sayısı, hedef ve probleme yönelik yeterli veri elde edilecek şekilde belirlenmelidir. Jeofizik çalışmalarda, araştırılan hedef konunun ve jeolojik yapının özelliklerine ve fiziksel parametrelerine (sismik hız, iletkenlik, yoğunluk vb) bağlı olarak uygun, en az iki yöntem seçilmelidir. Örneğin; sismik ve elektrik yöntemler gibi en az iki yöntemin birlikte kullanılması tercih edilmeli ve gerekiyorsa problemin çözümüne yönelik diğer jeofizik metotlar da kullanılmalıdır.

4.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntemler, 1900'lerin başından beri petrol endüstrisinde kullanılmaktadır. Sismik yöntemler en çok petrol aranması aşamasında, yapıların derinliklerini ve şekillerini tespit etmek için kullanılmaktadır.

Sismik yöntemlerin kömür araştırmalarında uygulanmaya başlanması petrol aramalarındaki kadar eskidir.

Son yıllarda, araştırmacılar kömür için ayrıntılı yapısal ve stratigrafik özellikleri değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü 2B yansıma yöntemini başarıyla kullanılmaktadır. Kuyu verileri ile birleştirildiğinde, yüksek çözünürlüklü yansıma verisi arama, üretim ve kömür damarlarını haritalanmasında çok yaygın olarak kullanılır.

Petrol ve doğalgaz hedefli, derin sismik yansıma uygulamalarında kapan vazifesi gören yapının yalnızca tavanını görüntülemek yeterli iken, sığ sismik ile yapılan kömür araştırmalarında ise rezervin tayin edilebilmesi için kömür tabakasının hem tavan hem de tabanının belirlenmesi gerekmektedir [3].

İki tabakayı birleştiren sınırdaki yansıtıp yeryüzeyine dönen yansıma yolu (refleksiyon) olarak kayıt edilen sismik veriler, kömür üretiminin planlamasında ve saha sınırlarının belirlenmesinde etkili olan fay ve kıvrımların tespitinde kullanılmaktadır. Fayların, yeri ve atımı biliniyorsa, kömür işletme faaliyetlerinin planlamasında yansımali sismik detay bilgi sağlar. Sismik yansıma metodu, çok çeşitli jeolojik oluşumdaki yüzeye yakın yapıların tasvir edilmesi amacıyla başarılı olarak kullanılmıştır. Sismik yansıma metoduyla 100 m'den sığ hedeflerin haritalanması için, parametreler ve malzemeler, ilgilenilen derinlik ve yakın yüzey durumuna göre uyarlanmalıdır.

Sismik kaynak, ilgilenilen derinliğe uygun enerji seviyelerinde, sürekli, yüksek frekansta, akustik impuls üretebilecek kapasitede olmalıdır. Alıcılar ise yüksek duyarlılıkta ve en az 40 Hz'deki enerjiyi kaydedebilecek kapasitede olmalıdır. Yeraltı kömür madenciliği çalışmalarına engel teşkil eden, fayların yerinin belirlenmesi ve tanımlanmasında yüksek çözünürlüklü sismik yansıma tekniği başarılı olmuştur. Yansımali sismik ile yeraltından sık örnek elde etmek mümkündür [2].

Yüksek çözünürlüklü sismik yansıma tekniği sondajın yerini alamaz ancak planlama ve maliyet açısından sondaj programıyla önce ve/veya eşzamanlı olarak kullanılabilir. Böylece sondaj sayısının azaltılması daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle, yeraltı jeolojisi hakkında daha fazla bilgi sahibi olunmasını sağlar [8].

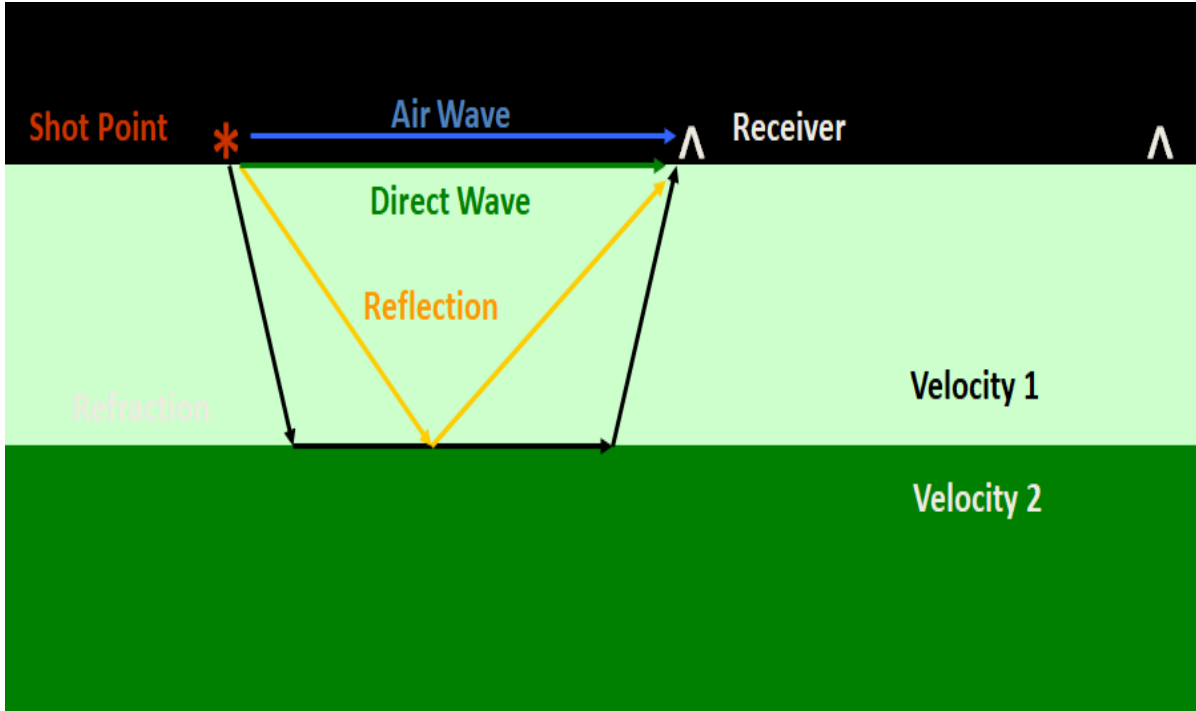
Yüksek çözünürlük demek, daha büyük bant genişliği anlamına gelmektedir ki bu da spektrumun yüksek frekans sonunu uzatarak elde edilir. Bu da patlatmada kullanılan patlayıcı miktarını azaltarak ya da jeofon grupları yerine tek jeofonlar kullanarak gerçekleştirilebilir. Azalmayan gürültüler, statik anomalileri ve ground-roll adı verilen yüzey dalgalarını içermektedir. Yüzeye yakın katmanlara ait statik, ground-roll, ve yüksek geçişli süzgecin etkileri, derin atış kuyularının eğer mümkünse de derin detektörlerin tercih edilmesine neden olmaktadır. Bu yaklaşım, deneylerle de ispatlanmış olup, üretim safhasında düzenli olarak uygulanmaktadır [13].

