ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aytül ŞAHİN

SIRASEKİ (ADANA) SAHASINDA SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİ İLE HİDROKARBON ARAŞTIRILMASINDA SİSMİK VERİ TOPLAMA VE PARAMETRE SEÇİMİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2011

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIRASEKİ (ADANA) SAHASINDA SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİ İLE HİDROKARBON ARAŞTIRILMASINDA SİSMİK VERİ TOPLAMA VE PARAMETRE SEÇİMİ

Aytül ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 28/04/2011 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….	……..	……..
Öğr.Gör.Dr. Hatice KARAKILÇIK	Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ	Doç. Dr. Erol ÖZER
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SIRASEKİ (ADANA) SAHASINDA SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİ İLE HİDROKARBON ARAŞTIRILMASINDA SİSMİK VERİ TOPLAMA VE PARAMETRE SEÇİMİ

Aytül ŞAHİN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Öğr. Gör. Dr. Hatice KARAKILÇIK
Yıl: 2011, Sayfa: 104
Jüri :Öğr. Gör. Dr. Hatice KARAKILÇIK
:Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ
:Doç Dr. Erol ÖZER

Adana'nın 16 km güneyinde yer alan Sıraseki bölgesi çalışma alanını oluşturmaktadır. Sıraseki çalışma alanında hidrokarbon arama amaçlı yapılan sismik yansıma veri toplama çalışmasında, kayıt parametrelerini seçmeden önce, uygulanacak parametreleri etkileyen faktörler belirlenmiştir. Belirlenen faktörleri dikkate alarak seçilecek olan parametreler daha kaliteli veriler elde edilmesini sağlamıştır. Yanlış parametre seçimi yanlış yoruma neden olmakta ve bunun sonucunda arazide açılacak olan petrol kuyusu veya kuyuların maliyeti oldukça yüksek olacaktır. Bu yüzden eldeki tüm jeolojik ve jeofizik verileri kullanarak önerilen sismik programın doğru yoruma katkısı büyük olacaktır.

Bu çalışma aynı zamanda Adana Havzası içerisinde Miyosen yaşlı istiflerin yeraltı jeolojisi özelliklerinin, kuyu verileri, kuyu logları ve sismik kesitler yardımıyla incelenmesini ve yapısal özelliklerinin belirlenmesini içermektedir. Bunun içinde araştırma sahasında toplam 15 adet sismik profil alınmıştır. Çalışma sahasında 6 adet de sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan bazılarına ait kuyu logu verileride yoruma katkı sağlamıştır. Yorumlanan sismik kesitlerde tabaka sınırları ve faylar tespit edilmiştir. Adana Havzasında Kuzgun ve Handere formasyonlarına ait kumtaşı birimleri ikinci derecede hazne kaya olarak düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sismik Yansıma, Petrol, Adana Sıraseki, Kuyu Logu

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

SIRASEKİ (ADANA) AREA SEISMIC REFLECTION SEISMIC DATA ACQUISITION AND PARAMETER SELECTION METHOD FOR HYDROCARBON INVESTIGATION

Aytül ŞAHİN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGY ENGINEERING

Supervisor :Instractor Dr. Hatice KARAKILÇIK
Yıl: 2011, Sayfa: 104
Jury :Instractor Dr. Hatice KARAKILÇIK
:Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ
:Assoc.Prof. Dr. Erol ÖZER

The Sıraseki region which takes part in 16 km South of Adana is comprise of study area. Study of seismic reflection data collection at Sıraseki study area had been made for search hydrocarbon, the factors which will effect the implementation parameters had been determined before choosing the parameters of record. Parameters which will be choosed by paying attention to determined factors, enable acquiring data with more quality. Wrong parameter selection leads wrong interpretations and thus cost of the oil wells will be incredidly high. Therefore contribution to the correct interpretation will be great when all geological and geophysical data used in proposed seismic program.

This study also includes underground geological features of the Miocene sediments in the Adana Basin, surveys for well data and examination by the help of well logs, seismic sections and designating of structural properties. In this research 15 seismic profile had been taken in the study field. There are 6 drilling wells in the study area. Some of the drilling wells of the situated well logs contributes to the interpretation. Layer boundaries and faults have been identified at interpreted seismic sections. Sandstone units that are belonged to Kuzgun and Handere formations of Adana Basin has been considered as seconde-degree reservoir rock**.** It has been considered as seconde-degree reservoir that sandstone units are belonged to Kuzgun and Handere formations in Adana Basin.

Keywords : Seismic Reflection, Oil, Adana Sıraseki, Well Log

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalında yapmış olduğum Yüksek Lisans çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, karşılaştığım sorunlara çözüm üreterek, çalışmalarımın olabildiğince sağlıklı sürmesini sağlayan, çalışmakta en zorlandığım anlarda motive olmamı sağlayan ve her türlü sorunumla samimiyetle ilgilenen değerli danışman hocam Sayın Öğr. Gör. Dr. Hatice KARAKILÇIK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Beni engin bilgi ve tecrübeleri ile aydınlatan ve destekleyen hocam, Jeofizik Mühendisi Uğur GÖNÜLALAN'a, Recep KIZILKOCA'ya, Atilla SEFUNÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Fikirleri ile beni destekleyen tüm bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, sonsuz sevgi ve ilgisini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ……..…….I
ABSTRACT…….……II
TEŞEKKÜR…….……...III
İÇİNDEKİLER……...…....IV
ŞEKİLLER DİZİNİ……..VIII
TABLOLAR DİZİNİ…….…….XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Sismik Prospeksiyon ve Önemi 2
1.2. Sismik Yöntemin Gelişimi 3
1.3. Sismik Yöntemin Ana Hatları..... 4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
2.1. Adana Havsasında Yapılan Bazı Çalışmalar 7
2.2. Petrolün Tanımı ve Kullanım Alanları 9
2.3. Petrolün Kökeni, Oluşumu ve Göçmesi 10
2.3.1. Petrol Sistemi 10
2.4. Türkiye'nin Petrol Arama Faaliyetleri 12
2.5. Adana İlinin Coğrafi Durumu 14
2.6. Çalışma Alanı Jeolojisi 14
2.6.1. Misis-Andırın Baseni 16
2.6.2. Senozoyik 17
2.6.3. Gildirli Formasyonu 17
2.6.4. Kaplankaya Formasyonu 17
2.6.5. Karaisalı Formasyonu 17
2.6.6. Cingöz Formasyonu 18
2.6.7. Güvenç Formasyonu 18
2.6.8. Kuzgun Formasyonu 18
2.6.9. Kuzgun Üyesi 19

2.6.10. Handere Formasyonu 19
2.7. Yapısal Jeoloji 19
3. MATERYAL VE METOD 25
3.1. Sismik Yöntemler 25
3.2. Sismik Yansıma Yöntemi 25
3.2.1. Sismik Yöntemin Uygulama Alanları 26
3.2.2. Sismik Yöntemin Özellikleri 27
3.2.3. Yöntemin Amacı 27
3.3. Sismik Yansıma Yönteminin Temel Prensipleri 27
3.3.1. P Dalgası (Primer, Boyuna Dalgalar) 27
3.3.2. S Dalgası (Sekonder, Enine Dalgalar) 28
3.3.3. Dalga Yolu Geometrisi 29
3.3.4. Fermat Kanunu 30
3.3.4.1. Sabit hızlı bir ortamda dalga yayılımı; 30
3.3.4.2. Ortam sabit hızlı değilse; 30
3.3.5. Snell Kanunu 31
3.3.5.1. Çok Tabakalı Ortamlarda Snell Yasası 32
3.3.6. Huygens Prensibi 33
3.3.7. Kırılan Dalga Geometresi 33
3.3.8. Yansıyan Dalga Geometrisi 34
3.3.9. Ara Yüzeyde Enerji Dağılımı 35
3.3.10. Ortak Derinlik Noktası (CDP) 36
3.3.11. Fold (Katlama) 38
3.3.12. Düşey Ayırımlılık (Rezolüsyon) 38
3.3.13. Fresnel Zonu 39
3.3.14. Statik Düzeltme 40
3.3.15. Dinamik Düzeltme (NMO) 42
3.4. Hız Verileri 43
3.4.1. Ara Hız 43
3.4.2. Ortalama Hız 44
3.4.3. NMO Hızı 44

3.4.4. RMS Hızı (Root Mean Square Velocity) 45
3.4.5. Sismik Göç İşlemi (Migration) 45
3.5. Sismik Kaynak ve Alıcılar 46
3.5.1. Sismik Yansıma Yönteminde Kullanılan Kaynak Türleri 47
3.5.1.1. Vibratör 47
3.5.1.2. Dinamit 48
3.5.2. Kuyu Derinliği Kavramı 50
3.5.3. Sismik Alıcılar (Jeofon) 50
3.5.4. Kaynak Alıcı Dizilimleri 53
3.6. Kuyu Jeofiziği 53
3.6.1. Elektrik Logları 54
3.6.1.1. SP Logu 54
3.6.1.2. Rezistivite Logu 55
3.6.1.3. Rezistivite Logu ve Yorumu 55
3.6.1.4. Sondaj Çamurunun Rezistiviteye Etkisi 55
3.6.2. Radyoaktivite Logları 55
3.6.2.1. Gamma Ray Logu 56
3.6.2.2. Nötron Logu 56
3.6.2.3. Yoğunluk Logu 56
3.6.2.4. Sonik Log 57
3.6.2.5. Porozite Logları Kombinasyonu 58
3.7. Sismik Verilerin Avantajları ve Dezavantajları 58
3.7.1. Sismik Verilerin Avantajları 58
3.7.2. Sismik Verilerin Dezavantajları 59
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR 61
4.1. Parametre Seçiminde Dikkate Alınması Gereken Faktörler 62
4.1.1. İlgilenilen Yapıların Tipi ve Özellikleri 62
4.1.2. En Sığ ve En Derin Hedef Seviyeler 62
4.1.3. Hedef Seviyelerdeki En Büyük Eğim 63
4.1.4. İstenen Yatay ve Düşey Ayrımlılık 63
4.1.5. Özel Gürültü Problemleri 64

4.1.6. Saha Şartları ve Lojistik Sorunları 64
4.1.7. Sığ ve Derin Hedeflerde Ortalama Sismik Hızlar 64
4.1.8. Enerji Kaynağı 65
4.2. Saha Kayıt Parametreleri 66
4.2.1. Uzak Açılım 66
4.2.1.1. Ardışık Yansımaların Sönümü İçin Uzak Ofset 67
4.2.2. Yakın Açılım 68
4.2.3. Grup Aralığı 68
4.2.4. Örnekleme Aralığı 69
4.2.5. Kayıt Uzunluğu 70
4.2.6. Kayıt Geometrisi 70
4.2.7. En Kısa Profil Boyu 71
4.2.7.1. Kısa Atılmış Profillerin Neden Olduğu Sonuçlar 72
4.2.8. Profil Yönü ve Doğrultusu 72
4.2.9. Profiller Arası Uzaklık 72
4.3. Sismik Profillerin Yerleştirilmesi ve Yönü 73
4.3.1. İki Boyutlu Sismik Çalışmalarında Profil Doğrultusu Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler 74
4.4. Formasyon Değerlendirme 75
4.5. Sismik Verilerin Yorumu 78
4.6. Kuyu Verileri ve Kuyu Logları 91
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 103
KAYNAKLAR 105
ÖZGEÇMİŞ 109

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Bir petrol sisteminin profili (www.bayar.edu.tr) 11
Şekil 2.2. Petrol kapanının yer altındaki görünümü (www.tpao.gov.tr)..... 11
Şekil 2.3. Türkiye'nin petrol rezerv bölgeleri (www.tpao.gov.tr) 12
Şekil 2.4. Dünyadaki petrol rezerv bölgeleri (www.bzimcografya.com)..... 13
Şekil 2.5. Adana Bölgesi Genelleştirilmiş Jeoloji Haritası ve Stratigrafik Kesiti (TPAO) 14
Şekil 2.6. Adana Baseni Genelleştirilmiş Statigrafi Kesiti (TPAO) 15
Şekil 2.7. Çalışma alanı yer bulduru haritası (Bilgin ve diğ., 1981) 16
Şekil 2.8. Adana Baseni ve Formasyonlar (Bilgin ve diğ., 1981)..... 16
Şekil 2.9. Miyosen – Holosen döneminde Anadolu ve çevresinde gelişen ana tektonik hatları gösterir harita Şengör ve Yılmaz, (1981 Bölgenin Depremselliği) 20
Şekil 2.10. İnceleme alanının Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki konumu (Şaroğlu ve diğ., 1992). 21
Şekil 2.11. Doğu Çukurova bölgesinin genel jeoloji haritası (Kozlu 1987, Acar 1998 23
Şekil 3.1. Bir ara yüzeyden yansıyan dalgalar 26
Şekil 3.2. P dalgası yayılımı..... 28
Şekil 3.3. S dalgası yayılımı. 29
Şekil 3.4. Dalga yolu geometrisi 29
Şekil 3.5. Sabit hızlı bir ortamda dalga yayılımı 30
Şekil 3.6. Değişken hızlara sahip ortamda dalga yayılımı..... 30
Şekil 3.7. Snell kanununa göre bir ara yüzeye gelen dalga (Kaşlılar, 2009) 31
Şekil 3.8. Snell kanununa göre çok tabakalı ortamda yayılan dalga (Kaşlılar, 2009) 32
Şekil 3.9. Kırılan dalga geometrisi 33
Şekil 3.10. Yansıyan dalga geometrisi 34
Şekil 3.11. Sismik dalganın zaman-uzaklık görüntüsü..... 35
Şekil 3.12. Bir CDP oluşumu 37
Şekil 3.13. Atışlar ile oluşan CDP lerin dağılımı 37
Şekil 3.14. Yakın ve uzak ofsetin kaynağa olan uzaklıkları ve CDP 37

Şekil 3.15. Atışlar ile oluşan CDP yi oluşturan izlerin tek görünümü 37
Şekil 3.16. Fold Hesabı (Küçük, 2006) 38
Şekil 3.17. Litoloji ile ayrımlılığın değişimi.....39
Şekil 3.18. Fresnel zonu (Güreli, 2008).....40
Şekil 3.19. Statik düzeltme (Güreli, 2008) 41
Şekil 3.20. Ara Hız (Güreli, 2008) 43
Şekil 3.21. Ortalama Hız (Güreli, 2008).....44
Şekil 3.22. NMO Hızı Denklemleri (Güreli, 2008).....44
Şekil 3.23. RMS Hızı Denklemleri (Güreli, 2008).....45
Şekil 3.24. Yeraltında yer alan antiklinal bir yapının, sismik kesitte göç işlemi öncesi ve sonrasındaki görünümü (Düşünür, 2004).....46
Şekil 3.25. Vibro, Sismik aletlere örnekler.....47
Şekil 3.26. Kuyu derinliği sabit olup dinamit miktarı değiştirilmiştir (Güreli, 2008)48
Şekil 3.27. Dinamit patlatma alanı ve kumanda sistemi.....49
Şekil 3.28. Sismik sinyallerin alındığı kayıt aracı ve recorder (Sıraseki, 2010).....52
Şekil 3.29. Off-End atış 53
Şekil 3.30. Split –Spread atış 53
Şekil 3.31. Doğal Potansiyel Logu (Gündoğdu, Y. 2003).....54
Şekil 3.32. Sonik Logu (Gündoğdu, Y. 2003. Kuyu Logları ve Uygulama Alanları)57
Şekil 4.1. Uzak açılıma bağlı hedef derinlik (Küçük, 2006).....67
Şekil 4.2. Ardışık yansımalar.....67
Şekil 4.3. Yakın açılım (Küçük, 2006).....68
Şekil 4.4. Örnekleme aralığı 0.2 sn ve 0.5 sn arasındaki fark (Kaşlılar, 2009) 70
Şekil 4.5. Kayıt geometrisi (Güreli, 2008).....71
Şekil 4.6. En kısa profil boyu (Güreli, 2008).....71
Şekil 4.7. Sismik hat seçimine örnekler (Sefunç, 2011).....74
Şekil 4.8 Sıraseki çalışma sahasında uygulanan jeofon serim biçimi 77
Şekil 4.9. Sismik lokasyon haritası.....78
Şekil 4.10. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde faylar belirtilmiştir79
Şekil 4.11. Çalışma sahasında elde sismik kesit üzerinde faylar belirtilmiştir.....80
Şekil 4.12. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde formasyon sınırları81

Şekil 4.13. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde faylar 82
Şekil 4.14. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde faylar belirtilmiştir 83
Şekil 4.15. Sıraseki sahasında Sıraseki-2 kuyusunun da yer aldığı sismik kesit 84
Şekil 4.16. Sıraseki çalışma sahasında İncirlik-2 ve Sıraseki-1 kuyusunun da yer aldığı sismik kesit 85
Şekil 4.17. Sıraseki çalışma sahasında formasyonlarında yer aldığı sismik kesit..... 86
Şekil 4.18. Sıraseki çalışma alanında alınan sismik kesitlerden yorumlanan formasyonlar 87
Şekil 4.19. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit 89
Şekil 4.20. Güneybatı-Kuzeydoğu yönünde alınmış sismik kesit ve beklenir kuyu logu kesiti..... 90
Şekil 4.21. Kuyu loglarının korelasyonu genelleştirilmiş gösterimi 92
Şekil 4.22. Sıraseki-1 kuyusundan elde edilen kesitler ve formasyon korelasyonu... 93
Şekil 4.23. Şekil Sıraseki-1 kuyusundan alınan kuyu logu verileri..... 94
Şekil 4.24. Sıraseki-1 kuyusundan alınan Doğal Potansiyel kuyu logu verileri 95
Şekil 4.25 Göztepe-2 kuyusunun litoloji kuyu logu ve gaz çıkışı verileri..... 96
Şekil 4.26. Göztepe-2 kuyusundan elde edilen GR,CAL,SP logu verileri 97
Şekil 4.27. Göztepe-2 kuyusundan elde edilen kuyu logu verileri..... 98
Şekil 4.28.Göztepe-4 kuyusunun litolojik yorumu..... 98
Şekil 4.29. İncirlik-1 Kuyusu ve litolojik bilgileri (TPAO, 2003) 99
Şekil 4.30. İncirlik-2 kuyu verileri ve litolojik bilgileri (TPAO, 2004) 100
Şekil 4.31. Hocalı - Sıraseki civarı kuyu-sismik lokasyon haritası..... 101

TABLOLAR DİZİNİ **SAYFA**

Tablo 2.1. Ülkemizdeki enerji tüketiminin artan yıllarla doğru orantılı olarak arttığı gözlenmektedir. 13
Tablo 3.1. Litoloji ve Hız 43
Tablo 4.1. Sıraseki çalışma sahasında kullanılan saha parametreleri 76

SİMGELER VE KISALTMALAR

NMO	: Normal Kayma Zamanı
CDP	: Ortak Derinlik Noktası
RMS	: Root Mean Square Hızı
CMP	: Ortak Orta Nokta
ρ1	: 1.Arayüzeyi oluşturan ortamlardaki yoğunluk
ρ2	: 2.Arayüzeyi oluşturan ortamlardaki yoğunluk
R	: Yansıma Katsayısı
t	: Zaman
X	: Uzaklık
S	: Sinyal
G	: Gürültü
V1	: 1. Tabakanın Hızı
V2	: 2. Tabakanın Hızı
İc	: Kritik Açı
k	: Katlama Sayısı
SCF/Day	:Standart Kubik Feet/Gün

1. GİRİŞ

Adana havzası, kuzeyde Toros dağları, güneydoğuda Amanos dağları, batıda ise Ecemiş fay kuşağı ile sınırlanmıştır. Orta Üst Miyosen yaşında olduğu bildirilen Kuzgun Formasyonu Adana havzasında KD'dan GB'ye doğru sürekli uzanımlıdır (Schmidt, 1961; Özer ve diğ., 1974; İlker, 1975; Yalçın ve Görür, 1984).

Adana'da ilk sismik çalışma 1947 yılında MTA tarafından bir Amerikan firmasına yaptırılmıştır. 1948 yılında satın alınan sismik ekipman (TICCO) ile Adana Mihmandar'da MTA elemanlarınca ilk etütler başlamıştır.

Adana ve çevresinde son yıllarda hidrokarbon arama çalışmaları hız kazanmıştır. Bu nedenle yapılan bu tez çalışmasında petrol arama çalışmalarında sismik parametre seçiminin önemini vurgulamak ve Adana Havzası içerisinde Miyosen yaşlı istiflerin yeraltı jeolojisi özelliklerinin, kuyu verileri, kuyu logları ve sismik kesitler yardımıyla incelenmesini ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Adana Sıraseki bölgesindeki araştırma sahasında toplam 15 adet sismik profil alınmıştır. Çalışma yapılan alanda 6 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan bazılarına ait kuyu logu verileri elde edilmiştir.

Jeolojik ve jeofizik verileri birbiriyle korele edilerek önerilecek sismik programlarla daha doğru yeraltı bilgisine ulaşabilir. Sismik yöntem, jeofiziğin temel yöntemlerinden biri olup jeolojik verilerin yorumlanmasında geniş uygulama alanı olan bir yöntemdir. Sismik, dalgaların yayılımıyla ilgilenir. Sismik yöntemlerde stress olarak bilinen gerilme-deformasyon ilişkileri geçerlidir. Kayaçların elastik özelliklerini yansıtır. Bu tür parametreleri sismik yansımada boyuna ve enine dalgalar ortaya koymaktadır.

Sismik yöntemler, yeraltı kaynaklarından özellikle petrol aramalarında yaygın olarak kullanılan bir jeofizik yöntemidir. Sismik yöntemlerden en geniş ölçüde petrol aramalarında kullanılmaktadır.

Hidrokarbon aramalarında yer içinin kesitinin çıkarılması, yeraltındaki katmanların durumunun saptanması, yerin altının haritalanması ve sonuçta yeni

açılacak bir kuyunun yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden sismik yansıma ve sismik kırılma çalışmaları yapılmaktadır.

1.1. Sismik Prospeksiyon ve Önemi

Sığ sondaj kuyularının dibinde dinamit patlatmak veya ağır bir cismi kaldırıp bırakmak suretiyle meydana gelen sarsıntıyı (titreşimi) atış noktasından belirli uzaklarda yerleştirilmiş olan sismometreler (jeofonlar) ve kayıtçılarla kaydettikten sonra elde edilen sismogramlardan yeraltının jeolojik yapısını hesap yoluyla çıkarma işlemine "sismik prospeksiyon" denir.

Sismik yöntemin önemi birkaç faktörden kaynaklanır. Bunlar arasında en önemlileri; yüksek doğruluk, yüksek çözüm gücü (ayırım) ve sahip olduğu büyük etki derinliğidir. Bu amaçla yapılacak tektonik ve stratigrafik çalışmalar sismik yönteme muhtaçtır. Hiç kuşkusuz en sağlıklı ve en doğru bilgi açılan bir kuyudan elde edilir. Fakat kuyudan elde edilen bilgi, haritada tek nokta için düşey yöndedir. Bu bilginin tek noktadan haritanın tamamına taşınabilmesi için sismik yöntemin kullanılması zorunludur. Sismik yöntemler; yeraltı suyu aramalarında, büyük binaların, barajların, yolların inşasında, temel kaya derinliğinin belirlenmesinde de önemli ölçüde kullanılmaktadır. Farklı kayaç tipleri arasında düzensiz ara yüzeylerin tanımlanması iyi yapılmadığından, minerallerin doğrudan aranmasında pek az uygulaması vardır. Bununla beraber, ağır minerallerin depolandığı gömülü alanların yerinin saptanmasında faydalı olur.

Arama sismiği diye adlandırılan yöntem, deprem sismiğinden (sismoloji) doğmuştur. Sismolojide, deprem odağında oluşan sismik dalgalar, çeşitli yerlerde bulunan rasathanelerde sismograf aletleri tarafından kaydedilir.

Deprem dalgalarını, yer çekirdeğini ve iç çekirdeğin bulunduğu derinlikleri incelemek mümkün olduğuna göre, sismik dalgalar ile oldukça derinlerdeki tabakaları etüt etme imkanı vardır.

Arama sismiği yöntemlerinde enerji kaynakları, kontrollü ve hareketlidir. Çoğu sismik çalışma, profil hatları boyunca aralıklanmış ve birbirini izleyen yer parçalarının yanıtından ibarettir.

Sismik dalgaları üretmek için patlayıcılar ve diğer enerji kaynakları; bunun sonucu meydana gelen yer hareketini saptamak içinde sismometre veya jeofon tertipleri kullanılır.

Temel sismik arama tekniği, sismik dalgaların üretilmesi ve kaynaklardan (genellikle 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 oluşturulmasına çalışır. Yapısal bilgiyi çıkarmada başlıca iki yol vardır.

1- İki veya daha fazla kayaç tabakası arasında ara yüzey boyunca olan kırılma yöntemi uygulanır.
2- İki veya daha fazla tabakayı birleştiren sınırda yansıyıp yeryüzeyine dönen yansıma yolu ile sismik yansıma yöntemi uygulanır

Her iki tip için gidiş geliş 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.

1.2. Sismik Yöntemin Gelişimi

Sismik teorinin gelişmeye başlaması, yeterli duyarlılıkta kayıt yapan aletlerin geliştirilmesinden öncedir. Arama sismiği uygulamaları deprem sismolojisindeki uygulama çabalarından daha sonra başlanmıştır. 1845 senesinde sismik hızları ölçebilmek amacıyla Mallet tarafından ilk yapay deprem deneyleri yapılmıştır.

Tabaka ara sınırlarındaki kırılma ve yansımalar için Kontt tarafından geliştirilen teori 1899'da geliştirilmiş ve Zeoppritz ve Wicnert 1907'de dalga teorisi ile ilgili yayın yapmışlardır. İnsanlık için büyük sosyal ve ekonomik sorunları oluşturmuş olan dünya savaşları, bizim bilim dallarında olduğu gibi jeofizikte de sıçramalara yol açmıştır. Birinci dünya savaşında her iki tarafın ağır toplarının yerlerinin saptanmasına ilişkin yaptıkları araştırmalar bu tür silahların geri tepmelerinin oluşturduğu sismik dalgaların varış zamanlarının kaydedilmesine yöneliktir. Bu çalışmalar savaş sonrasında arama sismolojisinin başlangıcını

oluşturmuş ve Almanya'da Mintrop, Amerika'da ise Karcher, McCallum ve Ecknardt savaş sırasında geliştirilen yöntemlerin uygulamasına başlamışlardır. 1919'da Mintrop kırılma yöntemi için patent almıştır.

1922'de ise Mintrop'un Seismeos Şirketi'ne ait iki ekip Meksika'da ve ABD'nin Meksika körfezi kıyılarında sismik kırılma yöntemini uygulayan ilk sismik ekipler olmuşlardır.

1924 yılında Texas'ta Orchard tuz domunun keşfi ile sismik kırılma yöntemi yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve 1930 yılına kadar bu bölgedeki sığ tuz domlarının hemen hemen tamamının keşfi gerçekleşmiştir.