Temel sismik arama tekniği sismik dalgaların üretilmesi ve kaynaklardan (ekseriyetle kaynağı doğrultulmuş düz bir hat boyunca düzenlenmiş) jeofon serilerine giden dalgalar için gerekli zamanı ölçmekten ibarettir. Çeşitli jeofonlara geliş zamanları bilgisi ve dalgaların hızlarından, sismik dalga yollarının yeniden oluşturulmasında çalışır.

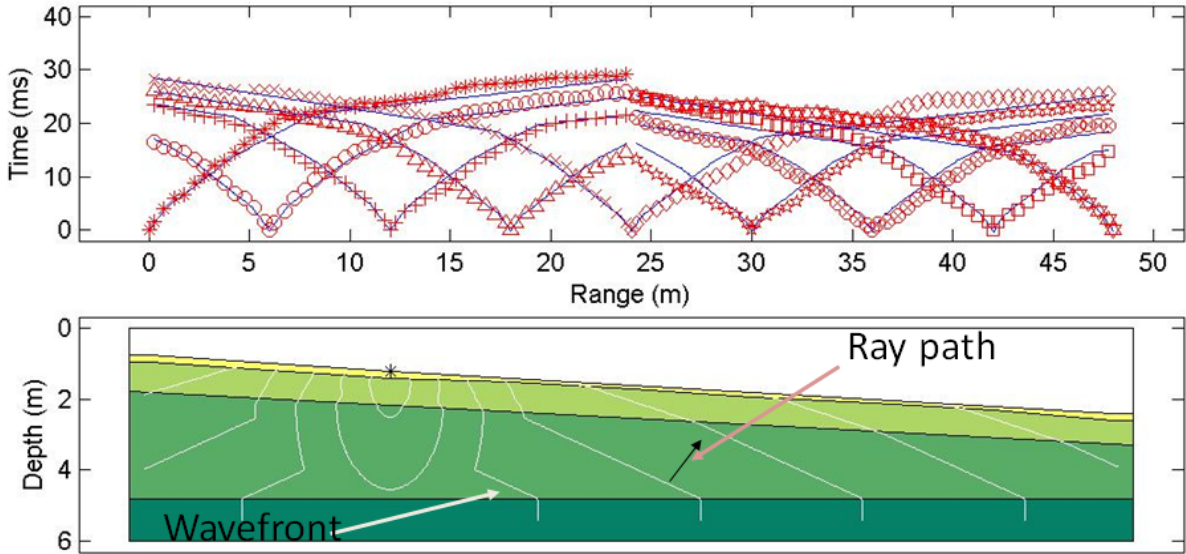
4.1.1. Sismik Kırılma Yöntemi

Sismik kırılma yöntemi, dalgaların uzaklığa ve yer içinde ilerlemesine bağlı seyahat zamanındaki değişimi ile ilgilenir.

Kaynaktan çıkan dalgalar, ara yüzeylerde kırılmaya maruz kalırlar. Kırılan dalgalar, belirli bir profil boyunca yüzeye yerleştirilmiş alıcılar tarafından kayıt edilir. Alıcılar tarafından kayırlan dalgaların alıcılara geliş zamanları ölçülür ve uzaklığın bir fonksiyonu olarak grafiği çizilir. Çeşitli matematiksel bağıntılar aracılığı ile yakın yüzey modeli elde edilir (Şekil 5, Şekil 6).



Şekil 5. Sismik kırılma yönteminde ışın yolları [5].