Tuz domlarının saptanmasında başarılı olan kırılma yöntemi daha sonra ise yeraltının haritalanabilmesine olanak sağlayan, sismik yansıma yöntemine dönüşmeye başlamıştır. Sismik yansıma yönteminin ilk çalışmaları Reginalt Fessenden tarafından 1913'te yapılan deniz derinliğinin belirlenmesine ve buz dağlarının saptanmasına yönelik çalışmalardır. 1920'de Kacher tarafından geliştirilen ilk yansıma sismografı (jeofon) Oklahoma'da denenmiştir.

Jeofonun ilk ticari kullanımı ise 1927'de güçlendirici tüp (vacumtube amplfier) kullanılarak yine Oklahoma'da Maude sahasında "Geophysical Research Corporation" firması tarafından gerçekleştirilmiştir.

1.3. Sismik Yöntemin Ana Hatları

Sismik yöntem bugüne kadar sürekli bir gelişme içinde olmuştur. Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi, daha duyarlı aletlerin yapılması sismik yansıma yönteminin sürekli olarak gelişmesini sağlamaktadır. Geleneksel ve alışılagelmiş (conventional) sözü genellikle bugünkü yöntemi dünkü yöntemden ayırt etmekte kullanılmaktadır.

Geleneksel sismik yöntem dendiğinde, P dalgaları ile yapılan, ortak orta nokta (CMP) kavramının kullanıldığı iki boyutlu (2D) veya üç boyutlu (3D) yansıma sismiği uygulaması akla gelir. Geleneksel yöntemde çok kanallı kayıt aletleriyle manyetik bantlara jeofon veya hidrojen grupları kullanılmaktadır. Kayıtlar ayrık (digital) olarak manyetik banta yazılmaktadır.

Geleneksel kara sismiği uygulamasında, haritada önceden belirlenen atış ve kayıt noktaları arazide saptanmıştır. Bu noktalar, uygulamanın iki boyutlu olmasında ise harita düzleminde her iki boyutta eşit aralıklı olarak belirlenir. Atış noktaları 10-12 cm çapında derinliği 0.5 - 30 m arasında değişen çukura, arazinin özelliğine göre daha önceden saptanmış miktarda dinamit yerleştirilir. Kuyudaki dinamite kapsül yerleştirilerek kapsül ikili kablo yardımıyla patlayıcıya (bloster) bağlanır. Alıcı noktalarına yerleştirilen jeofon gruplarının çıkışları "Ana Kablo" ile kayıt aletine getirilir. Tek bir alıcı noktasına yerleştirilen birbirine yakın belli bir düzen içindeki jeofonların çıkışlarının tek bir çıkış haline getirilmesi, düzenli ve düzensiz bir takım gürültülerin bastırılmasını sağlar. Kayıt aletinde, herhangi bir atış için kullanılacak olan atış noktası ve alıcı noktaları belirlendikten sonra kayıt aleti ile patlama sinyali verilir ve alıcı gruplarından gelen elektrik sinyalleri manyetik banta ayrık değerler olarak belirlenmiş zaman aralığı boyunca kaydedir. Bütün atış noktaları için kayıt tamamlanınca sismik veri, veri-işlem merkezine gönderilir. İşlenen, düzeltmeler yapılan ve son haline gelen veri, yorumlamaya hazırdır. Sismik verilerin yorumlanması ise sismik kesitler yardımıyla ve interaktif-yorum sistemleri kullanılarak gerçekleştirilir.

Özetle, sismik yöntemin uygulanması üç ana bölüme ayrılır; veri toplama, veri işlem ve veri yorumu. Sismik veriyi yorumlayan yerbilimcinin yeterli veri toplama ve veri işlem bilgi ve deneyimine sahip olması gereklidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Adana Havsasında Yapılan Bazı Çalışmalar

Adana Havzasının jeolojisi ve petrol arama çalışmalarını içeren çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan çalışma alanı ile ilgili olanlara aşağıdaki çalışmalar örnek verilebilir.

Kirk (1935) ve Foley (1937), Seyhan Bölgesi'nin jeolojisini ve stratigrafisini incelemişlerdir.

Adana Havzasının jeolojisi ve petrol arama çalışmalarını içeren çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan çalışma alanı ile ilgili olanlara aşağıdaki çalışmalar örnek verilebilir.

Maxon (1936), Adana çevresindeki hidrokarbon içeren yapıları araştırmıştır.

Egeran (1949), Adana Havzası'nın batı bölgesinin jeolojisini ve bu bölgedeki petrol olanaklarını incelemiştir. Adana Havzası'na ait petrol kaynak kaya, hazne kaya ve örtü kaya birimlerinin Miyosen serisi içinde bulunduğunu ve havzanın çok önemli petrol sahalarından birisi olduğunu belirtmiştir.

Ternek (1957), Adana Havzası Alt-Miyosen yaşlı formasyonları ve bunların diğer formasyonlar ile ilişkilerini ve petrol olanaklarını incelemiştir.

Schimdt (1961), 1957-1960 yılları arasında Adana bölgesinin genel stratigrafisini ilk olarak çalışmıştır. Bölgede, 47 kaya birimini ayırtlayarak isimlendirmiştir. Bu çalışmaların sonucunda Bulgurdağ petrol sahasını belirleyerek, petrolün gömülü tepe ile stratigrafik kapanlarda olabileceğini ortaya koymuştur.

İlker (1975) Adana havzasında yaptığı çalışmada havzanın kuzey kesiminin jeolojisini incelemiş ve 1/50.000 ölçekli haritasını hazırlamıştır.

Görür (1980), Karaisalı kireçtaslarını sedimantolojik yönden inceleyip, altı alt fasiyese ayırarak bunların Miyosen öncesi bölge topografyasının yükseltileri ve yakın çevrelerindeki benk ve ilişkin sedimentler şeklinde çökeldigini ifade etmiştir.

Kapur ve ark (1984) bölgede yaygın olarak görülen kaliçi oluşumları üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Yalçın ve Görür (1984), Adana Havzası'nın evrimini ortaya koyabilmek için havzadaki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı istifin Burdigaliyen-Güncel zaman aralığında değişik fasiyeslerde çökeldiğini ifade etmişlerdir.

Yetiş ve Demirkol (1984), Adana Havzası'nın kuzey kuzeybatısının stratigrafisine iliskin gözlemlerinde; Adana Havzası kuzeyinde denizel Lütesiyen mostralarının bulunduğunu ve birimin üzerine karasal nitelikli Oligosen çökellerinin uyumsuzlukla geldiğini belirtmişlerdir.

Gürbüz (1985), Karaömerli-Akkuyu-Balcalı Neojen istifinin sedimenter jeolojik incelemesini yapmıştır.

Yetiş ve diğ. (1985), Adana Havzası'nda görülen litostratigrafik birimlerde Kuzgun Formasyonu'nun menderesli nehir ve sığ denizel ortamlarda çökeldiğini belirtmiştir.

Kozlu (1987), Misis – Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi üzerine çalışmıştır. Bölgedeki yapısal ve jeolojik unsurları ortaya koymuştur.

Kelling ve diğ. (1987), Misis bölgesinde yapmış oldukları çalışmada Kozlu (1987)'nun tanımladığı Bulgurkaya Olistostromunu Misis Karmaşığı olarak tanımlamışlardır. Bloklu olan bu birimin çökelim sırasında naplardan, olistolit ve tektonik dilim şeklinde aktarıldığını açıklamışlardır. Bu bloklu birimin Miyosen döneminde kıta-kıta çarpışmasına bağlı olarak devamlı sıkışan ve dilimlenen yay önü havzada oluştuğunu belirtmişlerdir.

Yalçın (1987), Adana Havzası'ndaki petrol ve doğalgazın kökeni ile ilgili yaptığı araştırmada organik jeokimya analiz sonuçları ile jeolojik verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda Bulgurdağ petrolünün ana kayasının büyük olasılıkla havza temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı birimler olduğunu ortaya koymuş ve havzadaki doğal gazın biyojenik olduğunu saptamıştır.

Ünlügenç (1993), Adana Basenindeki Senozoyik sedimantasyona etki eden ve onu kontrol eden tektonik üzerine yapmış olduğu doktora çalışmasında Adana Baseninin Paleozoyik, Senozoyik ve Mesozoyik kaya birimlerini basen kapsamında haritalamıştır. Ayrıca, Neojen Adana Baseninin tektonik kontrollü havza önü niteliğinde geliştiğini ve sedimantasyonun açılma tektoniği ile kontrol edildiğini,

sismik yansıma, kuyu logları ve tektonik unsurları değerlendirerek havzanın jeolojik evrimi ve tektonik gelişimini incelemiştir.

Robertson ve diğ. (2004), Doğu Akdeniz Bölgesindeki Misis – Andırın karmaşığının oluşumuna ait tektonik ve sedimanter süreçleri incelemişlerdir. Geç Paleozoik-Mezozoik'den başlayarak Pliyo-Kuvaterner dönemine kadar geçen dönemler içersinde gelişen tektonik tarihçeyi çıkartarak güney Neotetisin aktif olan kuzey kenarı ile ilgili tektonik tarihçeyi değişik yorumlarla zaman ve mekân içersinde özetlemişlerdir.

2.2. Petrolün Tanımı ve Kullanım Alanları

Ulaştırma, sanayi, enerji, konut ve tarım alanlarında yoğun olarak kullanılan petrol, adını Yunanca-Latince'de taş anlamına gelen "petra" ile yağ anlamına gelen "oleum" sözcüklerinden almaktadır. Petrol yer altında rezervuar denen kumtaşları veya kireçtaşları içerisinde bulunduğu için bu şekilde adlandırılmıştır.

Petrol denince; doğal halde bulunan ve yeraltından çıkarılan "ham petrol" anlaşılmalıdır. Petrol; koyu renkli, yapışkan ve yanıcı bir sıvıdır. Metan, etan, propan, bütan gibi bir takım hidrokarbonların karışımından meydana gelmiştir. Özel bir kimyasal bileşimi yoktur. Farklı kimyasal bileşimlere sahip hidrokarbonlar, farklı petrol tiplerini meydana getirirler. Ancak, ham olarak petrolün kullanım alanı çok sınırlıdır.

Ham petrol sıvı halinde genellikle kahverengi, koyu yeşil veya siyah renktedir. Yoğunluğu, kimyasal bileşimine ve viskozitesine göre değişir. Bugün petrol endüstrisinde petrolün özgül ağırlığı yerine, bununla ters orantılı API Gravite derecesi kullanılmaktadır. Gravite büyüdükçe yoğunluk küçülmekte ve petrolün kalitesi yükselmektedir. Viskozite değeri yüksek olan petrol ise boru hattı içerisinde kolayca akamamaktadır (www.pmo.org.tr).

2.3. Petrolün Kökeni, Oluşumu ve Göçmesi

Petrol genellikle çökel kayaçlar içerisinde bulunur. En petrollü kayalar sığ denizel çökellerdir. Petrolü içerisinde bulunduran çökel kayalar geçirimsiz kayalarla örtülmüş ya da çevrelenmişlerdir. Yaşlı, doğal, ham petrol ile bugün sığ derinliklerde oluşmakta olan petrol arasında karbon zincirleri açısından farklılıklar vardır.

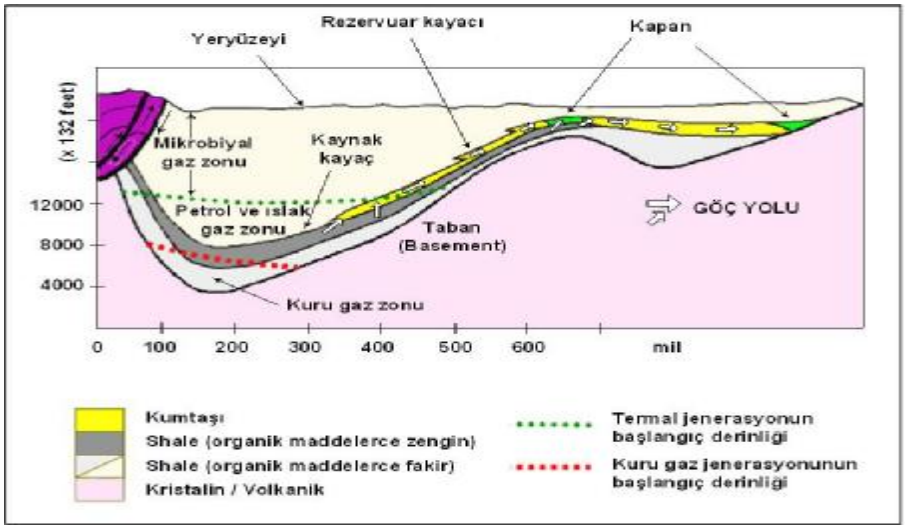
Petrol, deniz organizmalarının yer altında parçalanmasının ardından oluşur. Denizde yaşayan küçük organizma artıkları ve karada yaşayıp nehirlerle denize sürüklenen organizmalar, okyanus dibinde yetişen bitkiler, ince kumlara ve deniz dibindeki çökeltilere karışır. Organik maddeden zengin bu depolar, ham petrolü oluşturan kaynak kayaları meydana getirir. Bu işlem, yaşamın başladığı milyonlarca yıl önce başlamış olup halen devam etmektedir. Bu çökeltiler ağırlaşarak kendi ağırlıklarının etkisiyle suyun dibine düşerler. İlave depolar biriktikçe, altta bulunanlar üzerindeki basınç binlerce kat, sıcaklık da yüzlerce kat artar. Ölen organizma artıkları ham petrol ve doğal gaza dönüşür. Bir kez oluştuktan sonra petrol, yer kabuğunu oluşturan karbonlu kayalar, kumlar ve şistlerin aralarını dolduran maddelerin yoğunluğundan daha az olduğundan yukarı doğru çıkar.

Ham petrol ve doğal gaz suyun üzerinde bulunan daha büyük çökellerin mikroskopik deliklerinin içinden çıkar. Sıklıkla su geçirmez bir şist veya yoğun bir kaya örtüsüyle karşılaşır ve daha yukarı çıkamaz. Böylece hapsolan petrol, kapan oluşturur. Herhangi bir engelle karşılaşmayan petrol, serbestçe yeryüzüne veya okyanus diplerine çıkar. Yüzey depoları aynı zamanda bitumen göllerini ve doğal gazı oluşturur (www.gercekbizpetrol).

2.3.1. Petrol Sistemi

Toplam petrol sistemi keşfedilmiş ve keşfedilmemiş petrol yataklarından olan her tür hidrokarbon sızıntıları ve birikintilerinin incelemesini kapsar. Birbirinden bağımsız temel elementler (kaynak kayaç, rezervuar kayaç, seal kayaç ve overburden kayaç) ve temel prosesleri (jeneras-yön, göç, birikme ve kapan oluşumu) inceler.

Petrol sistemi ile hidrokarbon birikintilerinin kaynakla olan ilişkileri incelenerek halen veya gelecekte izleyecekleri göç yolları saptanır bir petrol sisteminin profili; kaynak ve rezervuar kayaçlar, kapanlar ve göç yolları Şekil 2.1. de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Bir petrol sisteminin profili (www.bayar.edu.tr)

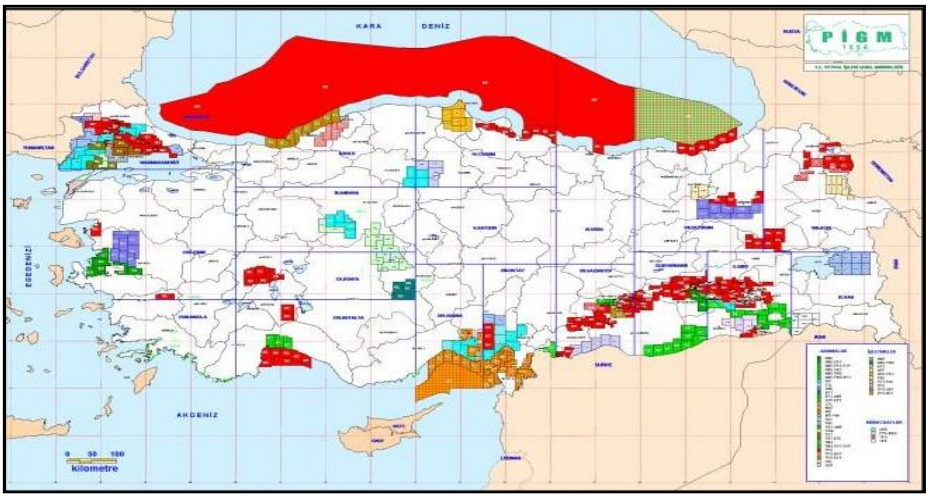
Petrol sistemi, en basit şekliyle tanımlanırsa, bir jeneratif petrol kaynak kayacı ve bunun kapanlarda tutulması arasındaki genetik ilişkiyi tanımlar Petrol kapanının yer altındaki görünümü Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Petrol kapanının yer altındaki görünümü (www.tpao.gov.tr)

2.4. Türkiye'nin Petrol Arama Faaliyetleri

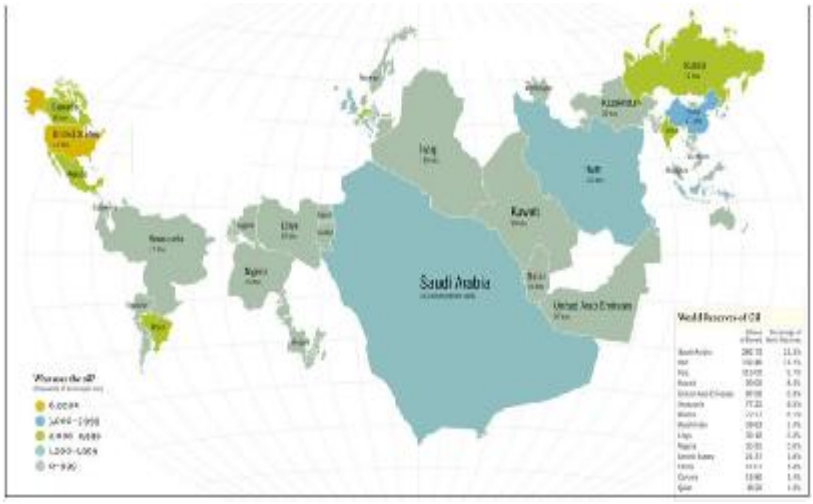
Türkiye'nin ülke içindeki arama çalışmaları Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yoğunlaşmıştır. TPAO, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde PERENCO (Fransa) ve MADISON (ABD), Trakya Bölgesi'nde AMITY OIL (Avustralya) ve Adana-Hatay Bölgesi'nde EL-PASO (ABD) şirketleri ile ortak olarak arama çalışmalarını yürütmektedir. Denizlerdeki arama faaliyetleri şimdiye kadar çok sınırlı kalmıştır. Mersin-İskenderun Körfezleri ile Doğu ve Batı Karadeniz'de petrol aramaları yapılmaktadır. Özellikle Doğu Karadeniz'deki arama çalışmaları ümit vermektedir. Şekil 2.3'de Türkiye'deki petrol rezerv bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Türkiye'nin petrol rezerv bölgeleri (www.tpao.gov.tr)

Ülkemizin petrol ve doğal gaz ihtiyacının daha iyi karşılanabilmesi için, petrol ve doğal gazın arama ve üretimine yönelik TPAO çalışmaları, özellikle 1993 yılından sonra Orta Asya Türk Cumhuriyetleri ve Kuzey Afrika ülkelerinde yaygınlaştırılarak sürdürülmüştür. TPAO, aktif olarak Kazakistan, Azerbaycan ve Libya'da faaliyetlerini yürütmektedir. Türkmenistan, Irak ve Suriye ile faaliyetlerde bulunmak üzere temaslar sürdürülmektedir. Petrol aramalarında jeofizik yöntemlerden biri olan sismik yansıma yöntemi kullanılmaktadır.

Türkiyede de yurtdışı ortaklı birçok petrol firması çalışmalarını sürdürmeye devam etmektedir. Şekil 2.4 de Dünya'da petrol rezerv bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Dünyadaki petrol rezerv bölgeleri (www.bzimcografya.com)

Tablo 2.1. Ülkemizdeki enerji tüketiminin artan yıllarla doğru orantılı olarak arttığı gözlenmektedir.

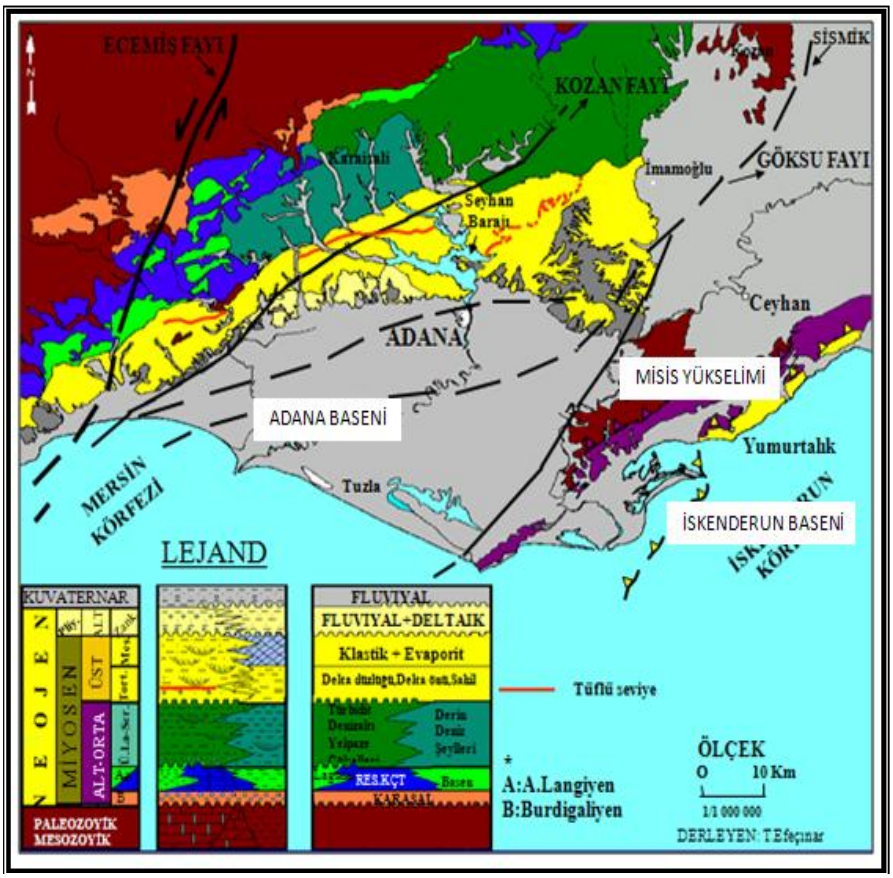
TÜRKİYE BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ (BİN TON PETROL EŞDEĞERİ)						
YILLAR	PETROL	DOĞAL GAZ	LİNYİT	TAŞKÖMÜRÜ	DİĞER	TOPLAM
1980	16,074	21	3,970	2,824	9,024	31,913
1981	15,845	15	4,181	2,758	9,190	31,989
1982	16,933	41	4,616	3,077	9,639	34,306
1983	17,540	7	5,294	3,255	9,501	35,597
1984	17,840	36	6,408	3,464	9,499	37,247
1985	18,134	62	7,933	3,775	9,263	39,167
1986	19,622	416	8,879	3,992	9,259	42,168
1987	22,301	669	9,189	4,404	9,996	46,559
1988	22,590	1,115	7,932	5,204	10,729	47,570
1989	22,865	2,878	10,207	4,722	9,693	50,365
1990	23,901	3,110	9,765	6,150	9,706	52,632
1991	23,315	3,827	10,572	6,501	9,700	53,915
1992	24,865	4,197	10,743	6,243	10,250	56,298
1993	28,412	4,630	9,918	5,834	11,051	59,845
1994	27,142	4,921	10,331	5,512	10,769	58,675
1995	29,324	6,313	10,570	5,905	11,068	63,180
1996	30,939	7,186	12,351	5,560	11,999	68,035

2.5. Adana İlinin Coğrafi Durumu

Adana ili, 35°-38° kuzey enlemleri ile 34°-36° doğu boylamları arasında ve Akdeniz Bölgesinde yer almaktadır. Kuzeyinde Kayseri, doğusunda Osmaniye, batısında ve İçel, güneydoğusunda Hatay illeri bulunur.

2.6. Çalışma Alanı Jeolojisi

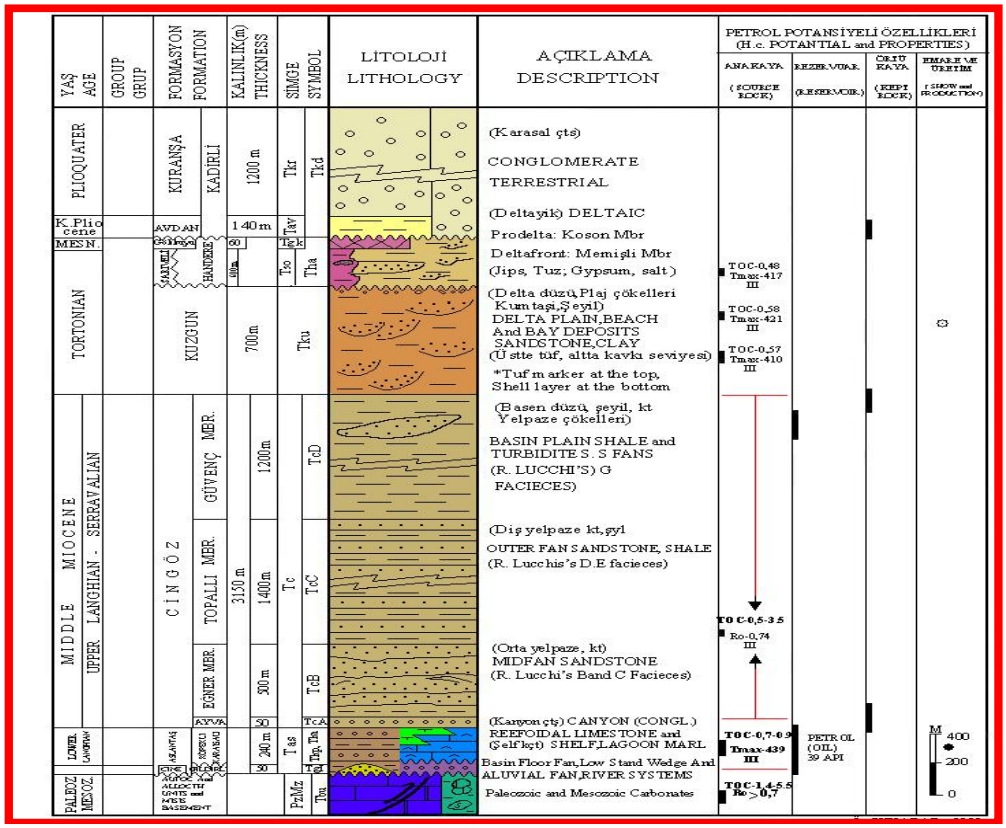
Adana baseninin güneydoğu sınırını oluşturan Misis yükselimini oluşturan ters fay ve/veya faylara paralel olarak gelişen Hocalı ve Sıraseki yapıları ve bu yapılar arasında gerilme tektoniğinin hakim olduğu alanda yapısal-stratigrafik olarak gelişen hidrokarbon kapanımların bulunması mümkündür.