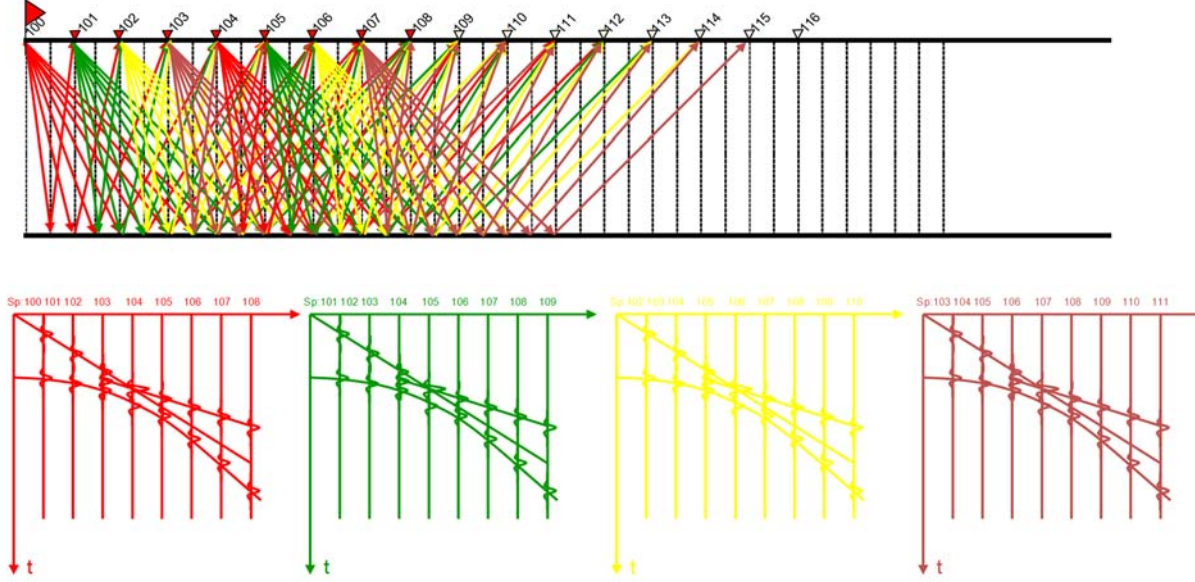
Şekil 6. Sismik kırılma yönteminde dalga yayını ve seyahat zamanları [5].

4.1.2. Sismik Yansıma Yöntemi

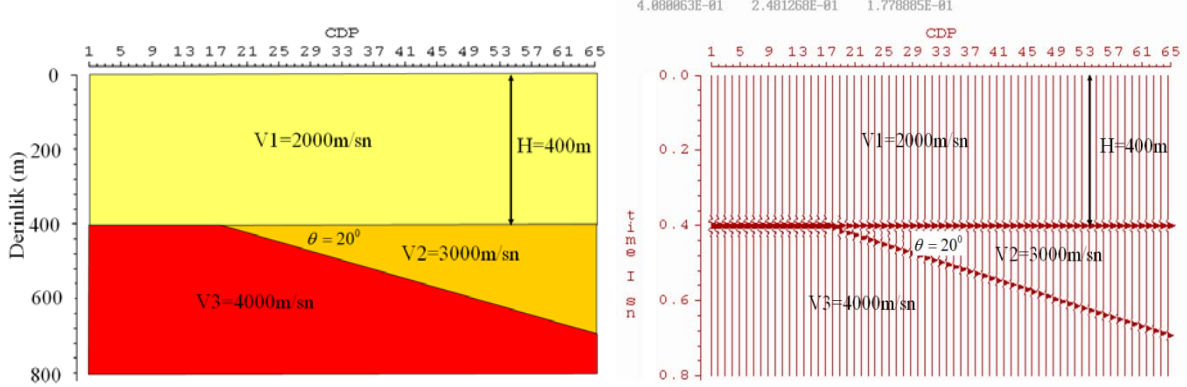
Sismik yansıma yöntemi, kaynaktan çıkan dalgalar ara yüzeyde (iki tabaka arasında) yansıma oluşur. Dalgaların bölümlü kısmı yansır, kalan kısmı ise bir sonraki tabakaya iletilir. İlerleyen dalga başka bir tabakaya daha gelirse, yine ara yüzeyde yansıma olur. Yansıyan dalgalar yüzeydeki alıcılara gelir ve kayıt edilirler. Bu kayıt edilen sinyaller çeşitli proses işlemlerinden geçirilerek sismik kesit denilen yerin içini gösteren kesitler elde edilir.

Şekil 7'de İki tabakayı birleştiren sınırdaki yansıma yeryüzeyine dönen yansıma yolu (ışın yolu) görülmektedir.

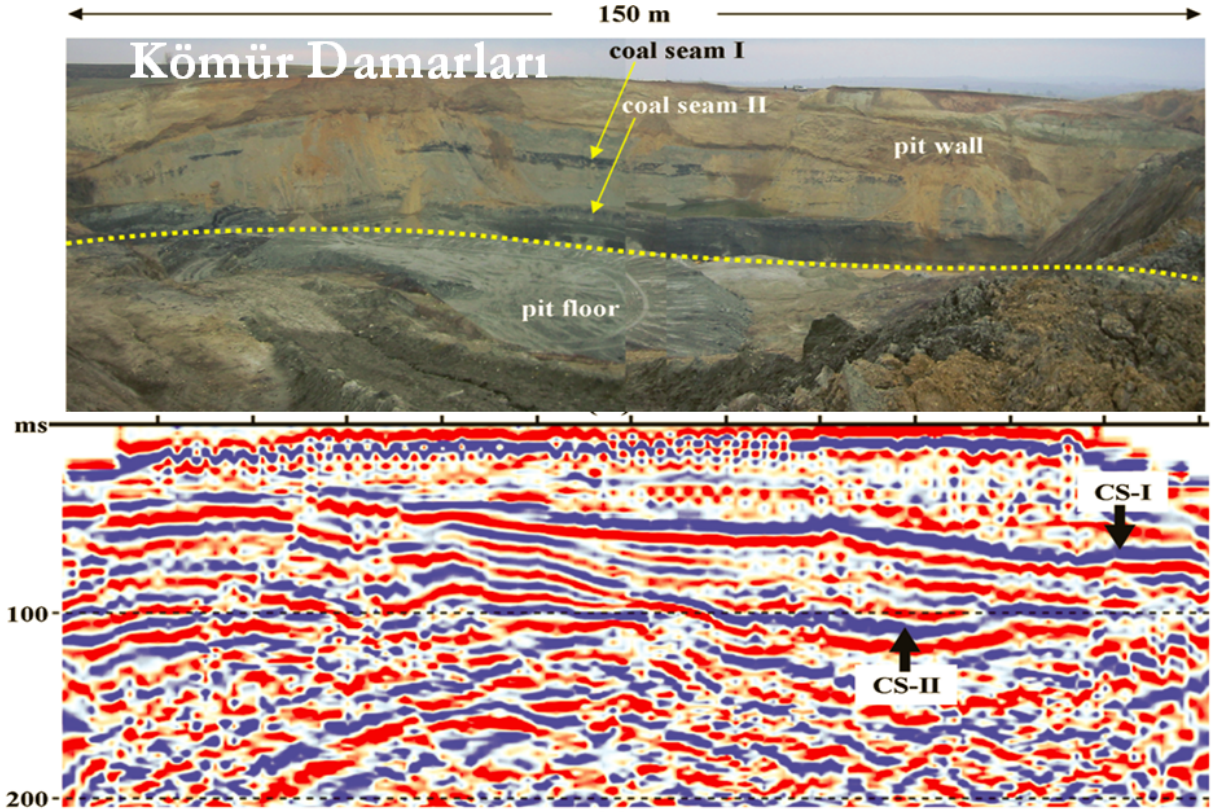
Her iki tip için gidiş zamanları kayaçların fiziksel özelliklerine ve tabakaların durumlarına bağlıdır. Sismik aramanın amacı; gözlenen varış zamanları, genlik ve frekans değişiminden, kayaçlar ve özellikle tabakaların durumu hakkında bilgiyi ortaya çıkarmaktır.