Şekil 2.5. Adana Bölgesi Genelleştirilmiş Jeoloji Haritası ve Stratigrafik Kesiti (TPAO)

Adana baseni Neojen yaşlı klastik dolgulu bir basen olup karbonatlar sadece Alt Miyosen ve Tortoniyen içinde mevcuttur. Tortoniyen karbonat seviyesi, Tortoniyen klastiklerinin ait kesiminde, kalınlığı 20 m'ye varan ve basenin sığ şelf alanında yayılım gösteren resifal yığışımlardan ibarettir. Bu resifal birimin yeraltında rezervuar olabilme potansiyelini araştırmak için jeolojik ve petrofizik veriler kullanılarak üç ayrı tipte rezervuar modellemesi (çökel, seviye ve akışkan-birim) yapılmıştır (Naz, H. ve Karabakır, U.).

Havzada Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı çökeller bulunmaktadır (Ternek 1953, 1957, Özer ve diğ. 1974, Görür, 1977). Havzanın açılmaya başlamasında Doğu Anadolu ve Ölü Deniz transform faylarının etkili olduğu bilinmektedir (Şengör vd. 1980). Havzanın daha sonraki gelişimi, Miyosen-Pliyosen yaşlı Misis Sürüklenimi ile Pliyo Kuvaterner yaşlı normal faylarla denetlenmiştir (Yalçın, 1987). Adana Baseninde yer alan birimler aşağıdaki Şekil 2.6'da görülmektedir.



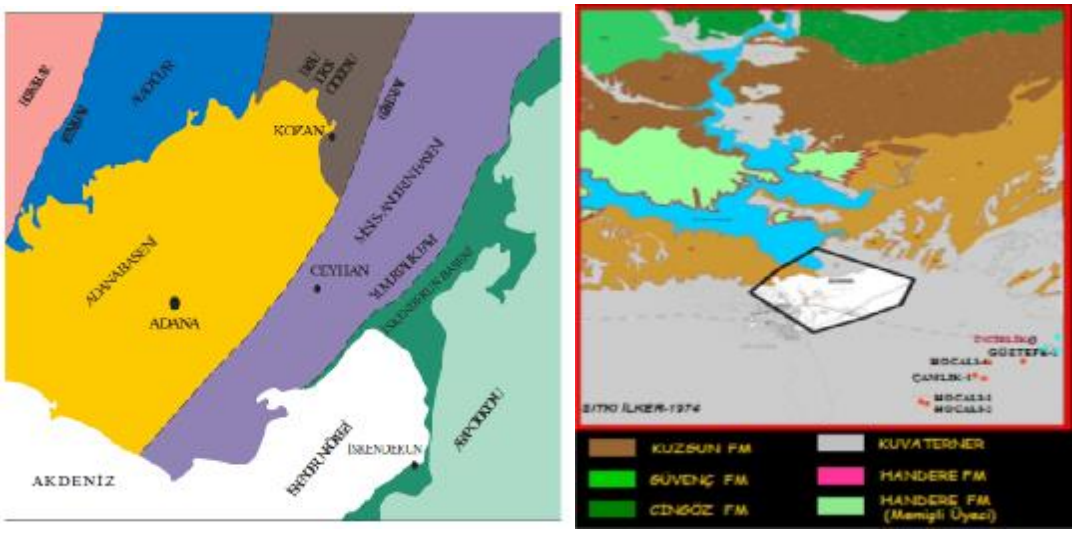
Şekil 2.6. Adana Baseni Genelleştirilmiş Statigrafi Kesiti (TPAO)

2.6.1. Misis-Andırın Baseni

Misis-Andırın Baseni; güneyde Karataş, batıda Adana Yakapınar (Misis), doğuda Ceyhan ile Yumurtalık arasında uzanan bölgeyi içerisine almaktadır Doğu Toros Otokton kayaları ile ilişkisi görülemeyen ve Adana Baseni ile Amanoslar arasında kalan Misis Grubu, Dokuz Tekne, Andırın ve Karataş formasyonlarına ayrılarak incelenmiştir. Bu incelemedeki metin anlatımları 1:100 000 ölçekli "Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi" KOZAN-K21 Paftasından (Bilgin ve diğ., 1981) alınmıştır. Adana baseni; batıda Ecemiş fay kuşağı, kuzeyde Aladağ ilçesi ile güneyde Adana ve batıda Kozan ilçesi arasında kalan bölgeyi içermektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.7. Çalışma alanı yer bulduru haritası (Bilgin ve diğ., 1981)



Şekil 2.8. Adana Baseni ve Formasyonlar (Bilgin ve diğ., 1981)

2.6.2. Senozoyik

Adana Baseninde Tersiyer'e ait Gildirli, Karsantı, Kaplankaya, Karaisalı, Cingöz, Güvenç, Kuzgun, Handere formasyonları ile Kuzgun, Salbaş tüfit, Memişli, Gökkuyu alçıtaşı üyeleri; Kuvaterner'de taraça, kaliçi, eski-yeni alüvyon çökelleri bulunur (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.3. Gildirli Formasyonu

Birim pembe, kızılımsı renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Çakıltaşı düzeyleri belirgin teknemsi çapraz katmanlanma, çamurtaşları da yer yer paralel laminalanma sunmaktadır. Birimin kalınlığı 0-400 m arasında değişmektedir. Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerinde diskordanslı (uyumsuz) olarak bulunan birimin üzerine Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları gelmektedir. (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.4. Kaplankaya Formasyonu

Birim, başlıca, boz renkli çakıllı kumtaşı, kumtaşı, kumlu-killi kireçtaşı-marn yapılışlıdır. İnce-orta katmanlı olan birimin kalınlığı 35-60 m arasındadır. Formasyon tabanda Gildirli formasyonu, tavanda ise Karaisalı formasyonu ile geçişlidir. Yer yer Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerine açısal diskordansla gelir. Üstte Karaisalı, Güvenç formasyonları ile yanal ve düşey geçişler sunmaktadır. Birimin yaşı Alt-Orta Miyosen'dir (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.5. Karaisalı Formasyonu

Kalın, çok kalın katmanlı, yer yer som olan birimin kalınlığı 0-600 m arasındadır. Bu formasyon tabanda Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerine açısal diskordanslı, Kaplankaya formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir.

Üzerine yanal ve düşey geçişli olarak Güvenç ve Cingöz formasyonu gelmektedir. Birimin yaşı Alt-Orta Miyosen'dir (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.6. Cingöz Formasyonu

Cingöz formasyonu; tabanda gri renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kumtaşı yapılışlıdır. Bu kesimde kayma yapıları ile yer yer büyük ölçekte çapraz katmanlanma sunan birim belirgin tablamsı kalın katmanlıdır. Daha üst kesimlerde kumtaşı-şeyl ardalanması hakimdir.

Kumtaşı düzeyleri çoğunlukla aşınmalı bir taban üzerinde keskin bir dokanakla başlayıp oygu dolgu yapıları ile çizikler, kaval yapıları sunmaktadır. Çok ince-ince-orta-kalın tabakalanma sunan birimin 3500 m kalınlık sunar. Alt-Orta Miyosen yaşlı olan birim; tabanda Gildirli, Kaplankaya, Güvenç ve Karaisalı formasyonları ile, tavanda ise Güvenç formasyonu ile geçişlidi (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.7. Güvenç Formasyonu

Büyük çoğunlukla koyu gri, yeşilimsi gri renkli şeylden oluşan birim içerisinde %10 veya daha az, ince kumtaşı-silttaşı-killi kireçtaşı ve yer yer de kıt karbonlu şeyl düzeyleri bulunur. Birimin kalınlığı 20-3230 m arasında değişmektedir. Formasyon tabanda Karaisalı ve Kaplankaya formasyonları, tavanda ise Kuzgun formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Birimin yaşı Orta Miyosen'dir (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.8. Kuzgun Formasyonu

Formasyonun tabanında sığ denizel-karasal nitelikli asfasiyeslerden oluşma Kuzgun üyesi bulunup üzerinde ise Salbaş tüfit üyesi ile Memişli üyesi yer almaktadır (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.9. Kuzgun Üyesi

Kuzgun Üyesi başlıca; çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanımından oluşan birim kırmızı, kahvarengi, alacalı renkli olup tekne şeklinde çapraz katmanlanma, düşük açılı çapraz katmanlanma, kaba laminalı, dalga ripıllı ve biyoturbasyon yapıları sunmaktadır. Bu üyenin kalınlığının 200-1600 m arasında olduğu bildirilmektedir. Tabanda Güvenç formasyonu ile geçişli olup tavanda ise Salbaş tüfit üyesi bulunmaktadır. Birimin Serravaliyen-Tortoniyen aralığında çökeldiği düşünülmektedir (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.6.10. Handere Formasyonu

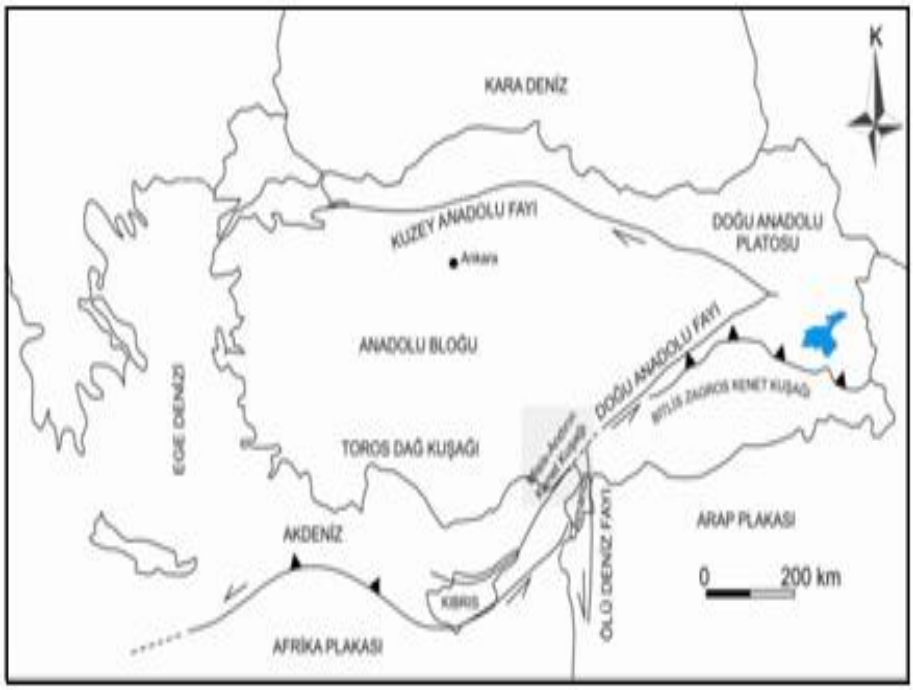
Birim başlıca boz renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı, marn yapılışlı olup yer yer alçıtaşı mercekleri kapsamaktadır. Çakıltaşlarında teknemsi çapraz katmanlanma, ince kırıntılılarda ise paralel laminalanma gözlenmektedir. Birimin kalınlığı 120-700 m arasındadır. Altta Kuzgun formasyonu üzerinde geçişli bir dokanağa sahip olan birim, üstte Adana Baseni'nin yaygın taraça oluşumları ve yer yer de genç alüvyon ile örtülü bulunmaktadır. Fosil bulguları birimin Messiniyen-Pliyosen aralığında çökeldiğini göstermektedir (Usta D., ve Beyazçiçek H., 2006).

2.7. Yapısal Jeoloji

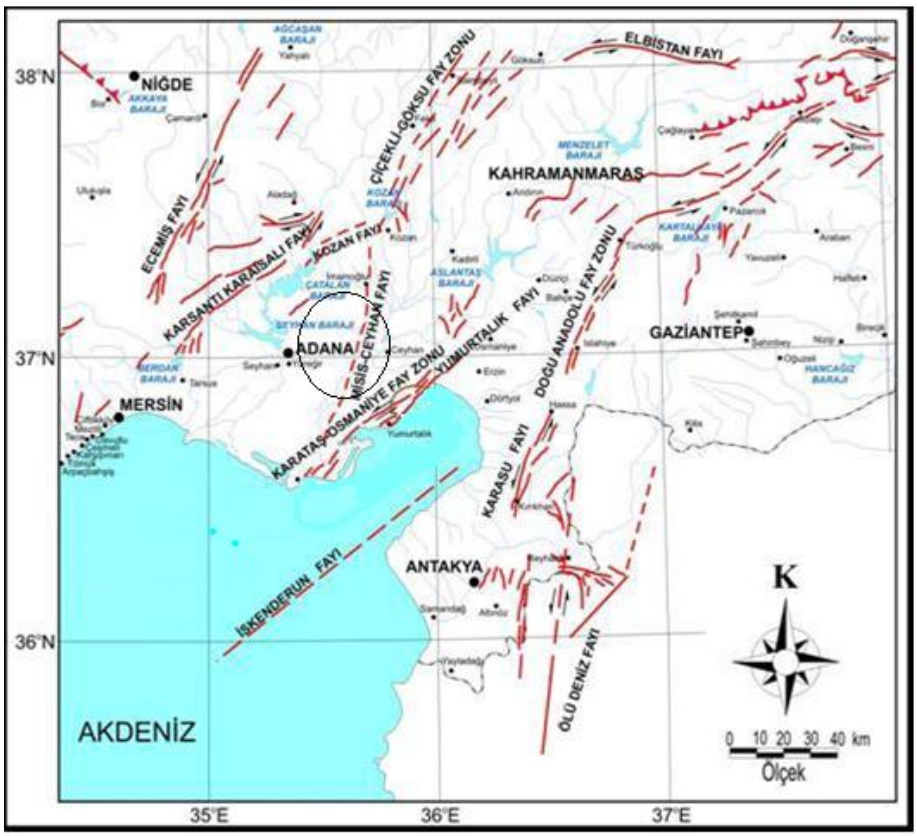
Akdeniz bölgesinin doğusunda yer alan çalışma alanı Türkiye'nin en önemli tektonik ilişkilerinin geliştiği bir bölgede bulunmaktadır. Akdeniz bölgesinin doğusunda, Ölüdeniz fay zonu, Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonları olmak üzere doğrultu atımlı üç ana fay zonu bulunmaktadır (Şekil 2.9).

Adana Havzası, Doğu Akdeniz'de yer alan, batısından sol atımlı KD-GB yönlü Ecemiş Fayı, kuzeyinden Toros Dağları ve doğusundan Misis Yükselimi ile sınırlanmış bir Neojen havzasıdır. Bölgenin tektonik evrimiyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Nur ve diğ. 1978; Şengör ve Yılmaz 1981; Kelling ve diğ. 1987;

Karig ve Kozlu 1990; Perinçek ve Çemen 1990; Ünlügenç, 1993, Westaway 1994; Robertson ve diğ, 2004). Çalışma alanının kuzey doğusunda Anadolu, Afrika ve Arap plakalarının üçlü birleşme noktası olarak bilinen Kahramanmaraş bölgesi bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Karig ve Kozlu, 1990; Kozlu, 1987). Afrika ve Anadolu plakaları arasındaki sınır, Kıbrıs-Misis-Andırın yönelimi boyunca, güney Türkiye'de sol yönlü doğrultu atımlı fayların bulunduğu sınırı oluşturmaktadır. İnceleme alanı olan sıraseki ve çevre bölgesi için Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki konumu Şekil 2.10.'da gösterilmiştir Açılma rejimine bağlı olarak kıta içi Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltik volkanizma da bu sınır boyunca oluşmuştur (Kozlu, 1987; Kelling ve diğ. , 1987; Westaway ve Arger, 1996; Arger ve diğ., 2000).



Şekil 2.9. Miyosen – Holosen döneminde Anadolu ve çevresinde gelişen ana tektonik hatları gösterir harita Şengör ve Yılmaz, (1981 Bölgenin Depremselliği)



Şekil 2.10. İnceleme alanının Türkiye Diri Fay Haritası'ndaki konumu (Şaroğlu ve diğ., 1992).

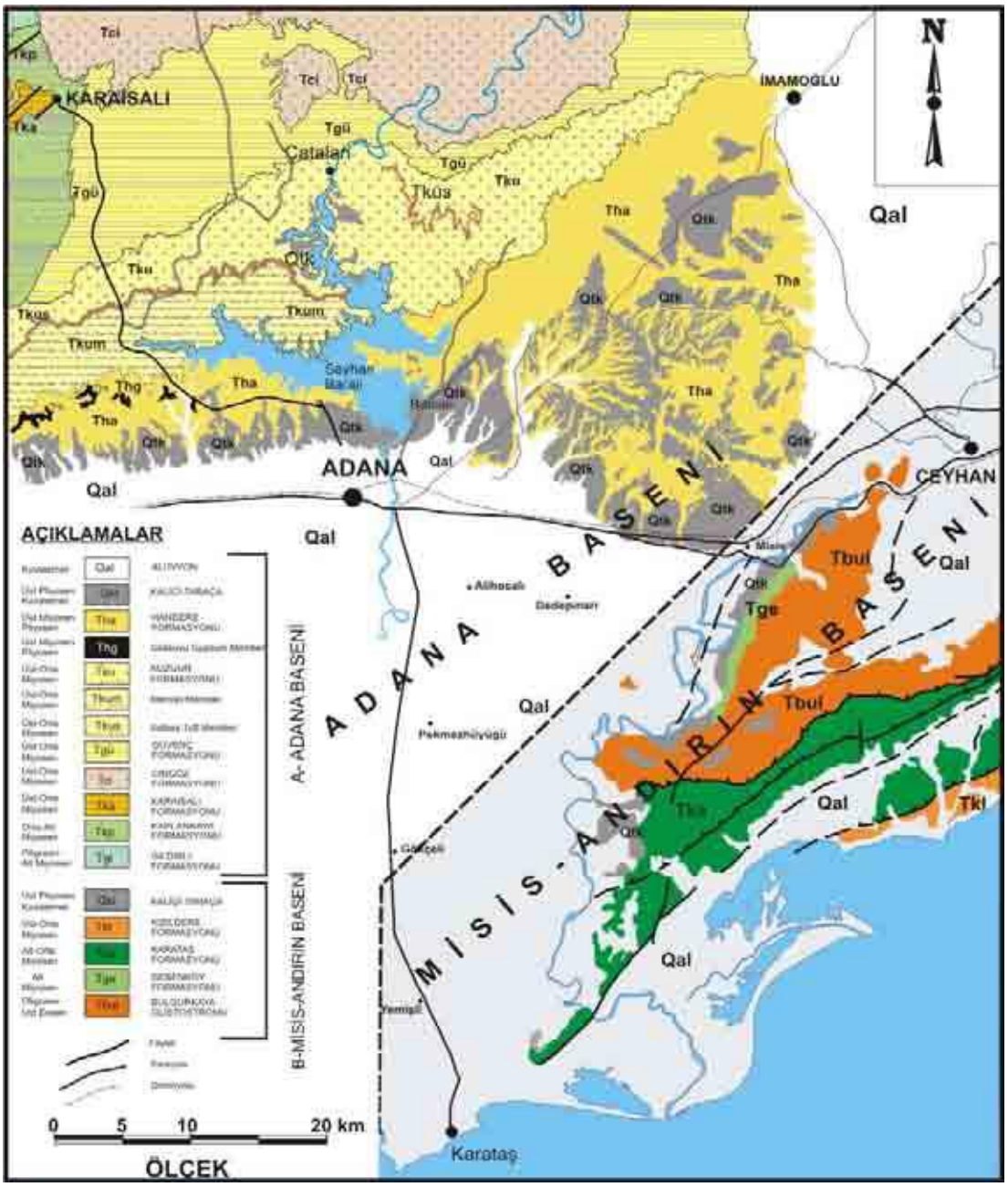
Dünyanın oluşumundan beri, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremlerin ardışıklı olarak oluştuğu ve sonucundan da milyonlarca insanın ve barınakların yok olduğu bilinmektedir.

Yurdumuz, dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Türkiye'de olan depremler büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir.

Tarihsel kayıtlar, Doğu Anadolu Fayı'nın bir önceki yüzyılda (1800-1900) olduğu gibi son yüzyıl (1900-1995) içerisinde de oldukça sakin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, bu fay da, önümüzdeki yüzyıl içerisinde Kuzey Anadolu Fayı'na benzer bir deprem serisine yolaçması oldukça muhtemel görülen, en azından 200 yıllık bir enerji birikimi söz konusudur. Gerek 22 Ocak 1997 Hatay depremi (m=5.5), gerekse 27 Haziran 1998 Ceyhan depremi Doğu Anadolu Fayı'nın önümüzdeki yüzyıl içerisinde oldukça aktif olabileceği olasılığını göstermektedir.

Adana merkezi, 2. dereceden deprem bölgesidir. Beklenen ivme değeri 0,30 g ile 0,40 g arasında değişmektedir. 1998 Adana-Ceyhan depreminin magnitüdü 6.2 dir. Depremdeki ağır hasarlar, Misis fayı boyunca bulunan, başta Ceyhan olmak üzere, bu ilçe'ye bağlı Geçitli, Sulucak, Abdioğlu, Yürek, Kızıltaş köylerinde gözlenilmiştir. Ana şoktan hemen sonraki üç gün içerisinde büyüklükleri m=2.0 ile m=4.8 arasında değişen yaklaşık 100'den fazla artçı deprem kaydedilmiştir Ana şoktan itibaren üç gün içerisinde artçı depremler azalmıştır. Bilindiği gibi, artçı depremler kırığın ilerlemesini gösterir ve fayın denge durumuna gelmesini sağlar. Bu açıdan düşünüldüğünde fay mekaniğini, özellikle doğrultu atımlı fay sistemini çok iyi anlamak gerekir.

27 Haziran 1998 depreminin oluşturduğu fay zonu Karataş ve Yumurtalık ilçeleri arasında başlayıp KD-GB doğrultusunda Maraş'a kadar uzanmaktadır. Bu zon değişik araştırmacılar tarafından farklı ismlendirilmiştir. Daha çok Karataş – Yumurtalık fay zonu olarak bilinen bu tektonik hat, Şaroğlu ve diğ. (1992) tarafından hazırlanan " Türkiye diri fay haritası" nda Karataş-Osmaniye fay zonu olarak gösterilmiştir. Kozlu (1996)'da bu bölgedeki tektonik hatları ayrı ayrı haritalayarak Aslantaş fay zonu, Yumurtalık fayı (bindirme) Sarıkeçili- Karatepe fayı (bindirme), Karataş ve Zeytinbeli fayları olarak tanımlayarak haritalamıştır.



Şekil 2.11. Doğu Çukurova bölgesinin genel jeoloji haritası (Kozlu 1987, Acar 1998 ve Ünlügenç 1986 ve Yetiş 1998'den revize edilerek tekrar çizilmistir).

3. MATERYAL VE METOD

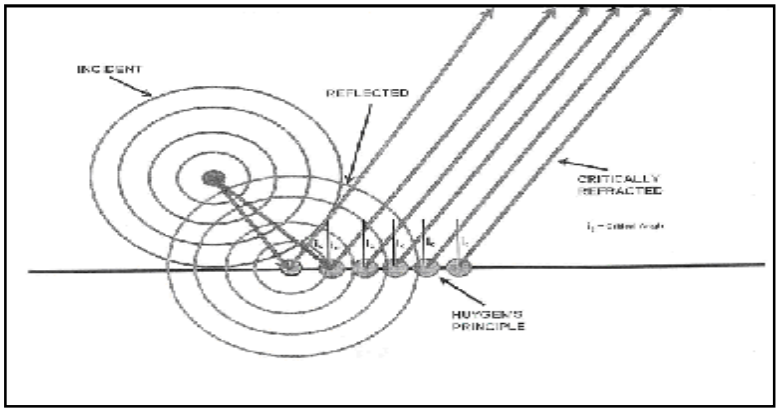
3.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntemler, yapay olarak oluşturulan sismik (ses) dalgaları ile yer yapısını araştırmada kullanılır. Sismik yöntemlerde kaydedilen parametre, bir dalganın kaynaktan çıkıp alıcıya gelmesi için geçen zamandır. Stratigrafi, yer altı yapısı ve özellikleri belirlenebilir. Sismik yöntemler yer altındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların, arz içerisinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanır. Uygulamalı sismikte, dalgaları üreten bir enerji kaynağı, yer yüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine gerek vardır. Bu düzen içinde temel prensip, enerji kaynağından yayılan ve alıcılara gelen dalgaların zamana karşın genliklerin kaydedilmesidir. Sismik yöntemler uygulama şekline göre ikiye ayrılırlar.

1. Sismik Yansıma (Reflection) Yöntemi
2. Sismik Kırılma (Refraction) Yöntemi

3.2. Sismik Yansıma Yöntemi

Yeraltındaki yansıtıcı yüzeyin bir noktasından birden fazla yansımanın alınması ve bu noktayı temsil eden sinyallerin bir araya getirilerek işlenmesi esasına dayanır. Bir ara yüzeyden yansıyan dalgalar Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Sismik yansıma yöntemi yeraltının iki veya üç boyutlu ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılır.



Şekil 3.1. Bir ara yüzeyden yansıyan dalgalar

Sismik yansıma yöntemi çalışmalarını üç aşamada toplamak mümkündür.

1- Arazide sismik verilerin toplanması ,
2- Verilerin ofiste bilgisayarlarla işleme tabi tutulması (Veri-İşlem),
3- Verilerin değerlendirilmesi şeklinde yapılır.

Sismik yansıma yöntemi, ekonomik olarak petrol, doğal gaz araştırmalarında, kömür yatağı araştırmalarında, mühendislik amaçlı olarak kıyı tesislerinin denizaltı zemin ve çökel istif şartlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca liman, karayolu, baraj ve büyük yapıların inşası ile ilgili temel kaya problemlerinin çözümünde; kültürel olarak arkeojeolojik çalışmalarda; bilimsel amaçlı olarak kara ve denizde yer kabuğu araştırmalarında kullanılmaktadır.

3.2.1. Sismik Yöntemin Uygulama Alanları

Sismik yansıma yönteminin çok çeşitli uygulama alanları vardır. Bu alanları genelleştirecek olursak;

1- Jeolojik yapıların derinlik ve kalınlıklarının belirlenmesi.
2- Petrol yataklarının belirlenmesi.
3- Maden aramaları.
4- Fay hatlarının saptanmasında sismik yöntemler kullanılabilmektedir.

3.2.2. Sismik Yöntemin Özellikleri

Sismik yöntemin kolaylıklarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1- Bir profil boyunca kaya ve zemine ait yüksek ayrımlılıkta düşey kesitler sağlaması
2- Geniş derinlik aralığına sahiptir (10 metreden, kabuk ve mantoya kadar).
3- Uygun donanım ile hem P hem de S dalgasının ölçülebilmesinde kullanılır.

Sismik yöntemin kolaylıkları olduğu gibi bazı zorlukarıda vardır. Bunlar;

1- Çoğu jeofizik yöntemden daha yavaş olması,
2- Çok fazla veri-işlem adımı gerektirmesi,
3- Akustik gürültü ve titreşimlere hassas olması şeklinde sıralanabilir.

3.2.3. Yöntemin Amacı

Sismik verilerin arazide elde edilmesi ve veri işlem basamağından sonraki adım sismik kesitlerin yorumlanmasıdır. Sismik yorumlama ile

1- Sismik enerjiyi yansıtan katman ve ara yüzeylerinin geometrisini bulmak.
2- Stratigrafik ve yapısal özellikleri kestirmek.
3- Kaya veya sedimanter katmanların fiziksel özellikleri belirlemek.
4- Katmanlara ait sismik hız değerlerini hesaplamak ve benzeri sonuçlar elde etmektir.

3.3. Sismik Yansıma Yönteminin Temel Prensipleri

3.3.1. P Dalgası (Primer, Boyuna Dalgalar)

Bu tip dalgalar, sıkışma veya ilk dalgalar olarak bilinirler ve sadece P dalgası şeklinde ifade edilirler. P dalgası yayılımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

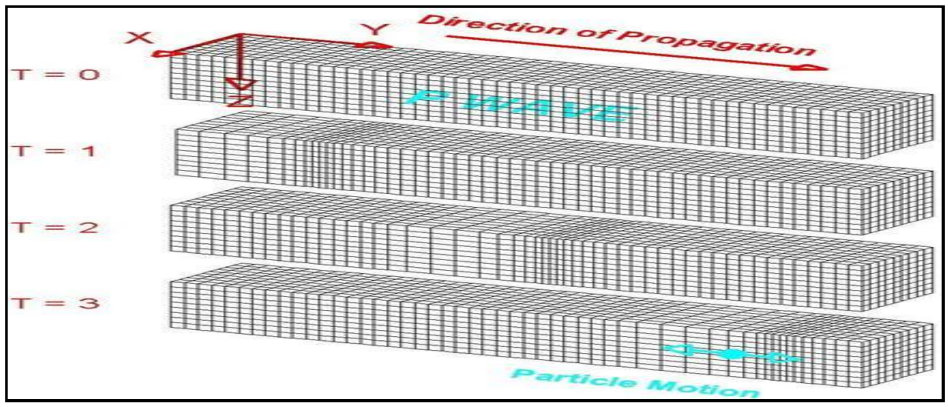
P dalgaları, cismin hacim değiştirmesine karşı gösterdiği elastik mukavemet sonucu oluşurlar. Partikül titreşim hareketi dalga yayılım doğrultusuna paraleldir. Yani dalga yayınımı sıkışma ve açılma şeklinde diğer bir deyişle partikül hareketi ileri-geri doğrudur. Bu dalgaların yayınımı sırasında kübik genişleme veya hacim değişikliği olur. Boyuna dalgalarda sıkışma ve genişlemeyi temsil eden titreşim doğrultusu dalga yayılım doğrultusu aynıdır.

$$V_P = \sqrt{\frac{l - 2m}{r}} \qquad (3.1.)$$

λ: Elastik sabit

μ: Sıkışmazlık modülü

ρ: Dalganın yayıldığı ortama ait Yoğunluk

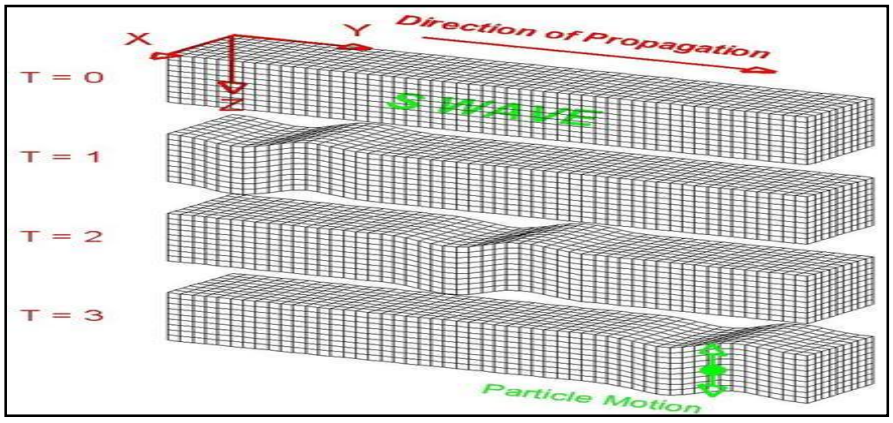


Şekil 3.2. P dalgası yayılımı

3.3.2. S Dalgası (Sekonder, Enine Dalgalar)

Enine dalgaların yayılımı sırasında elemanlarda şekil bozulmaları, yani açılarda değişim gözlenir. Bunun nedeni dalga yayılımında parçacıkların titreşim doğrultusunun, dalga yayılım doğrultusuna dik olmasıdır. Bu tür dalgalar S dalgalan olarak adlandırılır. S dalgası yayılımı Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Yapılardaki hasar ve yıkıma S dalgası ile yüzeydeki yansımaları olan Rayleigh ve Love dalgaları neden olur.

$$V_S = \sqrt{\frac{m}{r}} \qquad (3.2.)$$

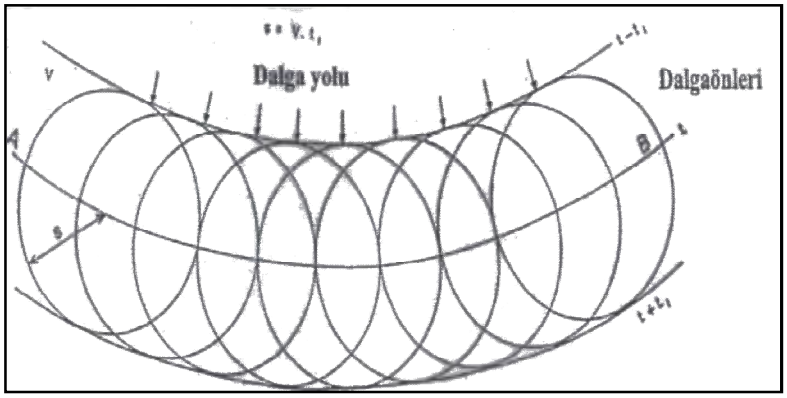


Şekil 3.3. S dalgası yayılımı.

3.3.3. Dalga Yolu Geometrisi

Herhangi bir enerji noktasından yayınan dalgalar, suya atılan taşın yarattığı dalga gibi genişleyen daireler biçiminde oluşur (Şekil 3.4). Küreyi oluşturan yüzeylere dalga önü denir ve her nokta yeni bir enerji oktası gibi davranır.

Dalga yönlerine dik doğrultulara dalga yolları denir. Dalga iki nokta arasına en kısa sürede gidebileceği yörüngeyi izler.



Şekil 3.4. Dalga yolu geometrisi

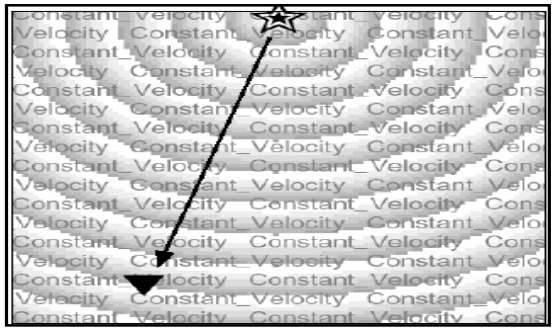
3.3.4. Fermat Kanunu

Fermat ilkesi, dalga cephesine dik ışın yollarının geometrisi ile ilgilidir. Bunun anlamı, herhangi bir ışının, iki nokta arasını en kısa zamanda gideceği en kısa yolu izlemesidir.

3.3.4.1. Sabit hızlı bir ortamda dalga yayılımı;

Sabit hızlı bir ortamda dalga yayınımı Şekil 3.5 deki gibi olacaktır.

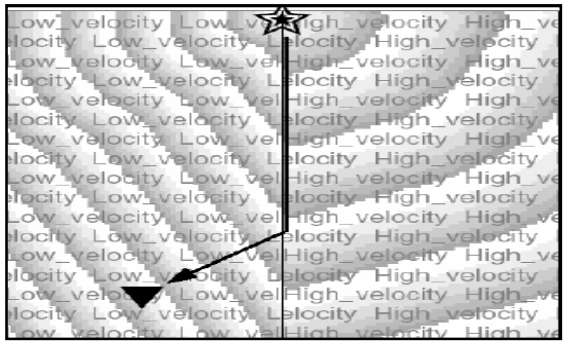
1- Dalga cephesi, dalga yayınımı doğrultusuna diktir.
2- Işın yolları doğrusaldır.



Şekil 3.5. Sabit hızlı bir ortamda dalga yayılımı

3.3.4.2. Ortam sabit hızlı değilse;

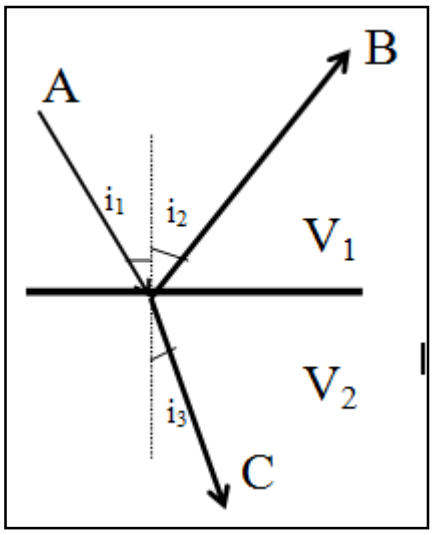
Işın gideceği noktaya minimum zamanı kullanarak gider. Işın her zaman yüksek hızlı ortamda seyehat etmeyi seçer (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Değişken hızlara sahip ortamda dalga yayılımı

3.3.5. Snell Kanunu

Snell yasası, farklı yayılma hızına sahip ortamlardaki ışınların kırılmasını hızlar ve açılar arasındaki ilişki ile tanımlamaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Snell kanununa göre bir ara yüzeye gelen dalga (Kaşlılar, 2009)

Aynı ortamdaki A ve B noktaları arasına dalga yayınımı, dalganın gelme açısıyla yansıma açısının eşitliğini gerektirir. Aynı olmayan ortamlarda A ve C noktaları arasındaki dalga yayınımı ise aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilir.

$$\frac{\sin i_1}{V_1} = \frac{\sin i_2}{V_2} \qquad (3.3.)$$

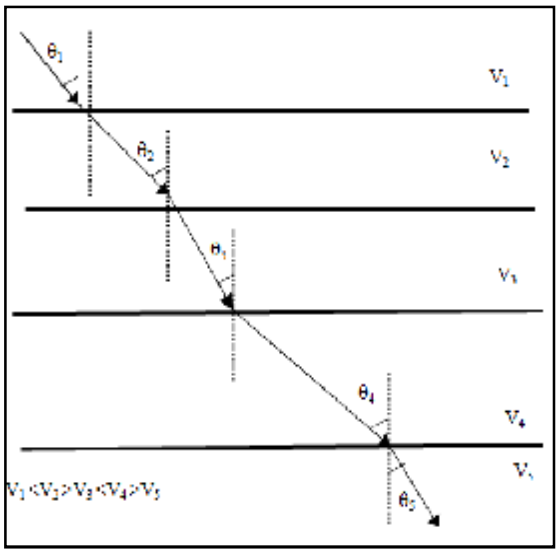
Kırılan dalganın normal ile yaptığı açı i_2=90° olursa, kritik açı;

$$\sin i_c = \frac{V_1}{V_2} \qquad (3.4.)$$

3.3.5.1. Çok Tabakalı Ortamlarda Snell Yasası

Çok tabakalı ortamlarda snell yasasına göre tabaka hızlarını derinlikle arttığı varsayılmaktadır. Yani $V_n > V_{n-1} > V_{n-2} > .... > V_2 > V_1$ şeklindeki hızlar söz konusudur. Aşağıdaki çok tabakalı ortamlara ait zaman-uzaklık eğrisini ve yer altındaki ortamlarda elde edilen kırılma dalgasının ışın yolu gösterilmektedir (Şekil 3.8).

Her tabakada dalga kırılarak diğer tabakaya geçmektedir. Şekildeki tabakalarda ilerleyen ışınların yolları, Snell yasasınca süreksizliklerde kırılmaya uğrayarak, aralarda ise süreksizliği takip etmektedir.



Şekil 3.8. Snell kanununa göre çok tabakalı ortamda yayılan dalga (Kaşlılar, 2009)

A ve B noktaları arasındaki dalga yolunu belirlemek için Snell yasası aşağıdaki bağıntı ile gösterilebilir.

$$\frac{Sinq_1}{V_1} = \frac{Sinq_2}{V_2} = \frac{Sinq_3}{V_3} = \frac{Sinq_4}{V_4} = \frac{Sinq_5}{V_5} \qquad (3.5.)$$

3.3.6. Huygens Prensibi

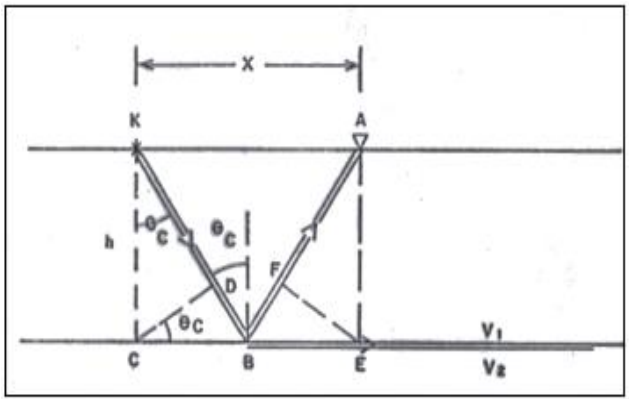
Dalga cephesi üzerindeki her bir nokta, kendi başına bir noktasal kaynak gibi davranır. İlerleyen bir dalganın her noktası, yeni bir dalga kaynağı olarak alınır. Böylece her nokta, uzayda küresel dalga yayan kaynak olur.

Çeşitli noktalardan bu şekilde yayılan dalgalar girişim yaparak bazı noktalarda birbirlerini yok ederken bazı noktalarda üst üste gelerek kuvvetlendirir. Çeşitli noktalardan yayılan dalgalar arasındaki çizgisel yol farkı, yarım dalga boyunun tek katları kadarsa birbirlerini yok eder, tam dalga boyunun katları ise birbirlerini kuvvetlendirirler. Böylece meydana gelen noktalar yeni kaynaklar hasıl ederler. Bu prensip, dalganın davranışının kolay açıklanmasında çok faydalıdır.

3.3.7. Kırılan Dalga Geometresi

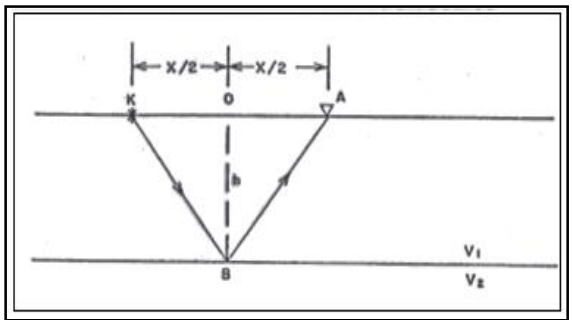
Kırılan dalga her iki ortamda yayındığından hem V_1 hızından hem de V_2 hızından etkilenir. q_c; Kırılma açısı, q_c açısı 90^0 olduğunda 'tam kırılma' olur (Şekil 3.9)

$$\mathrm{Sin}\, q_c = \frac{V_1}{V_2} \qquad (3.6.)$$



Şekil 3.9. Kırılan dalga geometrisi

3.3.8. Yansıyan Dalga Geometrisi



Şekil 3.10. Yansıyan dalga geometrisi

Yansıma dalgaları ara hız olan V_1 hızından etkilenir (Şekil 3.11). Yansıyarak gelen dalga için tabaka kalınlığı belirtilen formul ile hesaplanabilir.

$$h=\frac{T_0}{2V_1}$$

(3.7.)

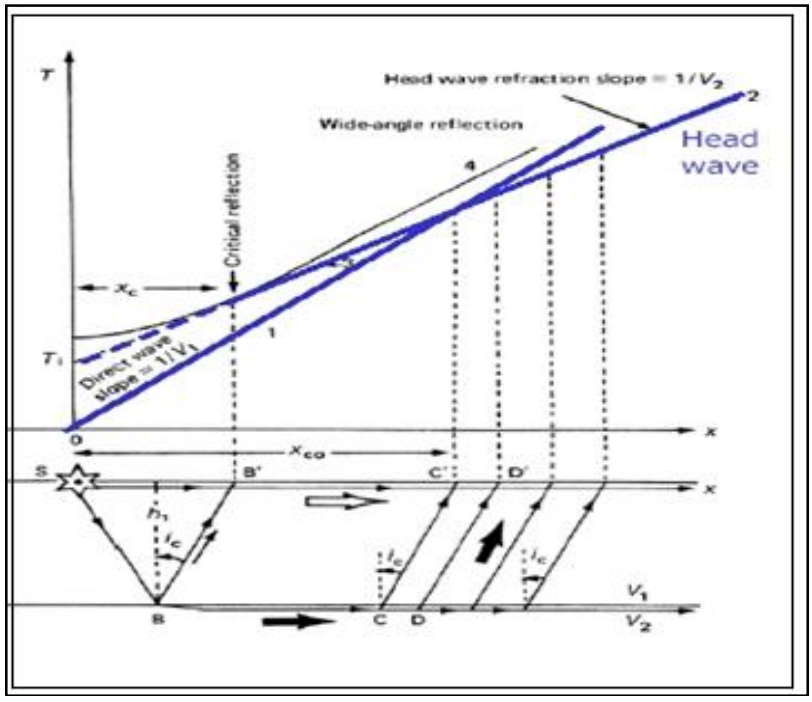
h: Tabaka kalınlığı

T_0: Düşey gidiş-geliş zamanı

Kaynaktan ‘x’ uzaklığına olan varış süresi:

$$T_X^2=T_0^2+\frac{X^2}{V_1^2}$$

(3.8.)



Şekil 3.11. Sismik dalganın zaman-uzaklık görüntüsü

3.3.9. Ara Yüzeyde Enerji Dağılımı

Herhangi bir yüzeye belirli bir açıyla gelen P dalgası yansıyan ve kırılan P_1 ve P_2 boyuna dalgalar yaratır.

$$R=\frac{P_1}{P_0}=\frac{V_2 r_2 - V_1 r_1}{V_2 r_2 + V_1 r_1} \qquad (3.9.)$$

R: Yansıma Katsayısı

P_1: Yansıyan dalganın genliği

P_0: Arayüzeye dik gelen dalganın genliği

V_1, V_2: Arayüzeyi oluşturan ortamlardaki hızlar

ρ1, ρ2: Arayüzeyi oluşturan ortamlardaki yoğunluklar

Z: Akutik Empedans : Tabakalar arasındaki sismik özellik farkına akustik empedans farkı denilir. Akustik empedans, tabakaların hız ve yoğunluk farklılıklarından elde edilir.

$$Z=V.\rho \quad (3.10.)$$

$$R=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1} \quad (3.11.)$$

$$P_0=P_1+P_2 \quad (3.12.)$$

P_2:Kırılan dalganın genliği

$$1=\frac{P_1}{P_0}\ \frac{P_2}{P_0} \quad (3.13.)$$

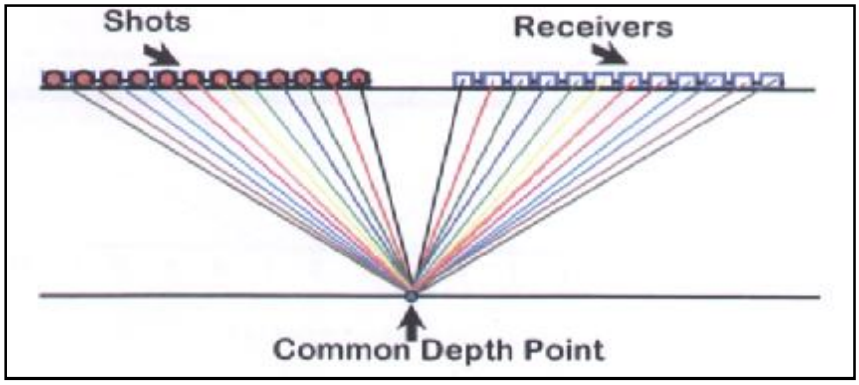
$$T=\frac{P_2}{P_0} \quad (3.14.)$$

T:İletim katsayısı

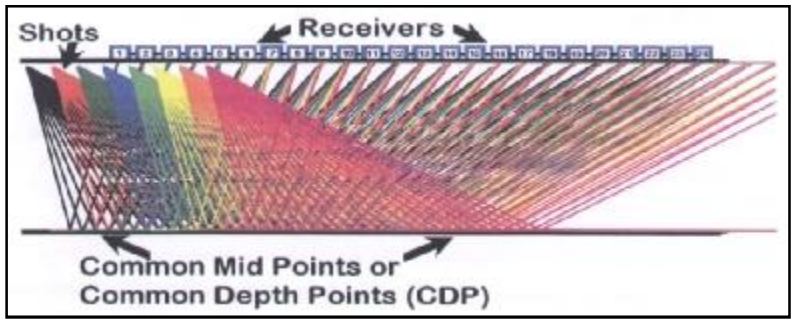
$$R+T=1 \quad (3.15.)$$

3.3.10. Ortak Derinlik Noktası (CDP)

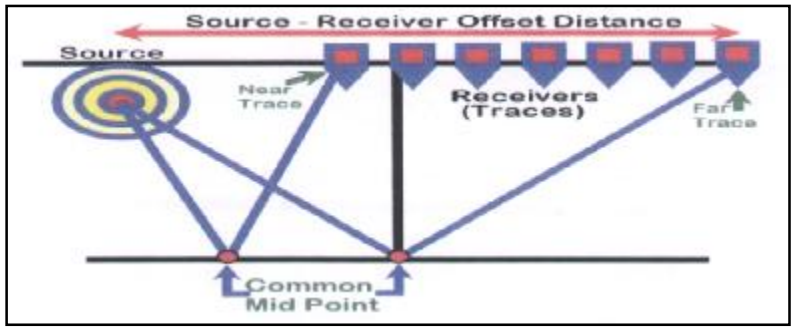
Ortak derinlik noktası yönteminde, gürültü ve tekrarlamalı yansımalar çeşitli alıcı ve atış noktası konfigürasyonları ile aynı orta nokta yüzeyinden yansıyormuş gibi bütün izlerin yığılması esasına dayandırılmıştır. Ortak Derinlik Noktası ve yansımalarla ilgili değişimleri Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



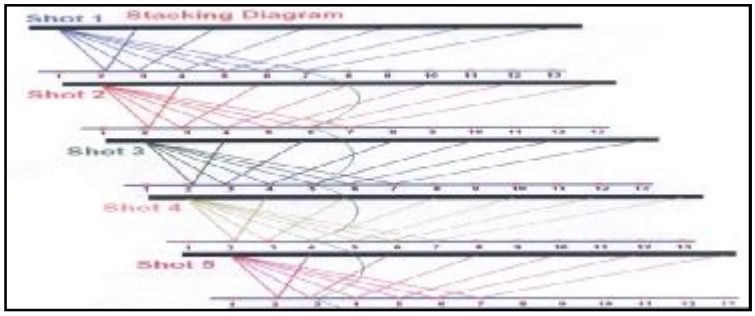
Şekil 3.12. Bir CDP oluşumu



Şekil 3.13. Atışlar ile oluşan CDP lerin dağılımı



Şekil 3.14. Yakın ve uzak ofsetin kaynağa olan uzaklıkları ve CDP

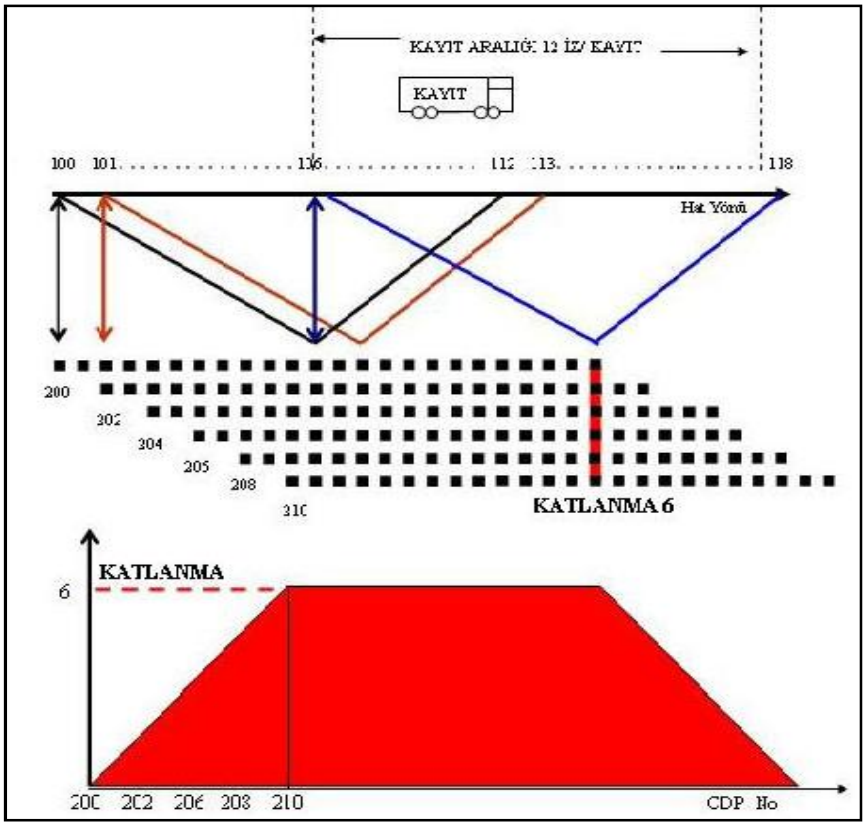


Şekil 3.15. Atışlar ile oluşan CDP yi oluşturan izlerin tek görünümü

3.3.11. Fold (Katlama)

Tek bir kaynak ve bir dizi alıcıdan oluşan sistem kaydırılarak yapılan her atış sonrasında, yapılan her atış sayısı kadar sismik iz kaydedilir. Aynı noktalardan yansıyan dalgalar toplanarak, yer yüzeyinin iz düşüm noktasına (orta nokta) ait sismik iz elde edilir. Buna "katlama" denilir (Şekil 3.16). Katlama hesabı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

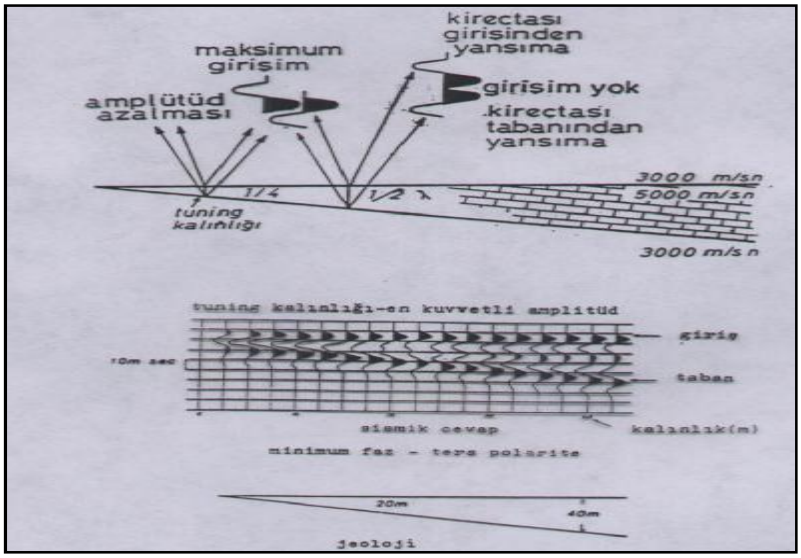
(Katlama) = (Kanal Sayısı)*(Alıcı Aralığı)/2*(Atış Aralığı)



Şekil 3.16. Fold Hesabı (Küçük, 2006)

3.3.12. Düşey Ayırımlılık (Rezolüsyon)

Düşey ayrımlılıkta; kalınlığı, dalgacığın dalga boyunun yarısından (λ/2) küçük olan birimleri ayırmak güçtür. Kalınlığı, (λ/4)'ten daha küçük olanlar ise hiç ayrıt edilemez.