Şekil 7. Sismik yansıma yönteminde ışın yolları



Şekil 8. Sismik yansıma yöntemi için yapay jeolojik model ve sismik kesitte görünüşü

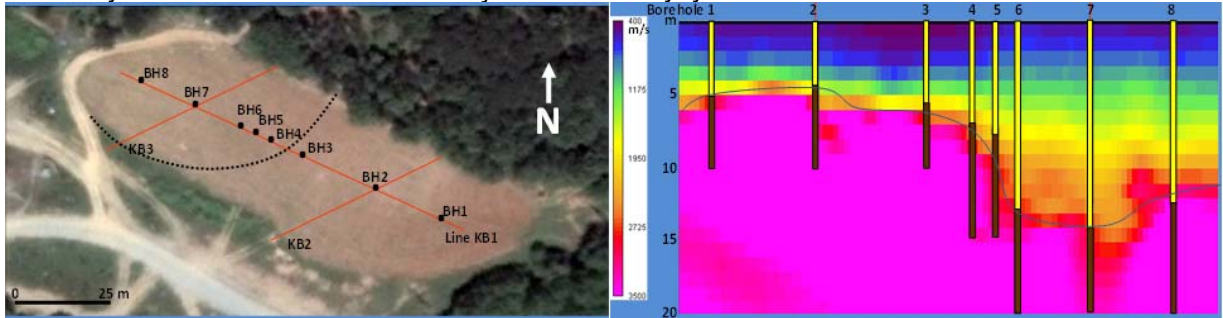


Şekil 9. Sismik yansıma yöntemi kömürlü bir jeolojik model ve sismik kesitte görünüşü [12].

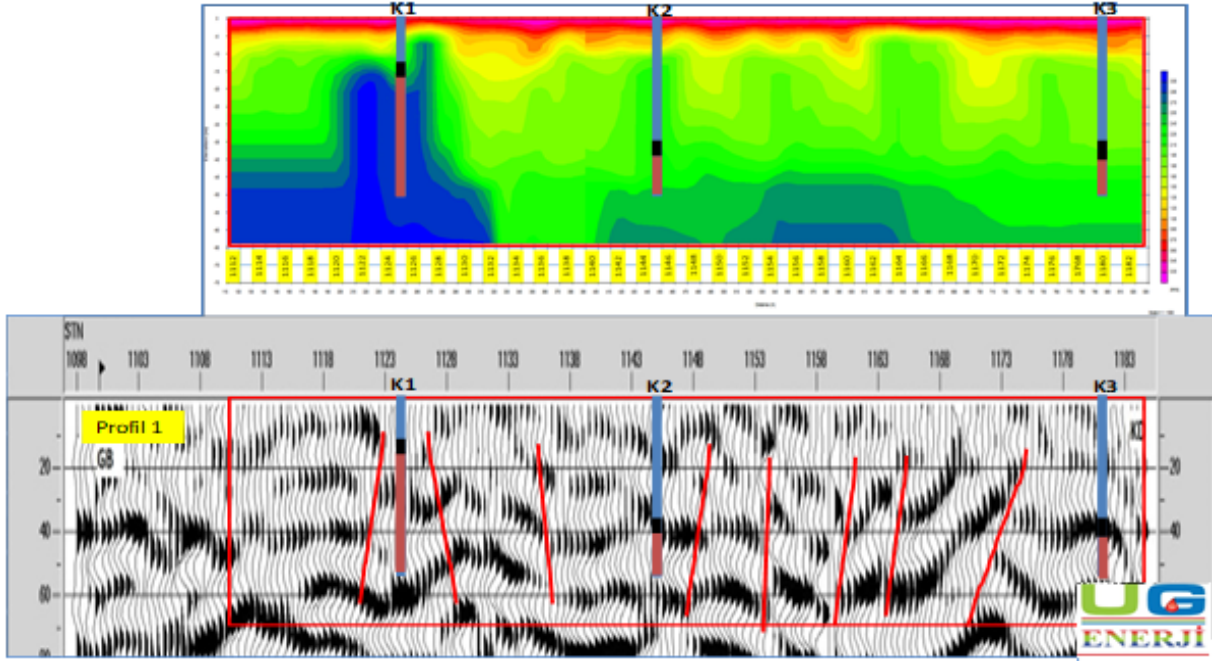
Şekil 8'de yapay bir model ve bu modelden elde edilen sismik kesit görülmektedir. Bu kesit çeşitli proseslerden sonra elde edilir ve jeolojiyi yansıtır. Şekil 9 ise gerçek bir kömür sahasının resmi ve bu sahada elde edilmiş sismik kesit görülmektedir. Kesitte kömür damarları çok net bir şekilde görülebilmektedir.