Şekil 3.17. Litoloji ile ayrımlılığın değişimi

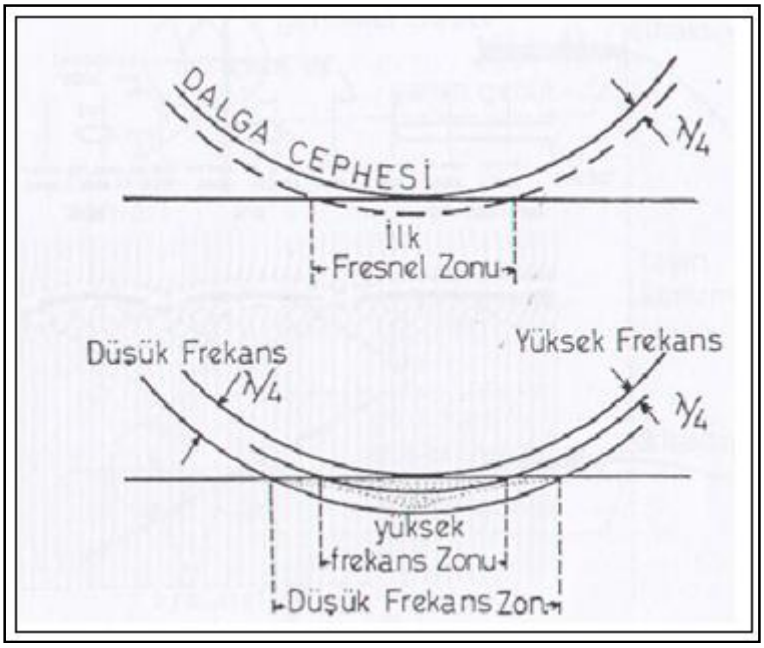
3.3.13. Fresnel Zonu

İlk yansıyan enerjiden, alıcıya yarım dalga boyu içerisinde varan ilk refraktör parçasıdır. Frensel zonu derinlikle artar. Sismik dalga yayınımını incelerken elastik dalgaları bir tek sismik ışın ile ifade etmek yeterli değildir. Çünkü yayınan dalgalar küresel dalga cepheleri şeklinde hareket eder. Bu da yansımaların, yansıtıcı yüzey üzerinde tek bir noktadan olmaması anlamına gelir. Yani küresel dalga cephesi bir ara yüzeye çarptığında, yüzey üzerinde küresel dalga cephesinin çapı ile doğru orantılı olan bir dairesel alandan yansır. Bu dairesel alan 'fresnel zonu' olarak bilinir. Şekil 3.18 de frensel zonu gösterilmektedir. Derinlik arttıkça, bu alanın çapı artacaktır.

$$r = \frac{V}{4}\sqrt{\frac{t}{f}} \qquad (3.16.)$$

t = Gidiş-geliş zamanı f = Hakim frekans

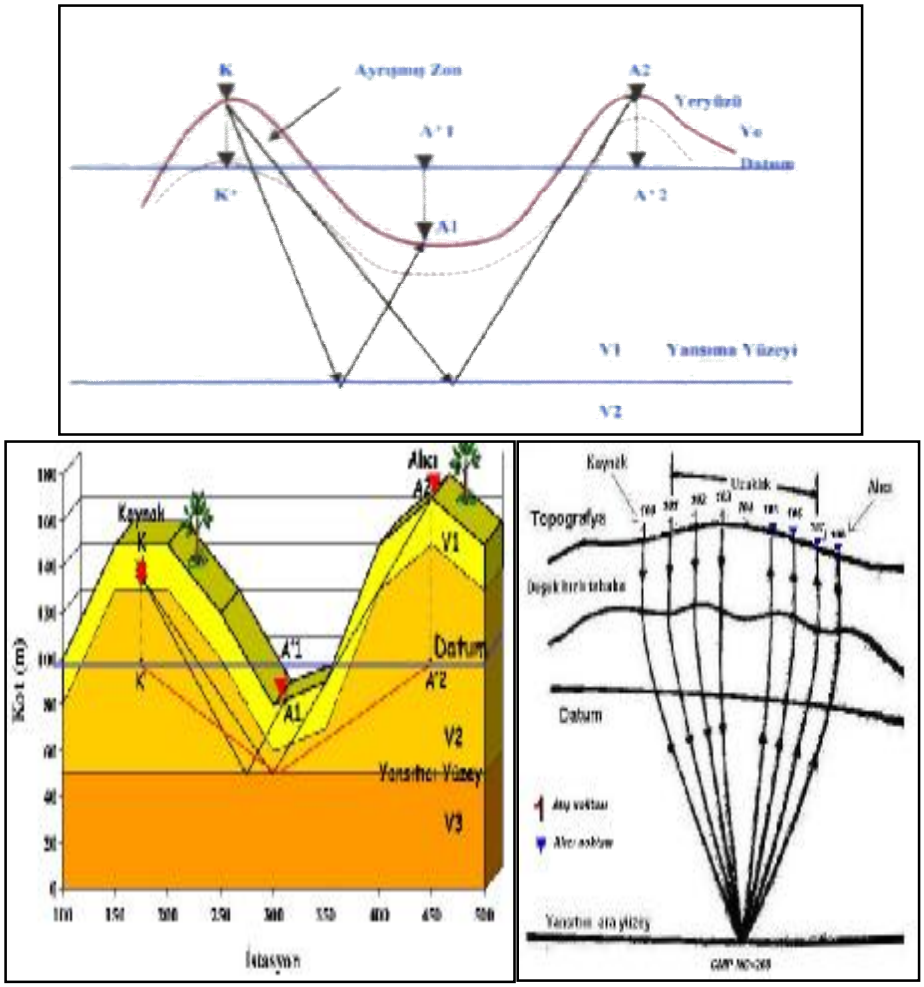
V = Ortam hızı r = Frensel zonu yarıçap



Şekil 3.18. Fresnel zonu (Güreli, 2008)

3.3.14. Statik Düzeltme

Kaynak ve alıcının bulunduğu yeryüzü topografyası düz olmadığından, yansıyan dalgalar, alıcılara farklı zamanlarda gelmektedir. Yeraltındaki gerçek jeolojik yapıyı görüntüleyebilmek için, kaynak ve alıcıları belirlenen bir düzleme (datum) indirgemeye ve yüzeydeki düşük hız zonunun (Weathering Zone) etkisini gidermeye statik düzeltme denir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Statik düzeltme (Güreli, 2008)

$$t_s = \frac{E - d - D}{V_c} \qquad (3.17.)$$

$$t_g = -\frac{(E - d - D)}{V_c + tu} \qquad (3.18.)$$

d : Kuyu Derinliği

E : Topografya Kodu

tu : Kuyu tabanından yüzeye olan zaman

D : Datum Seviyesi

t_s : Atış Statiği

t_g : Jeofon Statiği

Düşük hız zonunun hat boyunca yanal ve düşey hız-derinlik değişiminin modellenmesi gerekir. Bunun için: Hattın başında, sonunda ve hat kesişmelerinde Up-hole (kuyu içi atışları) yapılır ve Up-hole noktalarının arasında yaklaşık 2 km aralıklarla Refraction (Kırılma) atışları yapılır. Up-hole kuyuları hatların kesişmelerinde, hat başında ve sonunda yapılır. Up-hole kuyuları ayrışmış zonun altındaki ayrışmamış zonun içinde en az iki atış yapılacak kadar derinlikte olmalıdır. Up-hole atışlarından yararlanarak düşük hız zonundaki ara hızlar ve ayrışmamış zondaki düzeltme hızı (Correction Velocity) ve tabaka kalınlıkları tespit edilerek statik hesabında kullanılır.

Statik düzeltme işlemi, veri-işlem aşamasında uygulanan en önemli işlemlerden biridir. Statik düzeltme için datum seçimi çok önemlidir. Datum ile topografya arasındaki farkın minimum olması istenir. Statik düzeltme değeri fazla olursa stack aşamasında RMS hızı normalden daha büyük olur. RMS hızının büyük olması, interval hızınında büyük olmasına neden olur.

İnterval hızların büyük olması, hedef tabakanın daha derin ve daha doğru hesaplanmasına neden olur.

3.3.15. Dinamik Düzeltme (NMO)

Aynı kaynaktan çıkıp, aynı ara yüzeyde fakat farklı noktalardan yansıyan enerji, kaynaktan belli uzaklıktaki alıcılar tarafından kaydedilir. Yansıma enerjisinin alıcılara varış zamanları farklı olup kaynak-alıcı uzaklığına bağlıdır. Eğer kaynak ile alıcı aynı noktada olsaydı, enerjinin alıcıya gidiş geliş zamanı T_o= 2h/V olacaktır. Kaynak alıcı yansıtıcı yüzeylerinin incelenebilmesi için, bu zamanların kaynak- alıcı uzaklığına bağımlılıktan kurtarılması gerekir.Aksi halde yatay yansıtıcı yüzeyler sismik kesitlerde hiperbolik bir görünüm verecektir. Düzeltme için tüm tx zamanları t_0 zamanına indirgenmesi biçiminde yapılır. Bunun sonucunda elde edilen t_0 zamanları alıcıların bulunduğu noktalara ait gidiş geliş zamanlarıdır.

3.4. Hız Verileri

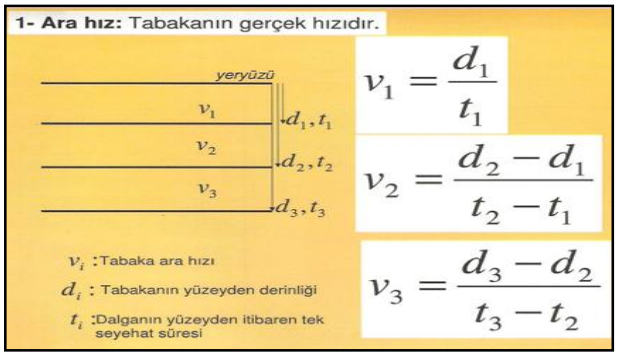
3.4.1. Ara Hız

Litolojinin özelliklerine bağlı olarak ses dalgasının bir ya da daha fazla kayacı kat etme hızıdır. Aşağıdaki tabloda farklı litolojiler için olabilecek ara hızlar verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi farklı litolojilerin ara hızları birbiri üzerine binebilmektedir.

Tablo 3.1. Litoloji ve Hız

LİTOLOJİ	HIZ (m/sn)
Gevşek Toprak	250-750
Kumtaşı-Şeyl	750-3500
Deniz Kumu	1500-2000
Kireçtaşı-Dolomit	2500-5000
Granit-Metamorfikler	4000-6000
Tuz-Anhidrid	6000-7000

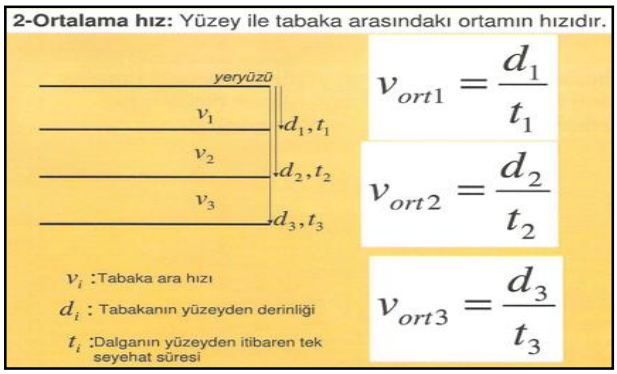
Normal olarak ara hızlar, litolojileri kullanılacak ara hızları belirlemede kullanılabilecek önemli parametrelerden biridir ve hesaplanması için başvurulan yöntem çok önemlidir. Bu hızlar sonik log, kuyu kontrol atışları ve sismik kesitlerden elde edilir. Bu hızlar yoğunluk ve gözeneklilik gibi kayaçaların fiziksel bir özelliği olarak kullanılır.



Şekil 3.20. Ara Hız (Güreli, 2008)

3.4.2. Ortalama Hız

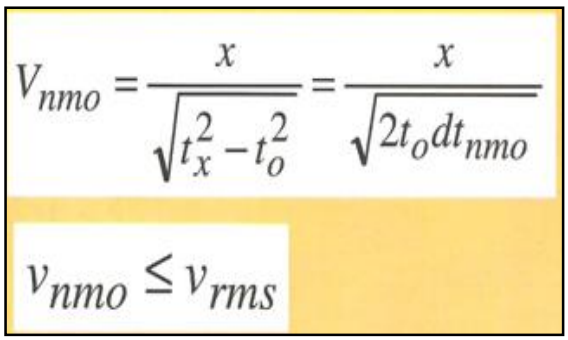
Sismik dalgalar, yüzeyden Z derinliğindeki bir tabakaya kadar t zamanında ulaşırlar. Z derinliğinin t zamanına bölünmesiyle bulunan değere ortalama hız denir. Bir referans tabakaya kadar olan ve doğrudan doğruya check-shot değerlerinden düzeltilmiş sonik loglardan veya ara hızların ağırlıklı ortalamalından elde edilirler ve zaman kesitlerini, derinlik kesitlerine çevirmek için kullanılırlar (Sefunç ve Vur , 2009).



Şekil 3.21. Ortalama Hız (Güreli, 2008)

3.4.3. NMO Hızı

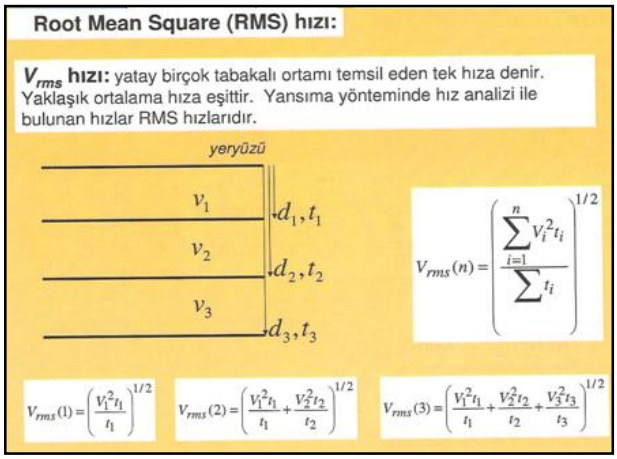
Yığma hızı olarakda adlandırılan bu hız düzeltilmemiş ortak derinlik noktası (CDP) çalışmasında farklı zamandaki izleri birleştirerek refleksiyon yani yansımanın oluşmasını sağlayan hızdır. Ayrıca kaynak ve alıcı arasındaki mesafelerden ve yer altındaki eğimlerden etkilenirler. NMO hızı yansıma hiperbollerine uygulanacak açılım düzeltmesi için denklemde kullanılan hızdır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. NMO Hızı Denklemleri (Güreli, 2008)

3.4.4. RMS Hızı (Root Mean Square Velocity)

Tabaka serilerinin, zaman ağırlıklı karakök hız değeridir. NMO'nun özel bir şeklidir de denilebilinir. Kaynak ile alıcı arasındaki açıklık (offset) küçük ise hesaplanan NMO hızı RMS hızına yaklaşır.



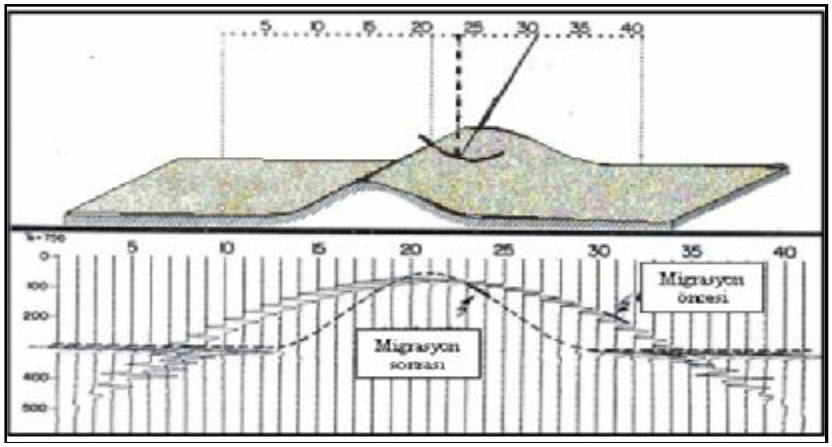
Şekil 3.23. RMS Hızı Denklemleri (Güreli, 2008)

3.4.5. Sismik Göç İşlemi (Migration)

Göç işlemi, yansımaların ve saçılmaların gerçek yerlerine taşınabilmesini sağlayan bir tür ters çözüm yöntemi olarak değerlendirilebilir. Yer içerisindeki eğimli yapıların gerçek yerlerinde görüntülenebilmesi, saçılmaların yok edilebilmesi ve jeolojik yapının ortaya çıkmasının sağlanabilmesi, yansıtıcı yüzeylerin devamlılığının ve eğiminin doğru olarak saptanabilmesinin yanısıra, Fresnel Zonu'nun yarıçapının üçülmesiyle birlikte yanal çözünürlüğün artırılması da sismik göç işleminin hedefleri arasındadır (Yılmaz, 1987). Bütün bunlar göz önüne alındığında sismik veri-işlem yöntemleri arasında, sismik göç işleminin bu denli önemli bir yer tutmasının nedeni açıklanmış olur.

Göç işleminin gerçekleştirilmesi için tüm bu hedeflerden yola çıkılarak pek çok teknik geliştirilmiştir. Bu teknikler kullanılarak veriye yığma işlemi yapılmadan önce veya sonra uygulanabilir.

Göç işlemi uygulamalarının sınıflandırılmasında esas olarak iki ana bölüm kullanılabilir. Bunlardan ilki veriye analitik yaklaşımda bulunan, RMS (Root Mean Square) hızlarının kullanıldığı ve tabaka yüzeyleri arasındaki ışın eğriliğinin ihmal edildiği, zaman ortamındaki göç işlemidir. Diğeri ise tabaka ara hızlarının (interval) kullanılıp, ışın eğriliğinin algoritmaya katıldığı derinlik göçüdür. Aşağıdaki şekilde bazı problemli yapılarda karşılaşılabilecek, sismik ize karışan yanlış sinyallerin etkileri gösterilmektedir. Şekil 3.24'de antiklinal bir yapının, göç işlemi öncesi ve sonrasında, bir sismik kesitteki görünümü verilmiştir.



Şekil 3.24. Yeraltında yer alan antiklinal bir yapının, sismik kesitte göç işlemi öncesi ve sonrasındaki görünümü (Düşünür, 2004)

3.5. Sismik Kaynak ve Alıcılar

Sismik yöntemlerde kullanılan aletler, kaynak ve algılayıcı olarak ikiye ayrılırlar. En çok kullanılan sismik kaynaklar şunlardır:

- Patlayıcı maddeler (dinamit)
- Yere ağırlık düşürme
- Titreşim (vibroseis)
- Hava tabancası
- Balyoz

3.5.1. Sismik Yansıma Yönteminde Kullanılan Kaynak Türleri

3.5.1.1. Vibratör

Vibratör, titreşimli bir sismik kaynaktır. Frekansı zamanla değişen bir tarama sinyalini, uzun bir süreyle yeryüzüne aktarır. Pilot veya tarama sinyali adı verilen sinyal, frekansın zamanla doğrusal veya üstel bir değişim şeklinde tariflenir. Frekans bandı, frekansın zamanın bir fonksiyonu olarak artması veya azalması yapılacak sismik çalışmanın amacına ve sahanın özelliklerine göre belirlenir Kayıt edilen sismik izin tarama sinyali ile çapraz ilişkisi alınarak sismik iz tepkisel kaynaklarla elde edilen sismik ize benzetilir ve yorumlanabilir bir duruma getirilir.

Sismik elektrik akımı olarak üretilen tarama sinyalini, hidrolik sistemle mekanik titreşime dönüştürür ve mekanik titreşim iki tonluk bir kütle yardımıyla yeryüzüne iletilir. Bütün sistem güçlü bir araca monte edilmiştir (Şekil 3.25). Uygulamalarda dört veya daha fazla vibroseis kullanılarak atış düzeni gerçekleştirilir. Aynı atış noktasında tekrarlanan kayıtlar çapraz ilişkileri hesaplandıktan sonra üst üste toplanır. Vibratörlerin yansımalı sismik çalışmalarındaki önemi; vibratörün yere gönderdiği sweep sinyali amaca uygun şekilde dizayn edilerek enerjisi ve frekans içeriği yönünden jeolojik hedef seviyeye göre ayarlanabilir. Dinamitin enerji kaynağı olarak kullanılamadığı sahalarda etkin ve zararsız bir kaynak olarak kullanılabilir.

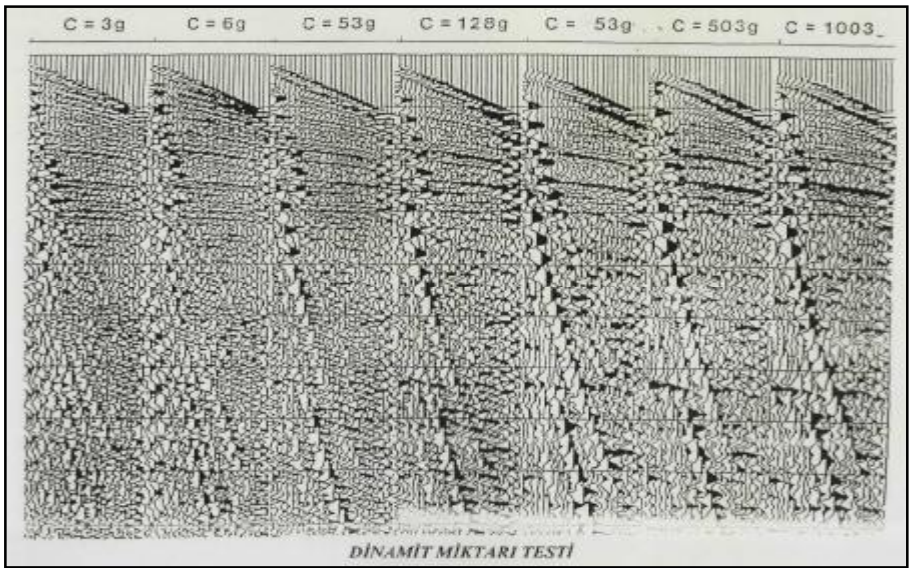


Şekil 3.25. Vibro, sismik aletlere örnekler

3.5.1.2. Dinamit

Sismik uygulamalarda kullanılan dinamit 30-40 cm boyunda 3-5 cm çapında plastik muhafazalar içinde dinamit çubukları şeklindedir ve özellikle çok yüksek patlama hızına (7000-8000 m/sec) sahiptir. Dinamit çubukları birbirlerine vidalanarak birleştirilebilir ve istenilen miktarda dinamitin aynı anda patlatılması sağlanır. Patlayınca yüksek miktardaki enerji ani olarak yeryüzüne yer hareketi olarak aktarılır. Dinamitin performansı ısı ile değişmediği için çölden kutuplara kadar her bölgede rahatlıkla kullanılabilir. Hem karada hem denizde kullanılabilen bir enerji kaynağıdır

Kara sismiğinde, ortaya çıkan enerjinin azamisini yere gönderebilmek amacıyla yeryüzünde açılan kuyularda (0.5 m-30 m) patlatılır. Yüzeyde patlatıldığı zaman çok az bir miktarı yere gönderilmiş olur. Sinyal/gürültü oranı, genelde kaynağın derinliğine bağlıdır ve kaynak derinliği arttıkça sinyal amplitüdünün artmasına karşın yüzey dalgalarının (ground roll) amplitüdü azalır. Şekil 3.26'da da kuyu derinliği sabit olup dinamit miktarı değiştirilmiştir. 3, 6, 53, 128, 253, 503 ve 1003 gram dinamit miktarları ile alınmış kayıtlar görülmektedir. Dinamit miktarı arttıkça yüzey dalgaları artmaktadır.



Şekil 3.26. Kuyu derinliği sabit olup dinamit miktarı değiştirilmiştir (Güreli, 2008)

Fazla miktarda patlayıcı kullanılarak yüksek frekans bileşenleri kaybedilir. Sismik verideki ayrımlılık açısından yüksek frekans bileşenlerinin kaybedilmesi istenmez.

Patlayıcı miktarı testi, gürültü etkilerinin hakim olmadığı şartlarda yapılmamalıdır. Patlayıcı miktarı testi; aynı atış noktasında, sabit derinlikte farklı miktarlarda dinamit patlatarak sinyal/gürültü oranı en iyi olan, hedef seviyelerdeki yansımalar için kabul edilen ve frekans içeriği en geniş olan patlayıcı miktarını belirleyerek tespit edilmelidir.Şekil 3.27 ‘de Sıraseki çalışma alanında dinamit patlatma kumandası ve dinamitin patlanma anı gösterilmektedir.

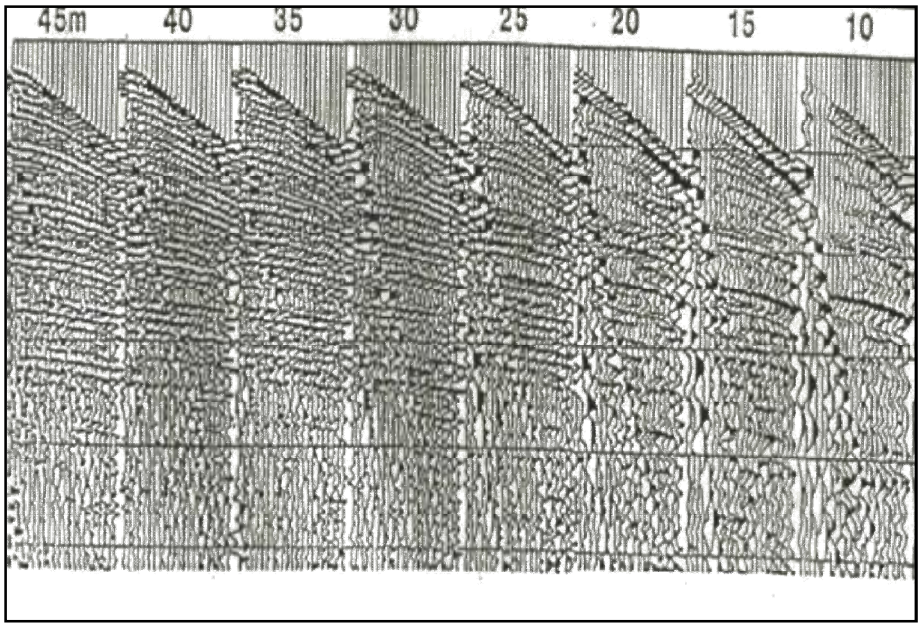


Şekil 3.27. Dinamit patlatma alanı ve kumanda sistemi

3.5.2. Kuyu Derinliği Kavramı

Kuyu derinliği kayıtın frekans bileşenlerini ve yayılmış gürültü oranını etkiler. Kuyu derinliği; sinyal / gürültü oranını yüksek verecek şekilde seçilmelidir. Bu demektir ki; hedef seviyedeki yansımalar saha kaydı üzerinde görülebilir olmalıdır. Kuyu derinliği; aynı atış noktasında farklı derinliklerde atışlar yapılarak yansımalar için kabul edilebilir en sığ derinliği belirleyerek tespit edilmelidir.

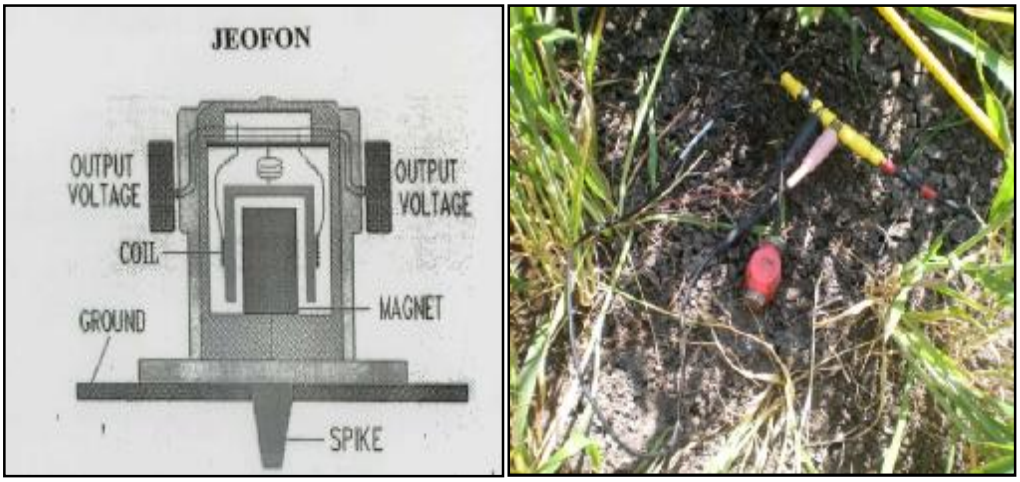
a. Derinlik arttıkça yüzey dalgalarının şiddeti azalır.
b. Derinlik arttıkça frekanslarda artmaktadır.
c. Derinlik arttıkça verideki ayrım gücü artmaktadır.



Şekil 3.28. Kuyu derinliğine göre kaynağın etkisi (Güreli, 2008)

3.5.3. Sismik Alıcılar (Jeofon)

P ve S fazı için yapılmış iki farklı jeofon türü vardır. Kırılma yönteminde 2-40 Hz'lik, yansıma yöntemi için ise 20–100 Hz'lik jeofonlar kullanılır. Bir jeofonun içeriği ve arazideki durumu Şekil 3-29 da gösterilmiştir.



Şekil 3.29. Bir jeofonun içeriği

Sismik sinyalleri jeofonlar ve alıcılar aracılığı ile sismik kayıt aracındaki recorderlara transfer olur (Şekil 3-28). Karada kullanılan alıcının adı jeofon, denizde hidrofondur. Yüksek ayrımlılık için doğal frekansı büyük olan jeofonlar tercih edilmelidir (Güreli, 2008).

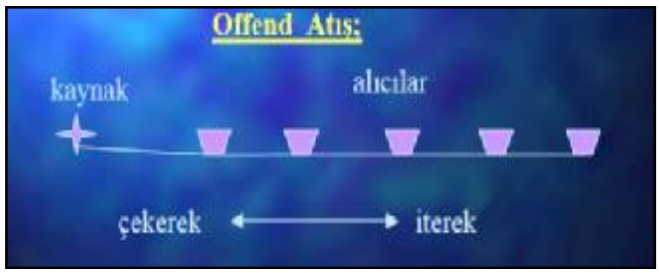


Şekil 3.28. Sismik sinyallerin alındığı kayıt aracı ve recorder (Sıraseki, 2010)

3.5.4. Kaynak Alıcı Dizilimleri

Sismik yöntemlerde, kaynak-alıcı arasındaki uzaklığın yaklaşık 1/3'ü kadar derinlikten bilgi alınabilir (30m lik bir açılımla yaklaşık 10m derinden bilgi alınabilir). Off-End atış ve Split-Spread atış olmak üzere ikiye ayrılır.

Kaynak ve alıcı düzenlerindeki tasarımındaki gaye, mümkün olduğunca sinyale dokunmayıp gürültüyü bastıracak nitelikte uzaysal filtre oluşturmaktır (Şekil 3.29-3.30).



Şekil 3.29. Off-End atış



Şekil 3.30. Split –Spread atış

3.6. Kuyu Jeofiziği

Kuyularda log alımı, kuyu muhafaza işleminden önce yapılır. Silindir biçimli sondaj cihazları kablo ile kuyu içerisine sarkıtılır ve istenen derinliklerde gerekli ölçümler kaydedilir. Log alımı ve yorumu özel bir ihtisas dalıdır ve bunun için log analizcileri yetişmiştir. Log çeşitleri çok fazladır. Ancak bunların bir kısmı özetle anlatılacaktır.

3.6.1. Elektrik Logları

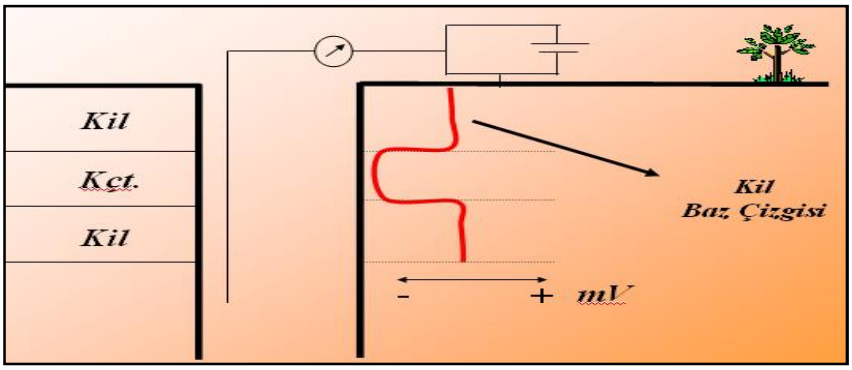
3.6.1.1. SP Logu

SP logu, formasyon suyu ile iletken sondaj çamuru ve şeylin etkileşimi sonucu oluşan elektriksel potansiyeli ölçer. Bu log kuyu içinde hareketi bir elektrotla yüzeydeki sabit potansiyelli bir elektrotun elektriksel potansiyellerinin farkının derinliğe göre kaydıdır.

Prensibi: Şeyler karşısında SP logu hemen hemen düz bir çizgi şeklindedir ve bu şeyl baz hattı olarak tanımlanır. Geçirimli tabakalar karşısında SP logu bu baz hattından sağa (+) veya sola (-) doğru sapar, kalın tabakalar karşısında bu sapma artık sabit bir değere ulaşır ki bu değer kum hattı olarak tanımlanır. Eğer formasyon suyu tuzluluğu çamur filtresinin tuzluluğundan fazla ise sapma sola doğru olur. SP ölçümü mili volt olarak yapılır. Şekil 3.31.'de kil baz çizgisi değişimi gösterilmiştir.

Kuyuda iletken çamur olmaması halinde SP logu alınamaz. Çünkü bu durumda SP elektrotu ile formasyon arasında elektriksel süreklilik sağlanamaz. Ayrıca formasyon suyu rezistivitesi ile çamur filtresinin rezistivitesi birbirine eşit olursa da SP sapması gözlenemez (Sahin, A. 2006). SP logunun kullanıldığı yerler:

1- Poroz ve permeable tabakaların belirlenmesinde,
2- Tabaka sınırlarının belirlenmesinde,
3- Litoloji bulunmasında,
4- Formasyon suyu rezistivitesinin (Rw) bulunmasında kullanılır



Şekil 3.31. Doğal Potansiyel Logu (Gündoğdu, Y. 2003)

3.6.1.2. Rezistivite Logu

Formasyonların elektrik akımına karşı göstermiş oldukları görünür direnci (rezistivite) ölçme esasına dayanan bir logdur. Rezistiviteyi etkileyen faktörler şunlardır: Formasyonun rezistivitesi, rezistivitesi ölçülen birimlerin alt ve üstündeki birimlerin rezistivitesi, formasyon kalınlığı, formasyon çamurunun rezistivitesi, kuyu çapı, çamur istila zonunun rezistivitesi gibi faktörler rezstiviteyi etkiler.

3.6.1.3. Rezistivite Logu ve Yorumu

Katı kayalar, içerisinde tatlı su, petrol veya gaz bulunduran gözenekli kayalarda olduğu gibi yüksek elektrik rezistivitesine sahiptir. Şeyl ve tuzlu su içeren gözenekli kayalar ise çok düşük rezistiviteye sahiptir. Bu rezistivite değerlerine bakılarak formasyon içerisindeki birim hakkında değerlendirmeye gidilir.

3.6.1.4. Sondaj Çamurunun Rezistiviteye Etkisi

Sondaj çamurunun görevlerinden biri geçirgen formasyonlardan kuyu içerisine akışkan girmesine engel olmaktır. Kuyu içerisindeki çamur, kuyu çeperlerine yapışarak çamur pastası (mud cake) denilen bir sıva oluşturur. Çamur formasyon içerisine de girerek, formasyon içerisindeki orijinal sıvı veya gazı öteler. Bu nedenle, çamurun nüfuz ettiği zonun rezistivitesi ile çamurun ulaşamadığı yerin rezistivitesi farklıdır. Bazen de bu ikisi arasında bir geçiş zonu oluşur. Çamur tarafından istila edilen zonun rezistivitesi Rxo ile gösterilir ve bu mikro rezistivite logu ile ölçülür. Rezistivite ve SP logu birlikte alındığında petrollü zonların tespit edilmesi daha kolay olur.

3.6.2. Radyoaktivite Logları

Kayaların radyoaktiviteleri arasındaki farklardan yararlanarak hazırlanan log türüdür.

3.6.2.1. Gamma Ray Logu

Kayaların radyoaktiviteleri arasındaki farklardan yararlanarak hazırlanan bir logdur. Gamma logları, kayalardaki radyoaktif maddelerin bozunması sonucu açığa çıkan gamma ışınlarını API derecesi cinsinden ölçer. Kayalardaki en yaygın radyoaktif element potasyumdur.

Organik maddeler bünyelerinde uranyum ve toryum biriktirirler. Bu nedenle petrol ana kayaları, petrollü şeyler ve algli kömürler radyoaktiftir. Gamma logu, kuyu çapından etkilenen bir log olduğu için kuyu çapını ölçen kaliper logu ile birlikte kullanılır. Gamma logu muhafaza borusu döşenmiş kuyularda da kullanılabilir. Gamma logunun kullanıldığı alanlar: Litolojik ayırım, rezervuarların şeyl veya kil oranlarının belirlenmesi, kuyu korelasyonu yapılırken kullanılır.

3.6.2.2. Nötron Logu

Nötron log alımı esnasında formasyon radyoaktif bir kaynak tarafından nötron bombardımanına tutulur. Bu bombardıman sonucunda içerisindeki hidrojen miktarına bağlı olarak kayadan gama ışınları çıkar ve bunlar sonda üzerindeki bir alıcı vasıtası ile kaydedilir. Hidrojen, formasyon içerisindeki minerallerde bulunmamasına karşılık bütün formasyon sıvılarında (petrol, gaz, su) mevcuttur. Bu nedenle nötron bombardınmanına kayanın vereceği tepki doğrudan kayanın gözenekliliği ile ilgilidir. Nötron logu da kuyu çapından etkilendiği için kaliper logu ile birlikte değerlendirilir. Nötron logu kireçtaşı (LPU) veya kumtaşı porozite birimi (SPU) olarak ölçülür.

3.6.2.3. Yoğunluk Logu

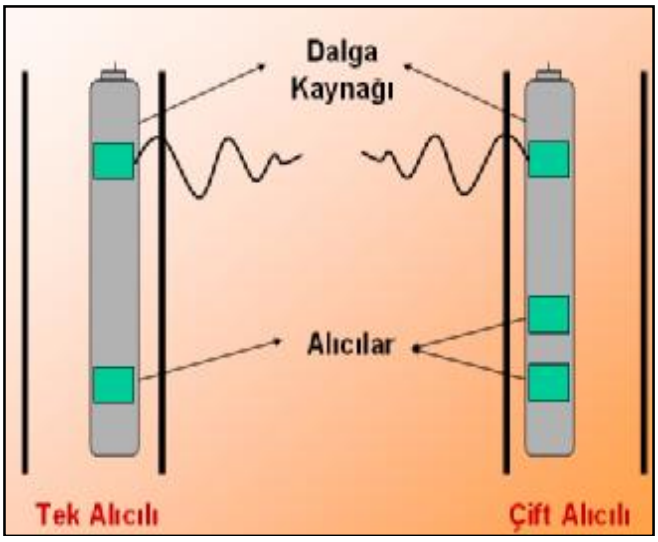
Gamma ışınlarının formasyon içerisine gönderilip geri dönen miktarın ölçülmesi esasına dayanan bir radyoaktivite logudur. Gamma-gamma aleti yardımı ile ölçülür.

Gamma ışınlarının geri dönme miktarı formasyon içerisindeki atomların elektron yoğunluğu ile bu da formasyonun asıl yoğunluğu ile ilgilidir. Formasyon içerisinde gaz bulunması yoğunluğu düşürür, yüksek porozite değeri verir.

3.6.2.4. Sonik Log

Sonik log, en basit şekliyle sonik aleti, ses sinyalleri üreten bir kaynak ile bu sinyali formasyondan dönerken kaydeden bir alıcıdan ibarettir. Sonik logu, ses dalgalarının formasyonun 1 foot uzunluğundan geçmesi için gerekli zamanın derinliğe göre kaydıdır. Geçiş zaman aralığı olarak bilinen DT, sesin bir ortamdaki yayılma hızının tersidir. Bir formasyonun DT si o formasyonun porozitesine bağlıdır. Dolayısı ile porozite ne kadar çok ise okuma o kadar yavaş olacaktır. Sonik logun kullanıldığı yerler:

1- Su doygunluklarının hesaplanabilmesi için porozitenin bulunmasında,
2- Litolojinin belirlenmesinde,
3- Gazlı zonların belirlenmesinde,
4- Sismik değerlendirmelerde kullanılmak üzere; formasyon hızlarının belirlenmesinde,
5- Çatlakların belirlenmesinde ikincil porozite bulunmasında kullanılır.



Şekil 3.32. Sonik Logu (Gündoğdu, Y. 2003. Kuyu Logları ve Uygulama Alanları)

3.6.2.4.(1). Sonik Logunun Yorumu

Sonik logu kayıtlarında, alıcıya ilk ulaşan ses sinyali göz önüne alınır. Ses dalgaları en hızlı bir kesif bir matriks içinde ilerleyebildiğinden, sonik logu ile matriks porozitesi (birincil porozite) hesaplanır.

Sonik vericilerden, sıra ile değişen ses dalgaları yayılır ve yayılan bu ses dalgalarının DT değerleri sıra ile bir çift alıcı tarafından kaydedilir. İki ayrı alıcı setinde okunan DT değerleri, yüzeydeki bilgisayar tarafından otomatik olarak ortalaması hesaplanarak kayıt edilir (Sünnetçioğlu ve Sefunç, 2008).

3.6.2.5. Porozite Logları Kombinasyonu

Formasyonun porozitesini belirlemeyi amaçlayan elektrik, radyoaktivite ve akustik loglar formasyon porozitesinin yanısıra litoloji, kil ve gaz içeriğinden etkilenirler. Bu nedenle tek başlarına kullanılmaktan çok birarada kullanıldıklarında daha doğru sonuçlar verirler. Örneğin gaz zonlarında nötron logu çok düşük porozite değerleri verirken yoğunluk logu çok yüksek porozite değeri vermektedir. Bu farklı porozite değerleri birlikte değerlendirilerek bir avantaja dönüştürülebilir.

3.7. Sismik Verilerin Avantajları ve Dezavantajları

3.7.1. Sismik Verilerin Avantajları

1- Sismik hız parametresini ölçerek çalışır, hem yanal hem de düşey süreksizliklerin saptanmasında iyi sonuç verir.
2- Yeraltı yapılarının ayrıntılı olarak ortaya çıkartılabilmesini sağlar.
3- Karada ve denizde kolay uygulanabilir olması önemli bir avantajdır.
4- Hidrokarbon yataklarının belirlenmesinde en etkin yöntemlerin başında gelir.

3.7.2. Sismik Verilerin Dezavantajları

1- Sismik veriyi toplamanın maliyeti, diğer jeofizik yöntemlerle kıyaslandığında yüksektir.
2- Toplanan verinin işlenmesinde ve değerlendirilmesinde deneyim ve zaman unsurları büyük önem taşır.
3- Verinin fazla olduğu durumlarda gelişmiş bilgisayar sistemlerine, diğer jeofizik yöntemlere oranla daha çok ihtiyaç duyulur.
4- Sismik yöntemlerde kullanılan takım çoğu kez diğer jeofizik yöntemlerinde kullanılanlara kıyasla pahalıdır.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Çalışma alanı olan Adana ilinin 16 km güneyinde bulunan Sıraseki bölgesinde sismik yansıma yönteminin uygulanmasında paremetre seçimleri yapılmış buna göre arazide sismik hatların yerleri belirlenmiş ve sismik veriler araziden elde edilmiştir. Lokasyon haritasında da görüleceği üzere toplam 15 adet sismik profil elde edilmiştir. Bu çalışma, araziden sismik verilerin elde edilmesi, sismik-veri işlem ve son olarakda sismik kesitlerin jeolojik yorumu olmak üzere üç aşamada gerçekleşmiştir. Arazide belirli aralıklarla dizilen jeofonlar ve bunlara bağlı kayıt cihazları tarafından kaydedilen sismik veriler bilgisayar programları (Kingdomsuit) yardımıyla işlenerek çeşitli yan etkilerden arındırılarak, kalitesi artırılmıştır ve kesitler halinde çizilmişlerdir. Elde edilen kesitler mevcut yüzey ve kuyu jeolojisi verilerinin yardımı ile yorumlanmıştır. Çalışılan sahanın Çukurova Bölgesi'nde olmasından dolayı, çalışma esnasında birçok zorlukla karşılaşılmıştır. Bu zorluklardan en önemlisi ekili ve dikili alanların fazla olmasıdır. Bölge ekonomisinde önemli bir yer tutan tarım alanlarının çok geniş olması çalışmaları etkilemiştir. Bu araştırmalar sonucunda elde edilen tüm veriler çalışma sahasında petrol jeolojisi açısından önemli birimler olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma alanı içerisinde daha önce TPAO tarafından yapılmış olan petrol amaçlı açılan sondajlara ait log verilerinden de faydalanılmıştır. Sıraseki çalışma sahasında yapılan sismik yansıma çalışmasında belirli parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler bölgenin jeolojisi incelenerek araştırma derinliğine ve jeofizik ölçümlere bağlı olarak testlerle belirlenmiştir. Çünkü parametre seçimi direkt olarak sismik kaliteyi etkilemektedir. Doğru sismik yorum ile de sismik kalite arasında doğrusal bir ilişki vardır.

Adana Sıraseki bölgesinde yapılan bu çalışmada elde edilen sismik hatların isimleri ve konumları, çalışma sahasında araştırma yapan özel petrol şirketinin prensipleri gereği verilmemiştir.

4.1. Parametre Seçiminde Dikkate Alınması Gereken Faktörler

İki boyutlu sismik veri toplama dizaynındaki temel uygulamalar üç boyutlu veri toplama çalışmaları için yapılan hazırlıklarda da geçerlidir.

Sismik veri toplamada maliyetin yüksek olması nedeniyle arzu edilen sismik kaliteyi elde etmek için program dizaynına ve parametre seçimine daha fazla önem verilmelidir.

Serim boyu (en uzak ve en yakın offset), dinamit miktarı, vibratör gücü, sweep tipi, örnekleme aralığı, kayıt filtreleri, jeofonlar, katlama sayısı ve minimum migrasyon boyu önemli kayıt parametreleridir (Sakallıoğlu, 1992).

4.1.1. İlgilenilen Yapıların Tipi ve Özellikleri

Hedef seviyelerdeki jeolojik yapıların tipi ve özellikleri çözüm bekleyen sorunların başında gelmektedir. Bu sorunu ancak seçeceğimiz parametrelerle çözmeye çalışırız. Eğer yapı geniş bir antiklinal ise yansımaların yanal yönde devamlılığını sağlayacak parametreleri seçmeliyiz. Eğer hedef seviye stratigrafik ise (ince bir kum mercegi, kamalanma veya küçük bir faya yaslı kapan ise) bu durumda sismik yanal ayrım gücünün önemi artmaktadır. Bu koşullarda sismik veri toplama çalışmalarına başlamadan önce yapılacak çalışmanın yapısal mı yoksa stratigrafik amaçlı mı olduğuna bakılarak parametre seçimi yapılmalıdır (Sefünç, 2006).

4.1.2. En Sığ ve En Derin Hedef Seviyeler

En sığ ve en derin hedef seviyeleri belirlemek kolay gibi görünse de, bazen beklenmeyen jeolojik seviyelerin konumu bizi olumsuz etkileyebilir. Örneğin Wrench oblik fay fayın her iki tarafında hedef olan formasyonun derinliği farklı olabilir. Bu tür durumlarda en derin hedefe göre parametre seçilmelidir.

4.1.3. Hedef Seviyelerdeki En Büyük Eğim

Hedef seviyelerin en büyük eğimi; grup aralığı, migrasyon işlemi için en kısa profil boyu, profilin yönü ve kayıt geometrisi açısından oldukça önemlidir. Eğimler genellikle daha önceki sismik kesitlerden ve kuyu eğim loglarından hesaplanarak tanımlanabilir.

4.1.4. İstenen Yatay ve Düşey Ayrımlılık

Yansımalı sismik yöntemde yanal ve düşey ayrımlılığın yüksek olması istenir. Öncelikle ilgilenilen yapı tipinin saptanması gerekir. Arama yapacağımız yapı tipi;

a. Yapısal ise; yansımanın devamlılığının önemi büyüktür.
b. Stratigrafik ise; yatay ve düşey ayrım gücüne ihtiyaç vardır.

Hedef derinliği sığ ise; yatay ve düşey ayrımlılık için şarj miktarı ve grup aralığının önemi büyüktür. Düşük sarj (düşük miktarda dinamit veya vibroda geniş sweep frekans bandı) ile üretilen yüksek frekanslar ile sığ seviyeler için yatay ayrım gücüne ulaşılabilir. Düşey ayrım gücü için yüksek şarj kullanımına ihtiyaç vardır. Ancak yüksek şarj ile frekans düşer. Bu durumda ancak derinlerde yer alan yapısal kapanlar tanımlanabilir.

Ayrım gücünü etkileyen faktörler;

- Sismik enerji kaynağının frekans içerigi,
- Düşük hız zonunun kalınlığı,
- Yüzey litolojisi (bazalt, kireçtaşı vb.),
- Statik uygulamaları (yığma etkisi),
- Sahadaki en büyük eğim

Hedef derinlikte kaydedilen en yüksek frekans 30 Hz. Ortalama Hız 3000 m/sn ise grup aralığını 15 m seçmenin önemli bir avantajı olmayacaktır. Çünkü bu şartlarda düşey ayrım gücü 25 m'dir. Yani dalga boyunun ¼'ü kadar olacaktır.

4.1.5. Özel Gürültü Problemleri

Sinyal/Gürültü oranı, verideki ayrım gücü ile ilişkilidir. Uzun jeofon düzenleri, uygun dinamit miktarları, katlama sayısının arttırılması, jeofon grubu başına daha fazla jeofon sayısı, kısa grup aralığı ve derin açılmış atış kuyuları, çeşitli gürültü problemlerini çözmede ve sinyal/gürültü oranını arttırmada oldukça önemlidir. Gürültü problemlerinin önemli bir kısmını saha parametreleri ile elimine etmek mümkündür.

Yüksek sarj miktarları, katlama sayısının arttırılması, kısa grup aralığı ve derin atış kuyuları, çeşitli gürültü problemlerini çözmede ve sinyal/gürültü oranını arttırmada oldukça önemli rol oynarlar. Sahadaki uygulamanın yanında veri işlem merkezlerinde de uygulanan proseslerle sinyal/gürültü oranı arttırılabilir.

4.1.6. Saha Şartları ve Lojistik Sorunları

Sahanın lojistik şartları, topografyası, yüzey jeolojisi saha parametrelerini etkiler. Zor saha şartlarında konvansiyonel sismik ekipmanlardan farklı olarak portatif ve pratik kullanımı olan ekipmanlar da düşünülmeli ve saha parametreleri bunlara göre düzenlenmelidir. Eğer arazi şartları çok zor ise portatif, daha pratik, kolay kuyu delme (sığ kuyular) yöntemlerine başvurulur. Fazla engebeli alanlarda arzu edilen jeofon düzeni uygulanamayabilir. Sahanın kötü şartları nedeniyle bazen profil yönü, profiller arasındaki uzaklık, katlama sayısı, kayıt geometrisi gibi önemli parametreler istenilen şekilde dizayn edilemeyebilir (Sefunç, 2006).

4.1.7. Sığ ve Derin Hedeflerde Ortalama Sismik Hızlar

En sığ ve en derin hedef seviyelerdeki ortalama hızları belirlerken sahada daha önce açılmış kuyu hız bilgilerinden ve sahada daha önceden yapılmış sismik kesitlerin yığma (stack) hızlarından faydalanabiliriz. Hedef seviyeler için belirlenen hızlar; uzak-yakın açılım, grup aralığı ve jeofon düzeni gibi parametrelerin saptanmasında önemli parametrelerdir.

4.1.8. Enerji Kaynağı

Kara sismik aramalarında genelde iki çeşit enerji kaynağı kullanılır. Bunlar dinamit ve vibrosismiktir. 1980'li yıllara kadar yaygın olarak kullanılan dinamit 1980 sonrasında yerini vibrosismik çalışmalara bırakmaya başlamıştır. Teknolojide meydana gelen gelişmelerde vibronun kullanılmasını yaygınlaştırmaktadır.