4.1.3. Sismik Tomografi Yöntemi

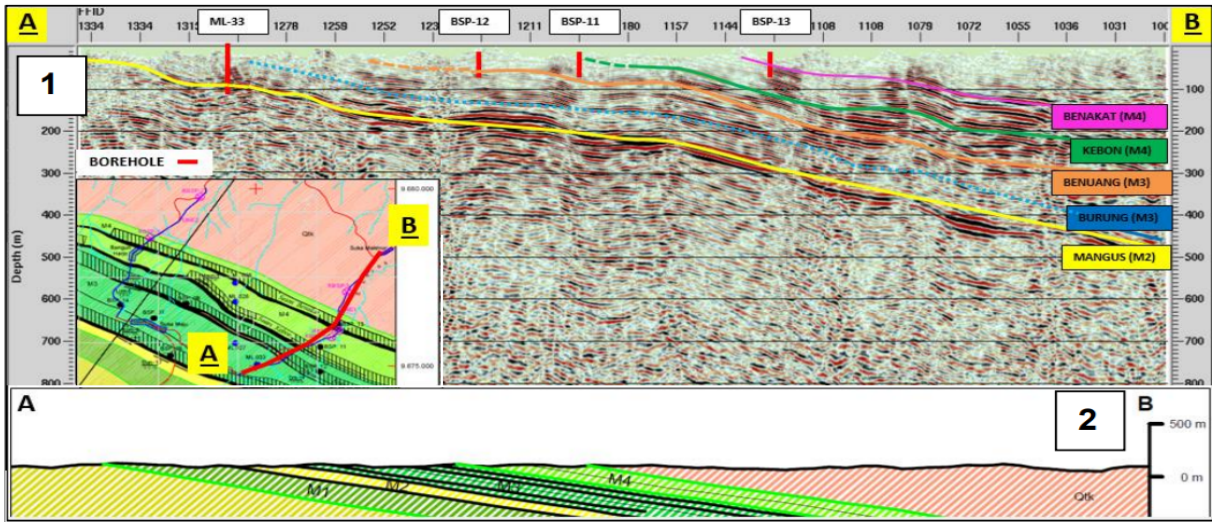
Son yıllarda petrol aramacılığında yansıma sismik yöntemi içinde kullanılan statik düzeltme için yakın yüzeyin modellenmesinde kullanılan bir ters çözüm işlemidir. Bu yöntem, kırılma yöntemindeki gibi ilk varışlar işaretlenir ama aynı şekilde değerlendirilmez. Bu yöntemde ışın yolu tekniği kullanılır. Bu nedenle yüksek hızlı tabaka altındaki düşük hızlı tabakayı yakalamak mümkündür.



Şekil 10. Sismik tomografi yöntemi ile borehole kuyu sonuçlarının karşılaştırılması [12].



Şekil 11. Sismik yansıma yöntemi kömürlü bir jeolojik model ve sismik kesitte görünüşü [5].

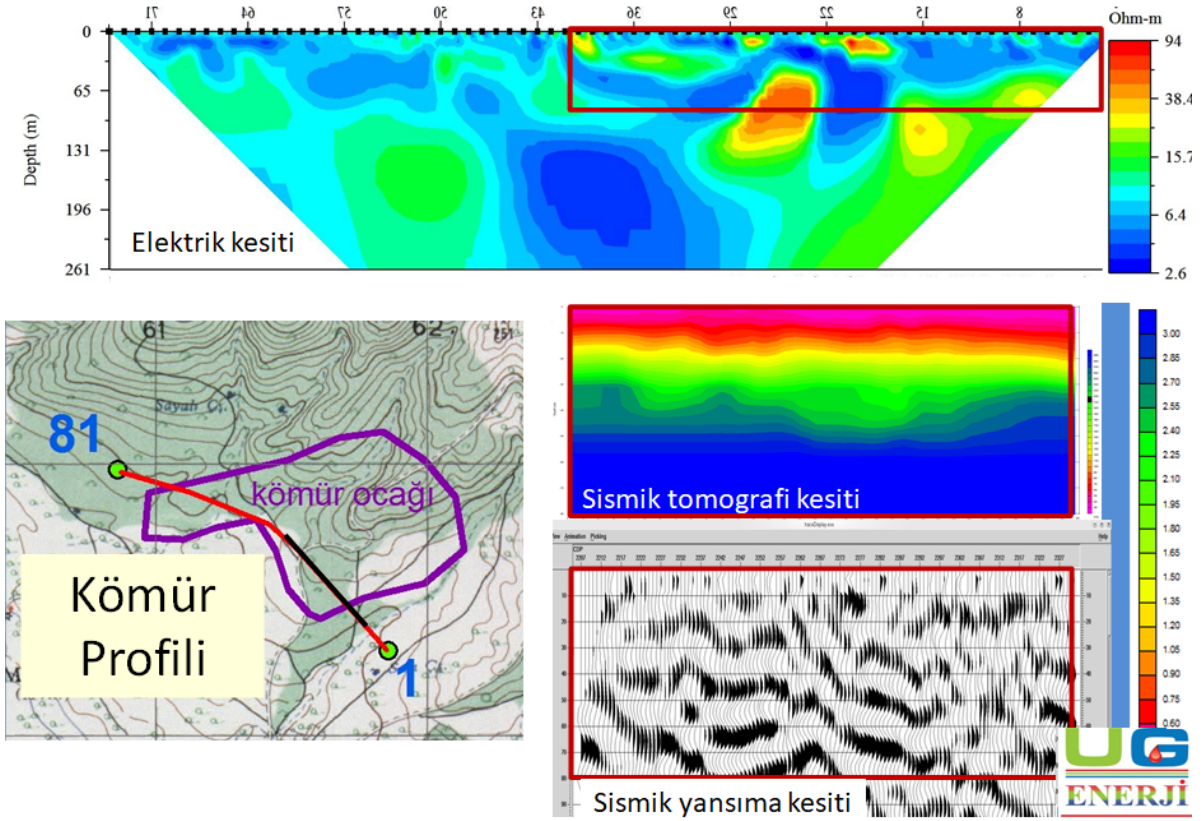


Şekil 12. Yorumlanmış sismik kesit (1) ve jeolojik kesitin (2) görünüşü [10].