Enerji kaynaklarının içinde vibrosismik yöntemi dinamitten ayıran en önemli özelliği impalsif olmamasıdır. Belirli bir süre belli frekans aralığının üretilmesi özellikleriyle impalsif enerji kaynaklarından ayrılır. Ayrıca giriş sinyalini yere ileten vibratörlerin hareketli oluşu, saha uygulamasında etkinligi ve çabukluğu en önemli özelliğidir. Sinyal/Gürültü oranının arttırılmasında enerji kaynağı düzeni de alıcı düzeni kadar etkin olarak kullanılmaktadır. Buna rağmen enerji kaynağı seçiminde belirleyici olan yüzey formasyonu ve hedef derinliktir. Bu seçimde;

a. Geniş dere ve nehir yatakları, yüzeyin konglomera veya kalın alüvyon tabakası ile kaplı olması halinde enerji kaynağı olarak vibrosismik seçilmelidir. Çünkü bu tip yerlerde açılan kuyuların sondaj zorluğu nedeniyle sığ olması ve dinamitin düşük hız zonu içinde kalması yüzey dalgasına neden olacağından sinyal/gürültü oranı düşük olacaktır.
b. Yüzeyin yüksek hızlı formasyonlarla (kireçtaşı, bazalt, allokton, vb) kaplı olduğu alanlar da her iki enerji kaynağı da kullanılabilir. Formasyonların kalınlığı ve jeolojik özelliği enerji kaynağını belirlemede önemli bir etkendir. Örneğin kalınlığı 300 m' den fazla olan allokton, bazalt ile kaplı alanlarda enerjinin derinlere gitmesi için derin kuyu yüksek şarj (dinamit) tercih edilir. Yüzeyin kireçtası, Bazalt ile kaplı olduğu alanlarda formasyon kalınlığının 300 m'nin altında olması halinde vibrosismik alansal enerji kaynağı olma özelligi dinamite sismik kaliteyi artırıcı üstünlük sağlar. Enerji kaynağı seçiminde yapılan çalısmanın ekonomik boyutu da dikkate alınmalıdır.

4.2. Saha Kayıt Parametreleri

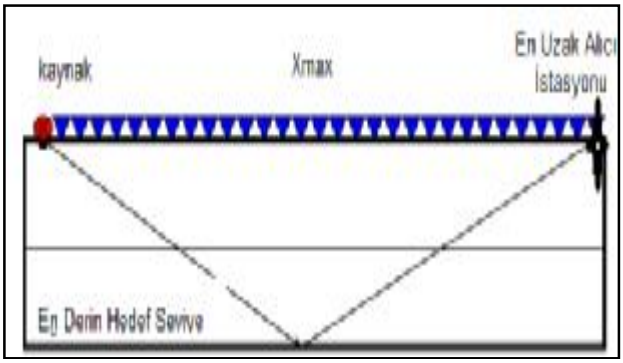
Sismik yöntemlerde temel amaç; petrol, gaz, kömür vb gibi yeraltı kaynaklarını içerebilecek ham kapanları bulup ortaya çıkarmaktır. Buna en uygun yöntem yansıma (reflection) sismiğidir. Yöntemin amacı, aynı yansıma noktasına gelen izlerin bir araya toplanarak yeraltında akustik empedans farklılığı gösteren jeolojik olayların tespitini sağlamaktır.

Yansıma sismiği yapmak için öncelikle hammadde kapanımı verebilecek olan sahalar tespit edilir ve bu bölgeye sismik profiller atılarak arazi çalışmaları yapılır. Sismik yansıma yöntemine başlamadan önce gürültü testleri, atış ve kayıt mesafeleri, alıcı ve atış düzenleri, uygun enerji kaynağı tespiti gibi çalışmalar önceden tespit edilmelidir.

Sismik veri-işlemlerde amaç sıfır ofsetli sismik kesitleri elde etmektir. Arazide sıfır ofsetli veri toplanamadığı için bunun veri-işlemle elde edilmesi mümkündür. Sismik veri-işlemlerde kolaylık sağlamak için en kaliteli verilerin alımı çok önemlidir. Amaç en kaliteli veriyi en ekonomik şekilde kayıt edebilmektir. İşte bu kaliteli verileri almak için arazide verileri toplamadan önce hesaplanması gereken belli başlı saha parametreleri vardır. Arazi parametreleri belirlendikten sonra, kayda alınarak bu kayıtlar manyetik bantlara veya belleklere depolanır. Daha sonra depolanan bu veriler, yoruma hazır hale getirilmek için veri-işlem merkezine gönderilir.Arazide en kaliteli veriyi toplayabilmek için verileri toplamadan önce hesaplanması gereken belli başlı saha parametreleri ise şunlardır:

4.2.1. Uzak Açılım

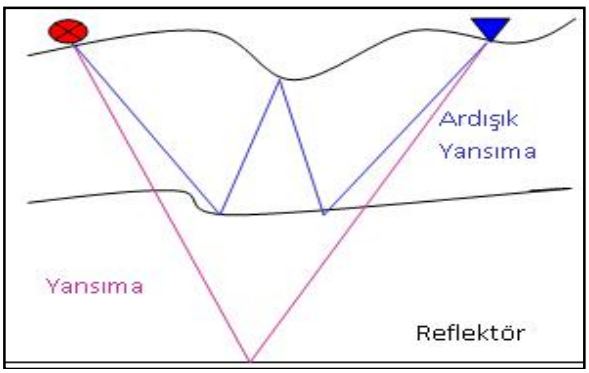
Sahada jeofon seriminin uzak açılım veya uzak iz mesafesi öyle seçilmeli ki, o iz üzerindeki ön mute zonunun hemen altındaki önemli yansımalar kaydedilebilsin. Eğer açılım çok küçük ise; birincil ve ardışık yansımalar arasındaki NMO farkı olabildiğinden daha az olacaktır. Bu durumda ardışık yansımaların sönümlemesi olmayacaktır**.** Şekil 4.1'de uzak açılıma bağlı hedef derinlik kaynak ve alıcı düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Uzak açılıma bağlı hedef derinlik (Küçük, 2006)

4.2.1.1. Ardışık Yansımaların Sönümü İçin Uzak Ofset

NMO düzeltmesi yapılmış CDP toplamasına yığma işlemi yapıldığında ardışık yansımalar fazın dışında kalacağından sönümleecektir. Ardışık yansımaların sönümünden emin olmak için; uzak izdeki (Xmax) ardışık yansıma ile en yakın izdeki (Xmin) ardışık yansıma, en az bir ardışık yansıma periyodu (Tm) kadar fazın dışında olmalıdır. Bu Xmax'ın minimum değerini belirler. T_o değeri için Xmax'ın bir aralığı olmalı ki ardışık yansımalar sönümleşsin ve aralık ardışık yansımaların spektrumuna karşılık gelecektir.



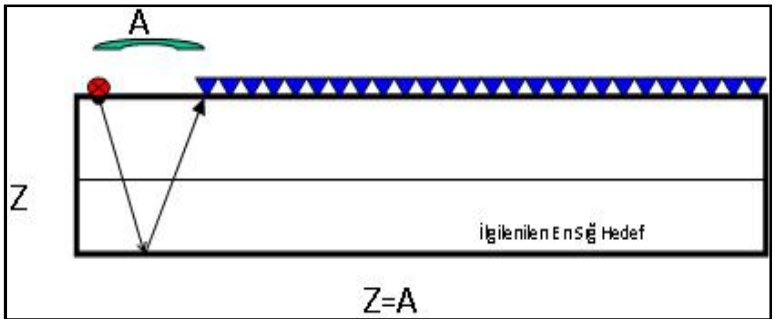
Şekil 4.2. Ardışık yansımalar

Uzak açılım; sığ yansımalarda aşırı NMO gerilmesine neden olmayacak kadar kısadır. En derin hedef seviyede bile ardışık yansımaların yığma işlemi ile sönümünü sağlayacak kadar uzundur.

Hız analizinde doğru yığma hızının seçilmesine olanak tanıyacak kadar uzundur. Gereğinden fazla uzak açılım; Sığ seviyelerde CDP kaybına, düşük frekans artımına ve ayrımlılığın azalmasına, uzak açılımdaki jeofonlara geliş açıları ile varan P dalga modlarının düşey bileşenlerinin önemli oranda küçülmesine neden olur.

4.2.2. Yakın Açılım

Kaynaktan, en yakın jeofon grubuna olan mesafe, yakın açılım olarak bilinir. Şekil 4.3.'de yakın açılım ve ilgilenilen en sığ hedef düzeneği gösterilmiştir. Bu mesafe ilgilenilen en sığ yansımaların kaydedileceği seviyenin derinliğini geçmemelidir. En kısa yakın açılım sığ yansımalar üzerinde daha fazla CDP-fold sağlayacaktır. Böylece, genel kural olarak, yakın açılım mümkün olduğu kadar çok kısa olmalıdır. Bazı kayıtlarda, kaynağa yakın olan izler, atıştan kaynaklanan gürültülerden etkilenir ve oldukça gürültülü oldukları gözlenir. Bu durumda bile yakın izlerin, uzak açılımda kaydedilmiş izlerden daha faydalı olacağı bilinmelidir. En sığ jeolojik seviyelerin tariflenebilmesi için mümkün olduğu kadar kısa, yansımaların yüzey dalgalarından etkilenmeyeceği kadar uzun, sığ reflektörlerden yüksek sayıda CDP kaydedebilecek kadar kısa olmalıdır.



Şekil 4.3. Yakın açılım (Küçük, 2006)

4.2.3. Grup Aralığı

Örnekleme teoremine göre Band Sınırlı fonksiyonlardan, eğer mevcut en yüksek frekans için her bir devirde en az iki örnek alınmış ise, bu fonksiyonlar eşit olarak aralıklandırılmış verilerden yeniden inşa edilebilir.

CDP yönteminde yeraltı, grup aralığının yarısında örneklenmektedir. Böylece en küçük dalga boyu, grup aralığına eşit olarak yeniden elde edilebilir. Minimum dalga boyu bileşeni bir yansımanın hızının frekansa bölünmesi ile belirlenir. Minimum dalga boyu, görünür eğimin en fazla olduğu durumlarda meydana gelir ki; görünür hız bu durumda en düşük ve frekans bileşeni en yüksektir.

Sismik veri-işlemde yığma kesitini düzenli migrasyon yapabilmek için, verilerin yatay dalga boyları yeterli miktarda ve düzenli olarak örneklenmiş olmalıdır. Yani grup aralığı öyle seçilmeli ki migrasyon için yeterli örnekleme sağlanmış olmalıdır.

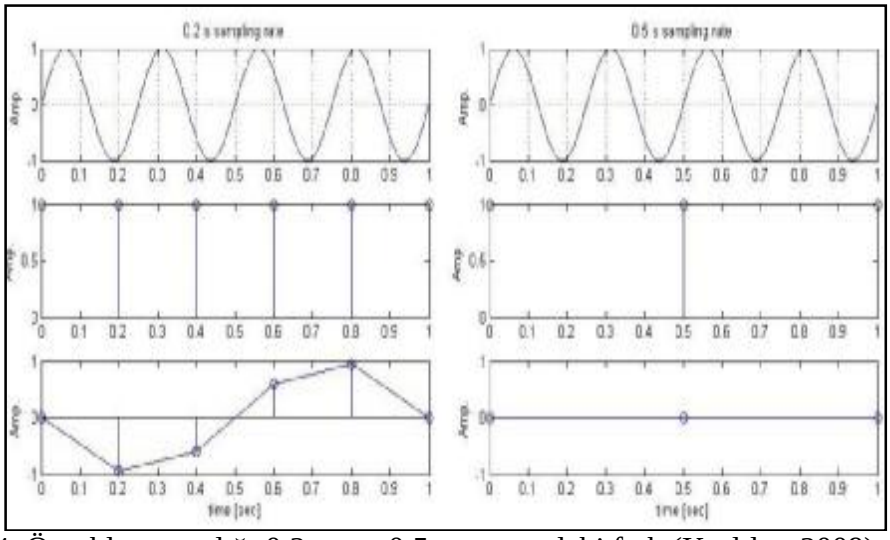
Eğimli arazide, yükseklik farkları ani değişeceğinden bir grup aralığı içerisindeki her bir jeofona gelen sinyaller arasında zaman farklılıkları olur, bu durumda sinyallerin yüksek frekanslı bileşenleri sönümleşmiş olacaktır. Bu koşullarda grup aralığı yeteri kadar kısa olmalıdır ki, jeofon istasyonunda her bir jeofona varış zamanı arasında 1 ms'den fazla farklılık olmasın. Kayıt kanallarının mininum sayısı, kablo boyunun grup aralığına bölünmüş olmasıyla ilgilidir. Eğer kayıt cihazının kanal sayısı çok fazla miktarda ise daha kısa grup aralıkları tavsiye edilir. Düzenli gürültüler ciddi bir sorun teşkil ederler, bunları sönümlemek için çok noktalı alıcı düzenleri kullanılabilir.

Söndürülmek istenen dalga boyuna bağlı olarak çok noktalı düzenlerin parametreleri seçilir. Çok noktalı alıcı düzenleri, birçok noktaya yerleştirilen alıcıların birbirine bağlanarak tek çıkış elde edilmesi şeklindedir. Bir alıcı düzeninin belirli bir yönde yayman gürültüyü sönümleyebilmesi için o yöndeki alıcı düzeni boyunun gürültü dalga boyundan büyük olması gerekir.

4.2.4. Örnekleme Aralığı

Verideki, frekans katlaması olayını önlemek için kullanılan High-cut filtreyi kontrol eder. High-cut filtre yeteri kadar yüksek olmalıdır ki; hedef seviyedeki yansımalarda arzu edilen en yüksek frekans sönümleşmemiş olsun (Şekil 4.4.).

En yüksek frekans, arzu edilen düşey ayrımlılık için beklenilen frekanstır veya belirli bir derinlikte verinin kaydedilebilir maximum frekansıdır.



Şekil 4.4. Örnekleme aralığı 0.2 sn ve 0.5 sn arasındaki fark (Kaşlılar, 2009)

4.2.5. Kayıt Uzunluğu

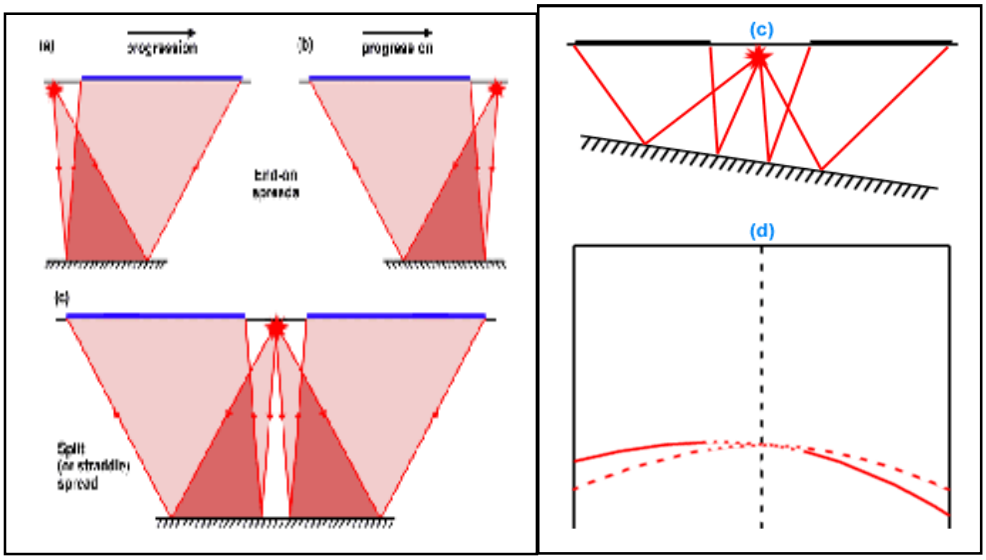
Kayıt uzunluğunda dikkat edilmesi gereken faktörler vardır. Bunlar:

1- En derin yansımalardan daha derinde kayıt alabilecek kadar uzun olmalıdır.
2- İlgilenilen en derin hedefe sağlıklı migrasyon uygulamak için uzun olmalıdır.
3- Kanal sayısı ve örnekleme aralığı dikkate alınarak ekonomik bir kayıt uzunluğu seçilmelidir.

4.2.6. Kayıt Geometrisi

Kayıt cihazının kanal sayısı çok fazla ise Split-Spread atış geometrisi yapılmalıdır. Split-Spread atış geometrisi, atış noktalarına göre simetrik olmak zorunda değildir. Atış noktasının bir tarafındaki kanalların sayısı hedef derinlik göz önüne alınarak en uzak açılım kadar olmadır. Diğer kanallar ise atışın diğer kısmına serilir. Split-Spread atış geometrisi off-end atıştaki avantajların hepsine sahiptir. Yeraltındaki hedef seviyenin eğim yönüne bağlı olarak jeofon serimini atışın önüne ve arkasına serip iterek veya çekerek kayıt almak mümkündür.

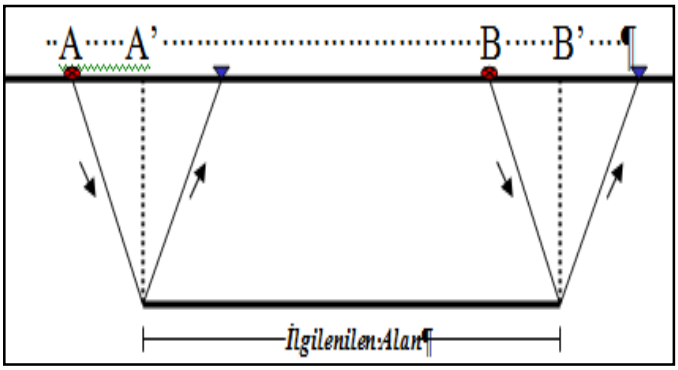
Yeni çıkan kayıt aletlerinin kanal sayısı çok fazla olduğu için hedef seviyenin eğim yönüne bakmaksızın split-spread atış yapılarak kayıt alınmaktadır. Aşağıdaki şekilde eğim yukarı ve eğim aşağı kayıt geometrisi izah edilmiştir.



Şekil 4.5. Kayıt geometrisi (Güreli, 2008)

4.2.7. En Kısa Profil Boyu

En kısa profil boyunu belirlemek ve başlangıç ve bitişte yeterli katlama için ilgilenilen alanın sınırları belirlenir. Uzak açılımın yarısı kadar her iki uca jeofon serimi yapılır. Her iki uçtaki ilave atışların sayısı ise CDP-Fold olarak hesaplanabilir.



Şekil 4.6. En kısa profil boyu (Güreli, 2008)

4.2.7.1. Kısa Atılmış Profillerin Neden Olduğu Sonuçlar

Sismik yöntemlerde kısa atılmış profiller yeterli veri toplanamadığı için bazı problemlere yol açabilir. Bu problemler;

1- Daha fazla ardışık yansıma, gerçek yansımaların yanlış yorumlanması
2- Sismik kesitteki jeolojik yapılarda bozukluklar
3- Kesitlerde fayların yansımaları kestiği yerlerin iyi gözlenememesi
4- Resif, kum mercekleri ve stratigrafik kapanların sınırlarının iyi belirlenememesine sebep olabilir.

4.2.8. Profil Yönü ve Doğrultusu

Arazide ölçüm almadan önce profil yönünü belirlerken dikkatli olmak gerekmektedir. Eğim yönünde yapacağımız ölçüm bize avantaj sağlayacaktır. Eğim yönüne atacağımız profil ile;

1- Yapıların özellikleri daha doğru ve kolay belirlenir.
2- Güvenilir migrasyon yapılır.
3- Kolay ve güvenli yorum yapılabilinir.

Eğim yönüne dik ve açılı profilin ise;

1- Yorumu zor ve gerçek jeolojiyi yansıtmayan sismik olay,
2- Kesit düzleminin dışında gelen veriler (üçüncü boyut) ortaya çıkabilir.
3- Daha karmaşık jeoloji ile yorumlama zorlaşır.
4- Düzensiz migrasyon gibi sorunlarla karşılaşılabilinir.

4.2.9. Profiller Arası Uzaklık

Eğer fayın doğrultusu reflektörlerin doğrultusuna paralel ise, fayı doğru belirlemek için faya dik profiller atılmalıdır.

Dairesel bir özelliği (tuz domu vb) detaylandırmak için radyal profiller atılmalı veya 3D yapılmalıdır.

Kuyu bağlantısı için atılan açılı profiller, hatalı yoruma neden olurlar.

Antiklinal yapıların en üst sırtları ve fay hatları boyunca bağlantı profilleri atmaktan kaçınmalıdır.

Kontrol için eğime paralel bağlantı profilleri atılmalıdır. Kare yerine dikdörtgen gridleme tercih edilir. İlgilenilen jeolojik yapıların rejyonal jeoloji ile ilişkisini görmek için yeteri kadar uzun profiller atılmalıdır. İlgilenilen yapı üzerinde ve bağlantı yerlerinde yeterli katlama sayısını sağlamayan kısa profiller yapmaktan kaçınmalıdır. Detay sismik çalışmalar için: Eğim yönündeki profillerin dik yönündeki değişimlerin yeteri kadar örneklemek için eğim yönünde profiller birbirlerine yakın olmalıdır.

4.3. Sismik Profillerin Yerleştirilmesi ve Yönü

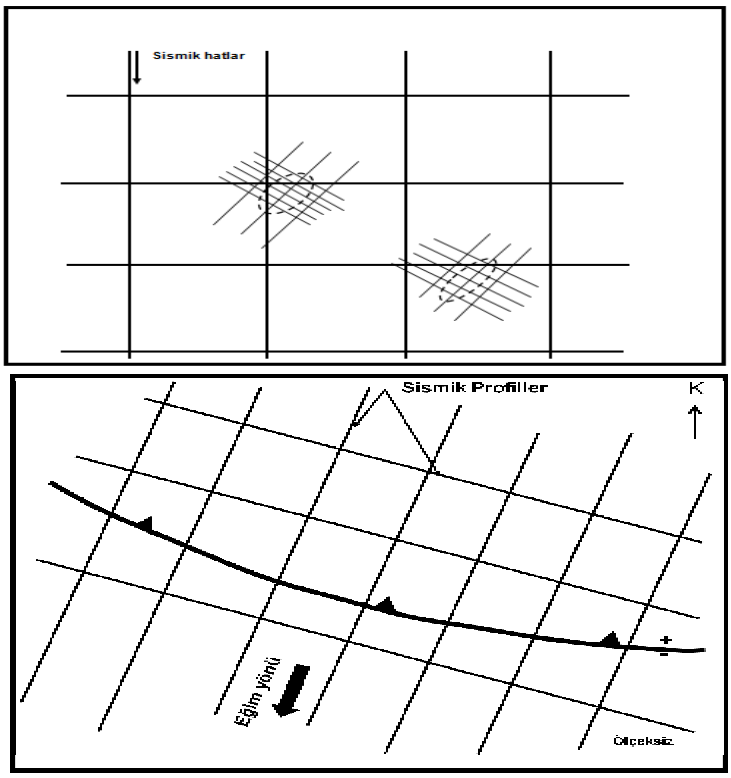
Sismik profilleri program haritasına yerleştirmeden önce çalışma yapılacak sahanın yer altı tektoniği, yüzey jeolojisi, aranan yapıların tipi ve özellikleri belirlenip sahanın egim yönü ve eğime dik doğrultuda yönleri belirlenmelidir. Yönü belli olan sahada iki boyutlu sismik çalışma yapılacaksa, ilgilenilen yapıların özelliklerini detaylandırmak için eğim yönündeki profiller arası birbirine yakın olmalıdır. Eğim yönüne dik yönden atılan hatlardan iki önemli bilgi sağlanır.

Birincisi, eğim yönündeki profiller birbirine bağlanır ve aralarında sismik korelasyon yapılır.

İkincisi ise bazı sahalarda eğimin yönü derinlik veya doğrultunun ani değisimi ile değiskenlik gösterir. Bu durumlarda eğim yönündeki hat ile buna dik yöndekihat arasındaki farklılıklar açık bir sekilde belirlenemeyebilir. Bu yüzden yeraltının daha sık ve dogru örneklenmesi için üç boyutlu sismik veri toplamanın daha faydalı olacağı kesindir.

4.3.1. İki Boyutlu Sismik Çalışmalarında Profil Doğrultusu Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler

Sismik çalışmalarda seçeceğimiz profil doğrultusu çok önemlidir. Yanlış seçilen profiller öncelikle fazla veri-işleme, yanlış yorumlamaya ve sonuç itibari ile hedefe ulaşamamaya sebep olur. Sismik çalışmalarda ve Petrol aramalarında işin ekonomik boyutu çok fazla olduğu için en doğru yöntemle ve en az risk alacak şekide çalışmak gerekmektedir. Bu yüzden sahayı iyi tanımalı jeolojiyi iyi araştırarak aşağıdaki maddeleride göz önüne alarak profil doğrultularımızı belirlemeliyiz.



Şekil 4.7. Sismik hat seçimine örnekler (Sefunç, 2011)

a. Fayların detaylı araştırılmasında çogu zaman sismik profiller faya dik yönde yerleştirilir. Sismik profillerin yeraltı yapısına göre yerleştirilmelerinde çoğu zaman tercih edilen yön, eğim yönüne paralel olandır. Böylece, yeraltındaki yapının özelliklerini belirleme olasılığı artar.

b. Eğim yönüne paralel hatlar, migrasyon işlemi daha doğru çalıştığından yapıların özellikleri daha net ve doğru tanımlanır. Eğim yönüne açılı grid aralığı olan oblik sismik profiller düzensiz migrasyona ve hatalı yoruma neden olur. Aynı zamanda açılı hatlar ile yapılacak olan sismik yorumda ciddi sorunlar ile karşılaşılır.
c. Yapıların eğimine, açılı olarak atılmış profiller, üçüncü boyut ve bu boyuttan gelen kırılma-saçılma bilgilerini kaydedeceklerdir. İki boyutlu sismik kesitlerde oldukça yanlış yorumlamalara sebep olan üçüncü boyuttan gelen yansımalar ancak üç boyutlu veri toplama sonucu elde edilmiş verilerin, üç boyutlu migrasyon işlemine tabi tutulması ile giderilmektedir. Yapıların eğimine açılı profiller ancak kuyular arası bağlantı amacıyla atılmalıdır
d. İlgilenilen yapıların rejyonal jeoloji ile olan ilişkisini ortaya koymak için yeteri kadar uzun profiller atılmalıdır. Kısa atılmıs profillerin migrasyon islemi sonucunda aranan yapıların bilgilerinin sismik kesitte toplanamadığı gözlenebilir. Bu tür olumsuzluklarla sismik program önerilirken çok sık karşılaşılır. Böyle bir durumda saha jeofizikçisi ve saha jeoloğu projeyi uyarlamalı ve yapılabilecek hataların teknik ve ekonomik yönlerini anlatmalıdır.
e. Dairesel özelliği olan yapıların (tuz domu veya çesitli yönlere egimli yapılar) detaylandırılması ve güvenli yorumu radyal olarak atılacak 2 boyutlu profiller veya 3 boyutlu sismik çalışmalar ile gerçekleştirilebilir.
f. Ormanla örtülü alanlarda çevreye zarar vermeden mevcut orman yollarını kullanarak kırıklı profiller atılabilir.
g. Sismik yorumda (özellikle fay korelasyonlarında) ve haritalanmasında sorun yaratacak olan profil gridlerinden kaçınılmalıdır.