Şekil 10'da kuyu bilgileri ile sismik tomografi sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi sonuçlar oldukça uyumludur. Dolayısıyla çok kuyu açmadan da sismik ile aynı sonuca ulaşmak mümkündür. Bu yöntemle arama ve tespit çalışmaları daha ucuza yapılabilmektedir. Şekil 11'de ise çok sığ bir kömür sahasında yapılan sismik kesit ve tomografi sonucu görülmektedir. Yine sahadaki kuyu sonuçları ile korele edilmiştir. Sonuçların uyumlu oldukları görülmektedir. Şekil 12'de de yine kömürlü bir sahada yapılmış sismik kesit ve yorumdan elde edilmiş jeolojik kesit görülmektedir.

4.2. Elektrik Yöntemler

Elektrik yöntemi, yerin içindeki farklı tabakaların farklı dirence sahip olmasına ve direnç farklılığının tesbitine dayanır. Bunun için yere akım verilir, bu akım sayesinde elektrodlar arasında oluşan gerilim farkına bağlı olarak tabakaların dirençleri hesaplanır. Farklı formasyonlar farklı dirence sahiptir.

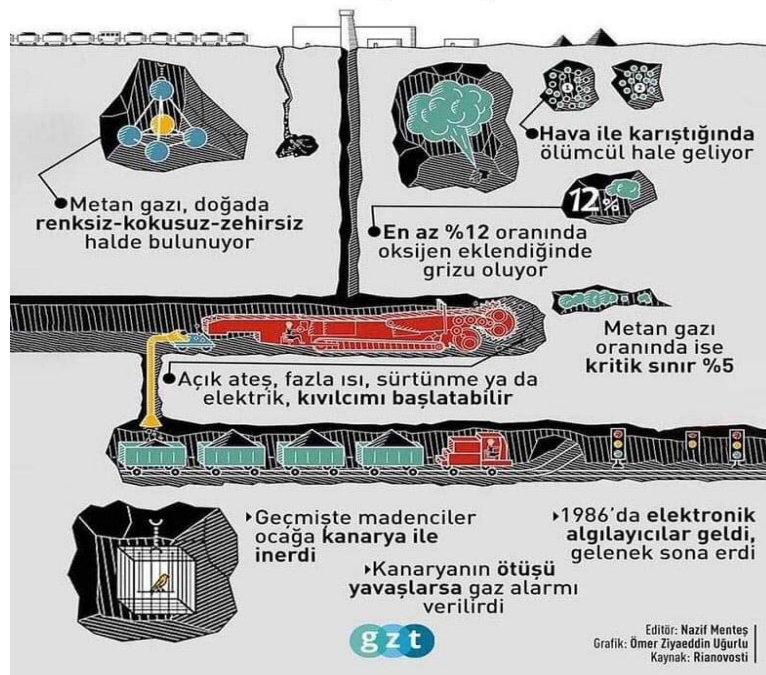


Şekil 13. Kömürlü bir sahada ve aynı profil üzerinde elektrik ve sismik kesitin karşılaştırılması [4].

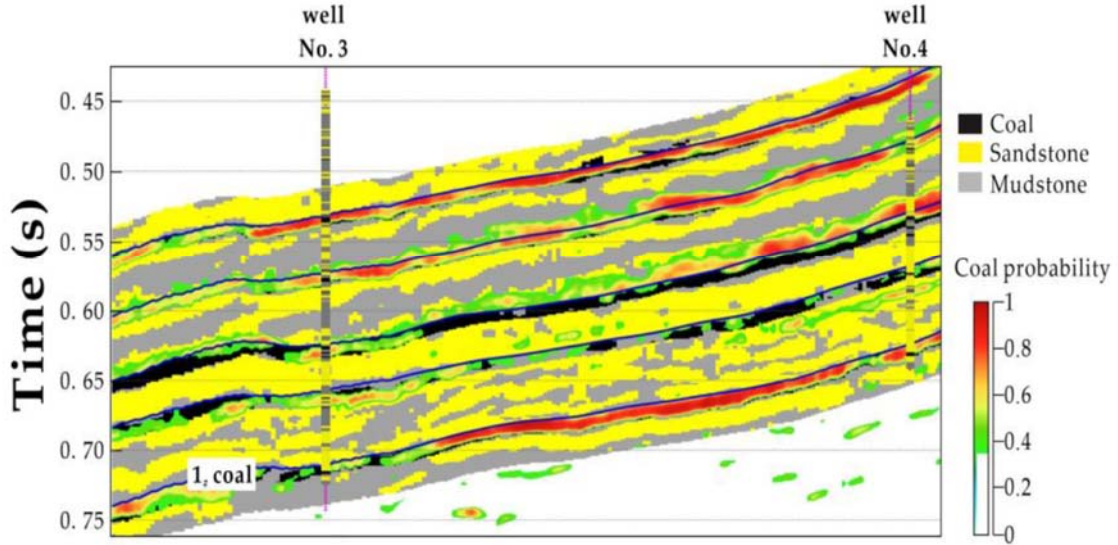
Şekil 13'te kömürlü sahada ve aynı profil üzerinde yapılan elektrik ve sismik kesiti görülmektedir. Sonuçların uyumlu oldukları görülmüştür.

5. KÖMÜR KÖKENLİ DOĞAL GAZ (CBM) UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Kömür kökenli doğal gaz olan metan gazı, kömür üretiminin önündeki en büyük tehlikedir. Metan gazının patlaması sonucunda hem çalışan işçiler zarar görmekte hemde kömür ocağı zarar görmektedir. Bunun için galeri içinde sürekli gaz ölçümü yapılır. Gaz oranının eşik değer aşması durumda tehlike başlıyor demektir. Şekil 14'te kısa kısa bilgiler verilmiştir.



Şekil 14. Metan gazı ile ilgili kısa bilgiler [15].



Şekil 15. Rezervuar içersinde litolojik değişimin sismik kesit üzerinde görünüşü [1].

Şekil 14'te metan gazı ile ilgili teknik bilgiler görülmektedir. Şekil 15'te kömürlü sahada elde edilmiş bir sismik kesit görülmektedir. Bu kesit, kömürün yerindeki dağılımını ve yapısını nasıl değiştiğini göstermektedir.

SONUÇ

1. Birçok yerde kömür içeren tabakaların üzerinde örtü olarak alüvyon tabakaları vardır. Bu örtü katmanlarının kalınlığı Sismik yansıma yöntemi ile gerçeğe yakın bir biçimde belirlenebilir ve dağılımı görüntülenebilir,

2. Temel paleo-topografyasının belirlenmesiyle havzada kömür oluşumuna uygun yerlerin tespit edilmesi ve kömür dağılımının belirlenmesi mümkündür,
3. Kalın ve ekonomik kömür damarları direkt olarak bulunabilir,
4. Kömür damarı kalınlığı derinliğin %10 ve daha düşük oranında ise kömürlü formasyonun veya bu formasyona komşu kılavuz formasyonların derinliği ve konumu saptanabilir. Sismik yansıma etütleri yapılarak kömür damarının yayılımı görülebilir,
5. Kuyular arasında yapılan sismik uygulamalarla kömür damarının devamlılığı, geometrisi ve kalitesi hakkında bilgi edinilebilir,
6. Özellikle kömürlü katmanları yüzeylenmeyen veya örtülü olan neojen havzalarında jeofizik metotların uygulanmaları sonucunda, uygun sondaj lokasyonlarının ve kapasitelerinin belirlenmesiyle sondaj sayısını azaltacağı yanında açılan kuyunun hedefe varmadan askıda kalmasının önleneceği gibi, amaçlanan sonuca daha kısa sürede ve daha ekonomik olarak ulaşılabilecektir.

Konvensiyonel (Klasik) maden aramacılığı sondajla yapılmaktadır. Bu nedenle cevherin şeklini çikarabilmek için çok fazla sondaj ile kuyu açılmalı ve karot alınmalıdır. Bu da yüksek maliyetlidir.

Son zamanlarda bütün Dünyada maden aramacılığında jeofizik yöntemler kullanılmaktadır. Jeofizik yöntemler sayesinde daha ucuza sondaj açmadan aynı veriyi elde etmek mümkündür.

Maden aramacılığında, CBM ve kömür seviyeleri için yapılacak sondaj yerleri açısından sismik yansıma ve kırılma verisinin önemi büyüktür. Bunun yanında Sismik tomografi yöntemi kömür damarlarının bulunmasında faydalı bir yöntemdir.

Yüksek çözünürlüklü sismik yansıma tekniği iyi planlanmış bir sondaj programı ile bağlantılı olarak kullanıldığında, yüzey altı jeolojisi hakkındaki bilgiyi daha kısa sürede ve düşük maliyetle önemli ölçüde arttırabilir [9].

Mekanik Sondaj pahalı bir işlem olmasına karşın, ihtiyaç halinde yeraltı yapısı hakkında verilerin kesinliği, güvenilirliğine ihtiyaç duyulan bir uygulamadır. Ancak sondaj öncesi jeofizik verilere her zaman ihtiyaç vardır.

Her türlü sondaj işlemi için jeofizik verisinden faydalanma imkânı mevcuttur. Özellikle Jeofiziğin yöntemlerinde özellikle CBM-KKDG için örneğin; sismik zaman kesitlerinin, derinlik, basınç kesitlerine dönüştürülmesi ile hangi seviyede, nasıl bir basınç ortamıyla karşı karşıya kalılabileceği sorularının cevabı da jeofizikte vardır.

Yerli kaynaklarımıza dayalı ileriye dönük tutarlı enerji politikaları oluşturabilmek için işletilebilir kömür rezervlerimizin saptanması gerekmektedir.

Sonuç olarak, yeni kömür ve yeraltı kaynaklarımızın belirlenmesi hususunda geliştirilen arama projelerinin amacına ulaşabilmesi için sondaj lokasyonlarının ve muhtemel derinliklerinin doğru belirlenmesi gerekir. Bunun için arama projelerinde jeolojik etütler yanında Jeofizik etütlere de yukarıda belirtilen fonksiyonları yerine getirebilecek şekilde yer verilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] CHEN, B., LIU, B., DU, Y., DONG, G., WANG C., WANG, Z., WANG, R., AND FAN CUI, F., "Inversion Study on Parameters of Cascade Coexisting Gas-Bearing Reservoirs in Huainan Coal Measures", Energies, 15, 6208, 2022.
- [2] DANA, D., AKERBERG, P., ZELT, C., LEVANDER, A., HENSTOCK, T., "High Resolution Seismic Imaging At A Porphyry Copper Mine", SEG Expanded Abstracts, 1998.
- [3] GÖNÜLALAN, A.U., GÜRELİ ,O., KILIÇ, O., KESKİN, E., İÇKE, B., KÖKTAN, M, VE AKÇAYLAR, L., "Türkiye'de Yansımali Sismik Yöntemin Kömür Aramalarında Kullanılmasının Önemi", Türkiye 17 Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Ankara, 2007.

- [4] GÖNÜLALAN, A. U., VE GÜRELİ, O., “Kömür Arama ve Rezerv Geliştirme Yatırımlarında Sismik Yöntemin Önemi”, JFMO 20. Jeofizik Kongresi Antalya, 2013.
- [5] GÜRELİ O., VE GÖNÜLALAN, A. U., “Kömür Aramacılığında Sismik Yöntem Seismic Method in Coal Exploration”, 20. Kömür Kongresi Zonguldak, 2016.
- [6] KOÇAK, Ç., “Kömür Arama Politikalarında Jeofizik Mühendisliği Uygulamalarının Yeri ve Önemi”, JFMO Bülteni, 2002.
- [7] KOÇAK,Ç.,“Kömür Kaynaklarımızın Değerlendirilmesi ve Enerji Politikaları”–Türkiye 17. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Ankara, 2007.
- [8] MILLER R.,D., AND STEEPLES D.,W., “Detection Void in a 0.6 coal seam, 7m deep, using seismic reflection”, Geoprospection 28, P:109-111,1991.
- [9] MILLER R. D., SAENZ V., AND HUGGINS, R. J., “Feasibility Of CDP Seismic Reflection To Image Structures In A 220-M Deep, 3-M Thick Coal Zone Near Palau, Coahuila, Mexico”, Geophysics 57, 1373, 1992.
- [10]RAMDHANI, M. R., İBRAHİM, M. A., SİREGAR, H. E. A., AND RAHADINATA, T., “Shallow seismic reflection survey for imaging deep-seated coal layer - case study from Muara Enim coal” Indonesian Mining Journal Vol. 24, No. 1, April : 15 – 29, 2021.
- [11]Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), “Linyitlerin Türkiye Enerji Sektöründeki Yeri (1970-2030)”, TKİ Bülteni, 2013.
- [12]YILMAZ, O. “Engineering Seismology with Applications to Geotechnical Engineering,” SEG Yayınları, 964 sayfa, 2015.
- [13]ZİOLKOWSKI, A., AND LERWILL, W. E., “A Simple Approach To High Resolution Seismic Profiling For Coal” The thirty ninth meeting of the European Association of the Exploration Geophysicists, Zagreb, 1977.
- [14]<https://tr.wikipedia.org/wiki/metan>
- [15]<https://www.gzt.com/> (Erişim: 26.12.2022)
- [16]Vikipedi, özgür ansiklopedi

ÖZGEÇMİŞ

A.Uğur GÖNÜLALAN

1952 yılında Gaziantep'te doğdu. 1976 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeofizik-Jeoloji lisans, 1978 yılında Jeofizik Mühendisliği bölümünden Yüksek Jeofizik Mühendisi olarak mezun oldu. 1976-1978 yıllarında MTA Enstitüsünde çalıştı. 1978-1980 arasında Hava Kuvvetleri Komutanlığında Jeofizik Mühendisi Asteğmen olarak askerliğini yaptı. 1980-2006 arasında Türkiye Petrolleri A.O.'da teknik ve idari yönetici kadrolarında görev yaptı. TPAO bünyesinde ABD, Avrupa, Afrika ve Türkiye Cumhuriyetleri'ndeki eğitim ve ortak projelerde yer aldı. Türkiye Petrolleri Personeli Vakfı Yönetim Kurulu Üyeliği, Petrol Ticaret Başkan Vekilliği, İstanbul Gübre Sanayii A.Ş. (İGSAŞ) Denetleme Kurulu Üyeliklerinde bulundu. Türkiye Jeofizikçiler Derneği, 1976 Yönetim Kurulu üyesi, 1990-1992, 1992-1994 yıllarında JFMO Yönetim Kurulu'nda II. Başkan, Yönetim Kurulu üyeliklerinde bulundu. 2002-2004, 2004-2006, 2006-2008 yılları arasında (toplam üç (9, 10 ve 11) dönem) TMMOB JFMO Genel Başkanlığı, Yönetim Kurulu Başkanlığı yaptı. Oda üyesi olarak TMMOB'da çeşitli komisyon üyeliklerinde bulundu. Ulusal ve uluslararası jeofizik ve petrol vb. çeşitli kongrelerin düzenlenmesinde düzenleme kurulu başkanı ve üyesi olarak görev yaptı. JFMO 13. Dönem (2010-2012) Hukuk İşleri Komisyonu ve TMMOB 41.Dönem (2010-2012) Yasa ve Yönetmelik Değişikliklerinin Takibi Çalışma Grubu Başkanlıklarını yaptı. JFMO'nun TMMOB delegesidir. 12 Mayıs 2009 tarihinden bu yana Madencilik Müşavir Mühendisleri Birliği (MADENBİR) Derneği Yönetim Kurulu üyesidir. Balkan Jeofizik Birliği (BGS), SEG, EAGE, DEK-TMK, YERMAM ve Ankara Barosu üyesidir. Ulusal ve uluslararası kongre, seminer ve sempozyumlarda jeofizik, jeotermal ve petrol aramacılığı üzerine hazırlanmış 32 adet sunumu ve yayını bulunmaktadır. Altı dönem DPT 5 yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas (Enerji) komisyonlarında görev aldı. Ocak 2007'de emekli oldu. Bir enerji şirketinde danışman olarak çalıştı. Temmuz 2011'den bu yana kurucu ortak şirketi olan UG ENERJİ'de görev yapmaktadır. MÜDEK (Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği) Resmi Değerlendiricisidir. Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi mezunu, Avukat olup Ankara Barosuna kayıtlı ve CMK-HMK Bölge Bilirkişisidir.



Orhan GÜRELİ

1969 yılı Tokat doğumludur. 1993 yılında İTÜ. İstanbul Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Ankara Üniversiteden 1998 yılında Yüksek Mühendis, 2007 yılında Doktor ünvanını almıştır. 1993-2005 yılları arasında TPAO'da Jeofizik Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2005-2011 yılları arasında NAGECO-Libya'da Supervisor olarak görev yapmıştır. 2011'den beri Arar Petrol ve Gaz AÜP AŞ'de Sismik Grup Müdürü olarak görev yapmaktadır. Petrol, Doğalgaz, Maden ve Jeotermal arama konularında çalışmaktadır.