4.4. Formasyon Değerlendirme

Sondajlardan edinilen bilgiler bir sahanın araştırılması ve geliştirilmesi açısından son derece önemlidir.

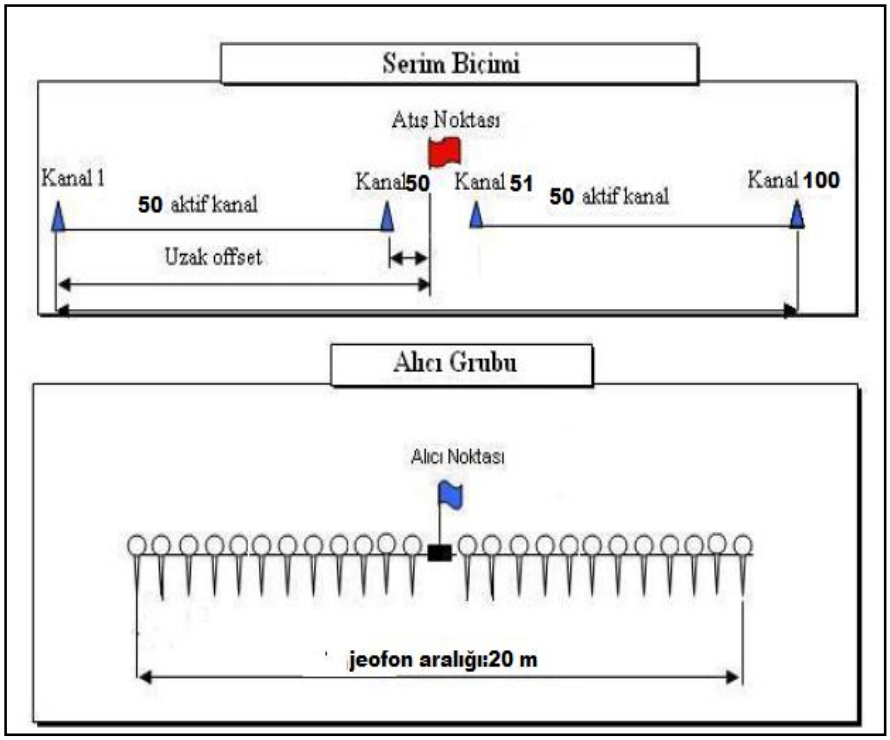
Kuyulardan gelen kırıntılar sürekli olarak incelenir ve gerekli yerlerden karot alınır. Karot alımı son derece pahalı olduğu için mecbur olunmadıkça bu yola gidilmez. Kesilen formasyonların değerlendirilmesi sondaj esnasında sürekli olarak ölçülen kuyu logları yardımı ile yapılır. Petrol sondajları esnasında alınan başlıca loglar: elektrik, radyoaktivite ve sonik loglardır.

Bu loglarla formasyonun litolojisi, porozitesi, permeabilitesi, basıncı, sıcaklığı, bulundurduğu akışkanın cinsi vb özellikleri belirlenir.

Sismik yansıma ölçümlerinde arazide kullanılan saha parametreleri aşağıda Tablo 4.1 de görülmektedir. Burada inilecek yeraltı derinliği, bölgenin jeolojisi ve aranılan malzemenin cinsi açısından seçilen parametre değerleri büyük önem arz etmektedir. Jeofon aralıklarını daha geniş tutmayarak daha detaylı sismik yansıma verileri elde edilmiştir. Böylelikle sismik kesitlerdeki yansımalar daha net görülmekte ve yansımaların sürekliliği takip edilebilmektedir. Çünkü yansıma şekillerine bakarak sedimantolojik ortamla ilgili yorum yapabilmekteyiz. Araziden daha detay bilgi almak için jeofon aralıklarının 20 m tutulması uygun görülmüştür Şekil de çalışma sahası olan Sıraseki bölgesinde sismik yansıma yönteminde kullanılan kayıt geometrisi ve jeofon diziliş şeması gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sıraseki çalışma sahasında kullanılan saha parametreleri

Yer Adı	Adana –Sıraseki bölgesi		
Sismik Ekip Adı	Sismik-4	Kaynak	Dinamit
Kayıt Formatı	SEGY	Atış Aralığı	40 m
Kayıt Geometrisi	Simetrik Atış	Şarj Miktarı	0,5 kg
Jeofon Aralığı	20 m	Sondaj Derinliği(m)	2
Katlama Sayısı	25=(Ks/2)*(GA/AA)	Kayıt Uzunluğu(s)	5
Kanal Sayısı	100	Örnekleme Aralığı(ms)	1



Şekil 4.8 Sıraseki çalışma sahasında uygulanan jeofon serim biçimi

Sismik program önerilen yerlerde topografya, nehirler, yerleşim merkezleri, otobanlar, askeri alanlar, orman, bataklıklar, vb nedenler ideal olarak önerilen sismik programın gerçekleştirilmesini engelleyebilir. Bu durumda topografın yapacağı ön arazi gezisiyle sismik hatlarda meydana gelen değişiklikler sismik yorumcuyla yeniden gözden geçirilmelidir.

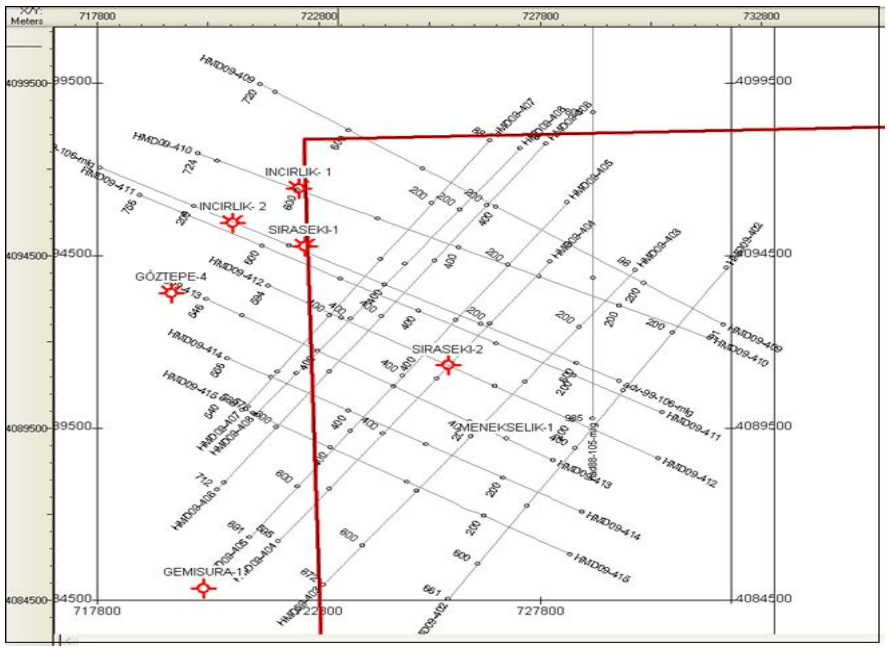
Ülkemizde yaygın olarak bulunan akarsu ve dere yatakları, sismik kaliteyi olumsuz yönde etkiler. Bu yüzden sismik hatlar akarsuların en dar olduğu alanlardan geçecek şekilde önerilmelidir. Genelde nehir yatağını kesen hatlar önerilirken eski akarsu yatağının yanal genişliğinin kaliteyi olumsuz etkileyeceği de dikkate alınmalıdır. Bu tür sahalarda dinamit yerine enerji kaynağı olarak vibronun kullanılması sinyal/gürültü oranını artıracaktır.

Sismik program önerilen alanlarda kuyu bilgisi yoksa sismik programlar yüzey mostralarına kadar uzatılmalıdır. Böylece jeolojik bilgiler sismik kesitlere taşınarak çalışma alanı hakkında ön yorum yapılabilir.

4.5. Sismik Verilerin Yorumu

Arazide sismik yansımada kullanılacak parametre seçiminden sonraki işlem, sismik verilerin elde edilmesi aşamasıdır. Sismik yansıma yöntemi çalışması üç aşamada yapılır; verilerin toplanması, veri işlem ve sismik verilerin yorumlanmasıdır. Yansıma yöntemi yeraltının 2 veya 3 boyutlu, ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılır.

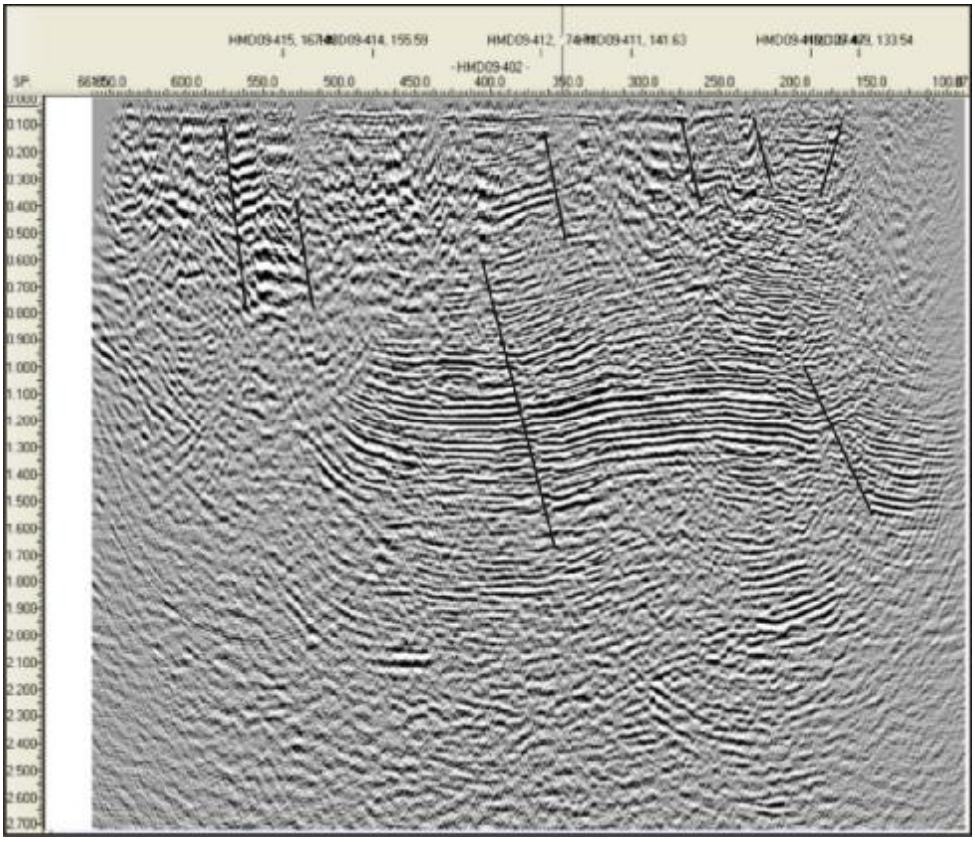
Çalışma sahasında 15 adet sismik profil elde edilmiştir. Lokasyon haritası Şekil 4.9 da görüldüğü gibidir.



Şekil 4.9. Sismik lokasyon haritası

Yansıtıcıların temel özelliği, yansıma kuvveti, polaritesi, karakteri, sürekliliği ve diğer yansımalarla olan ilişkisidir. Bunlardan ilk ikisi kayaçların doğal yapısı ile ilgilidir. Diğer üçü ise yansıtıcıların durumları, yayılma alanları, diğer bir deyişle stratigrafisine ait bilgiler taşırlar. Gaz veya sıvı hidrokarbonların ara yüzlerinden kaydettiğimiz yansımalar dışında, diğer tüm yansımalar litolojik değişimlerin neden olduğu akustik empedans farklılaşmaları ile ortaya çıkarlar. Yansıtıcıların temel özelliklerinden hiç birisi tek başına bir litolojiyi tanımamıza yetmez. Yorumlamada bu özelliklerin bir arada değerlendirilmesi gereklidir.

Sismik enerji, yeraltında yayılırken farklı akustik empedans (hız x yoğunluk) değerlerine sahip ve/veya tabaka dizilerini birbirlerinden ayıran yüzeyler, sismik refleksiyonların oluşmasına neden olmaktadır. Düşey kesitteki belirgin akustik empedans kontrastı, yeterli refleksiyon kat sayısının oluşumunu sağlamaktadır. Bu ise yüzeyden yeraltına gönderilen enerjinin bir kısmının böyle bir yüzeyden yansıyarak yeryüzüne geri dönmesine ve dolayısıyla ölçülebilmesine imkan vermektedir. Refleksiyon katsayısı yansımaya neden olan yüzeyin alt ve üstündeki tabakaların göreceli hız ve yoğunluk özelliklerine bağlı olarak pozitif veya negatif olabilmektedir.

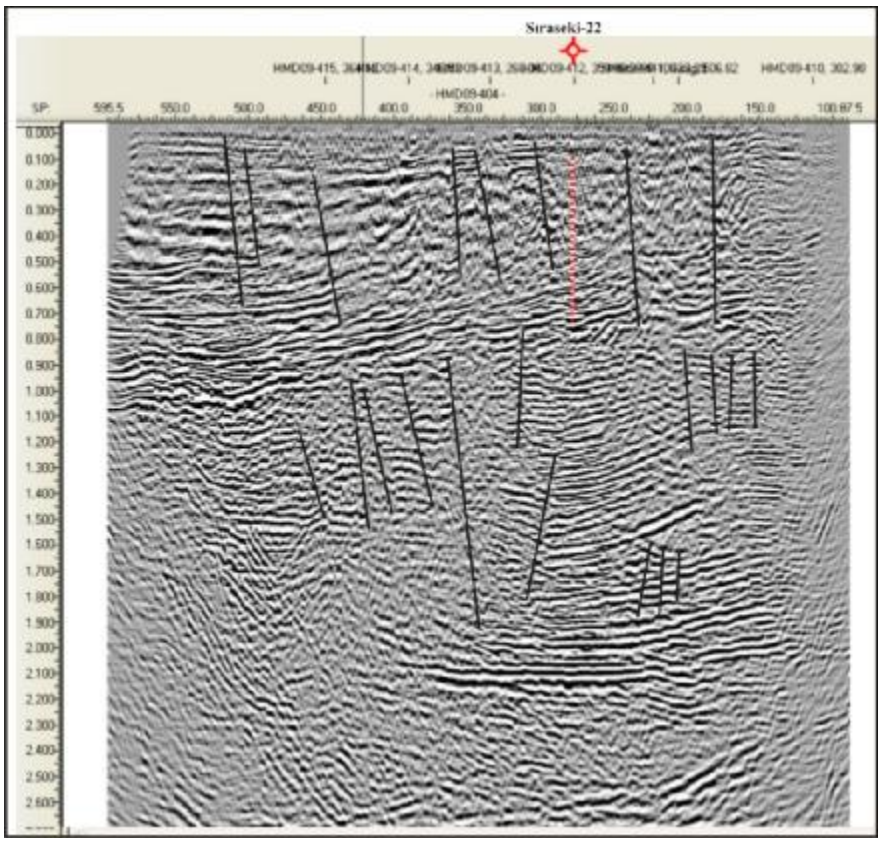


Şekil 4.10. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde faylar belirtilmiştir

Yansımalar, paralel/diverjant, progradasyonal (hem yukarı hem de basen yönünde ilerleyen), yığışım (mound) ve onlap (dolgu) olarak dört ana gurupta toplanabilir (Şekil 4.10). Genlik ve süreklilik özellikleri kullanılarak yorumlanan paralel yansımalar havzalarda yaygın olarak gözlenir. Belirli bir çökelme ortamını karakterize etmedikleri için paralel/diverjant yansımaların değerlendirilmeleri zordur.

Havzada yanal ve düşey fasiyes değişmeleri çok kuvvetlidir. Kısa mesafelerde ortaya çıkan fasiyes değişimleri kaya-stratigrafi birimlerinin ayırt edilmesini güçleştirmiştir.

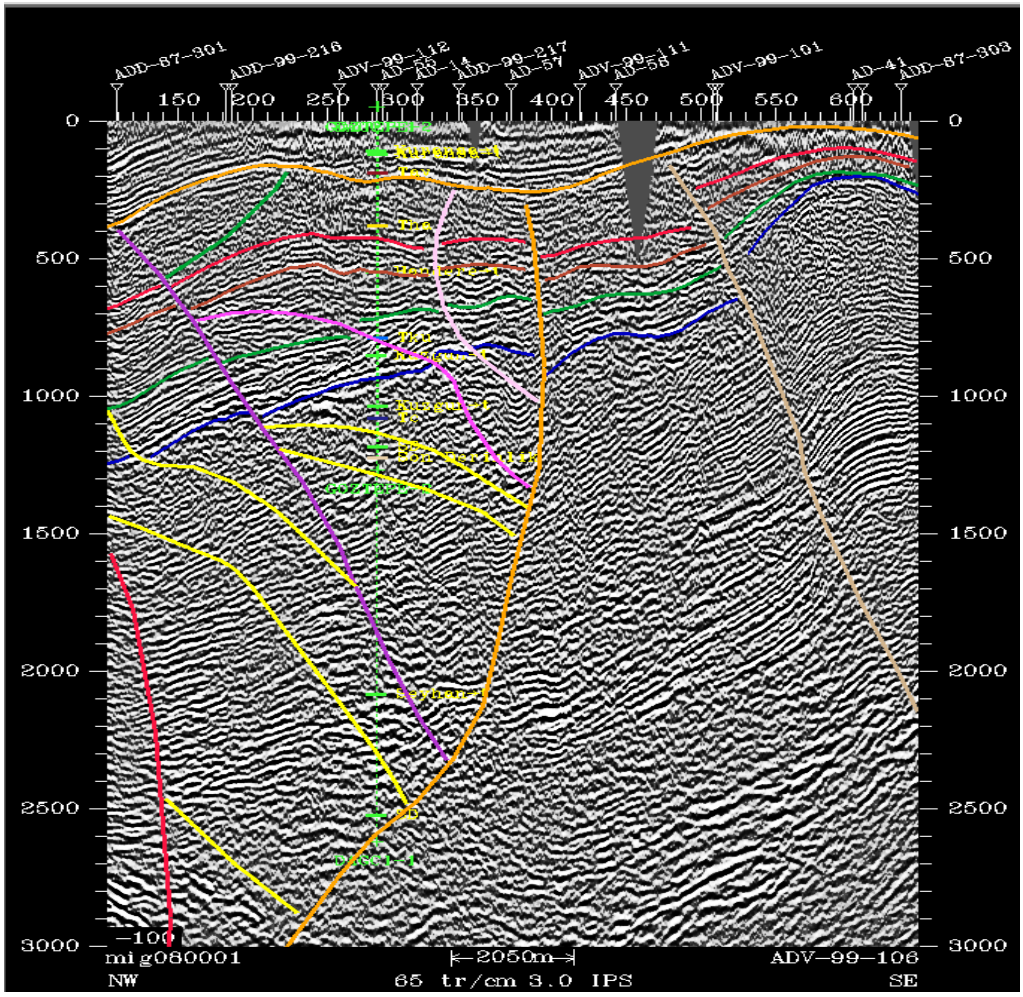
Fasiyes değişimleri ve zaman - transgresif çökelme nedeniyle havzanın her yerini temsil edebilecek kesin bir korelasyon ve benzeri bir ayırt olanaklı olamadığı için Adana Havzası'nda klasik anlamda bir istiflenme söz konusu değildir (Özer vd. 1974).



Şekil 4.11. Çalışma sahasında elde sismik kesit üzerinde faylar belirtilmiştir

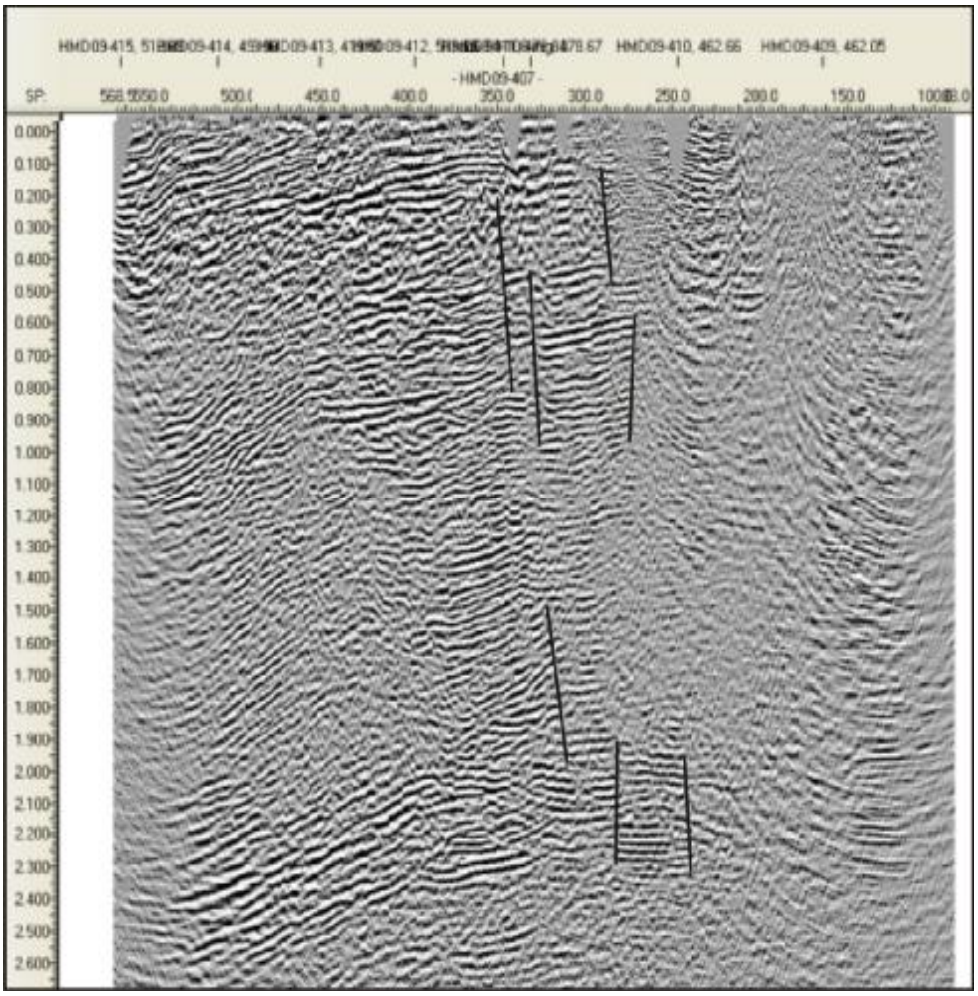
Sismik kesitde (Şekil 4.11.) tekrarlı yansımalar (Multiple) görülmemiştir. Sismik enerjinin aynı yolu birden fazla giderek meydana getirdiği olaylara 'Tekrarlı yansıma' adı verilir. Tekrarlı yansımaların olduğu sınırlar hava, su ve çökel kayaçlar olabilir. İkinci ve üçüncü ve daha fazla kere olan yansımalar alıcılar tarafından ayrı birer yansıtıcı yüzey gibi algılanacaktır.

İlk tekrarlı yansıma yaklaşık olarak ilk gerçek yansımanın iki katı kadar derinlikde olacaktır. Yansıtıcı yüzey yatay olmayıp eğimli ise tekrarlı yansıma gerçek yansıtıcıya paralel olmayacaktır.



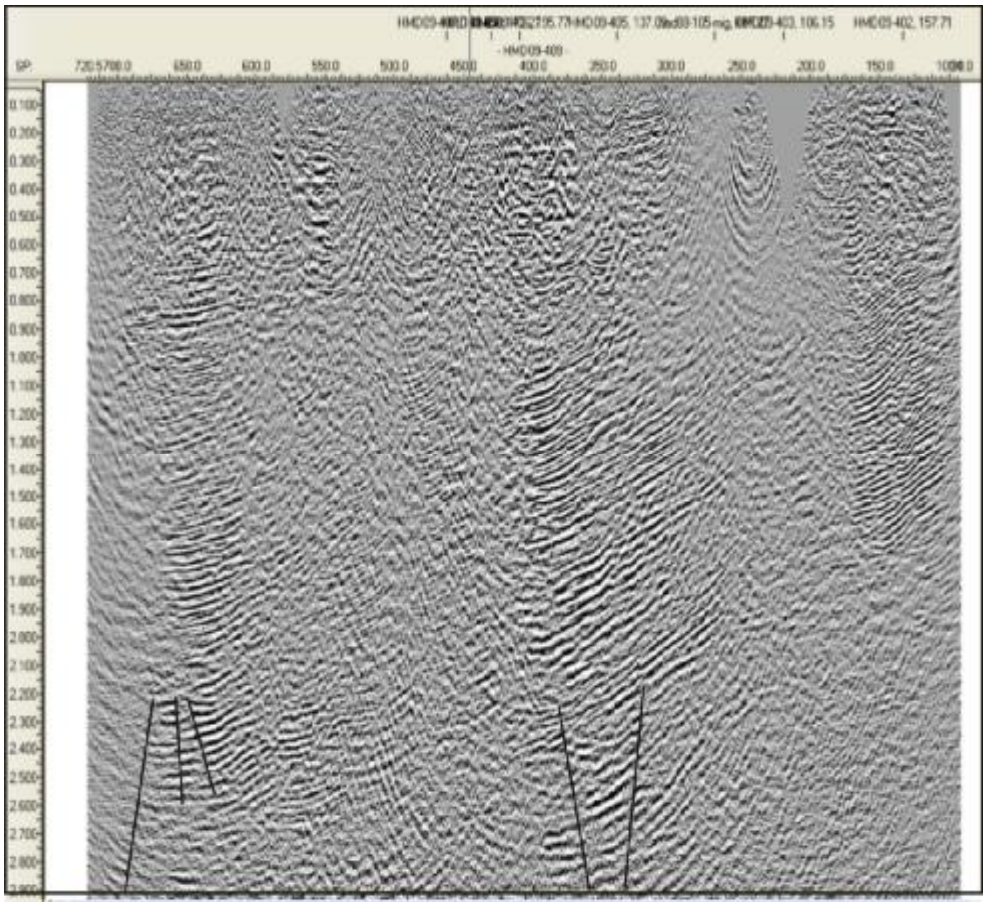
Şekil 4.12. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde formasyon sınırları

Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi sismik paketleri tanımlayabilmek için yansıtıcı bitimlere (sonlara) bakmak gerekir. Paketler yansıtıcıları içerir. Paketler birkaç yüz metre kalınlığa sahip olabilir. Sismik paketlerin tanınmasında birçok reflektör sınırları bölgesel tektonik olayları temsil etmektedir. Her yansıtıcıdan oluşan yansımalar sismik kesitlerde görülmeyebilir. Bunlar çok zayıf olabilirler veya diğer kuvvetli refleksiyonların birbirlerine yaklaşmaları sonucu bastırılabilirler. Eğer üstteki tabaka alttaki tabakadan daha düşük hızlı ise, yani düşük akustik empedansa sahip ise yansıma 'pozitif', bunun tersi ise 'negatif'tir.



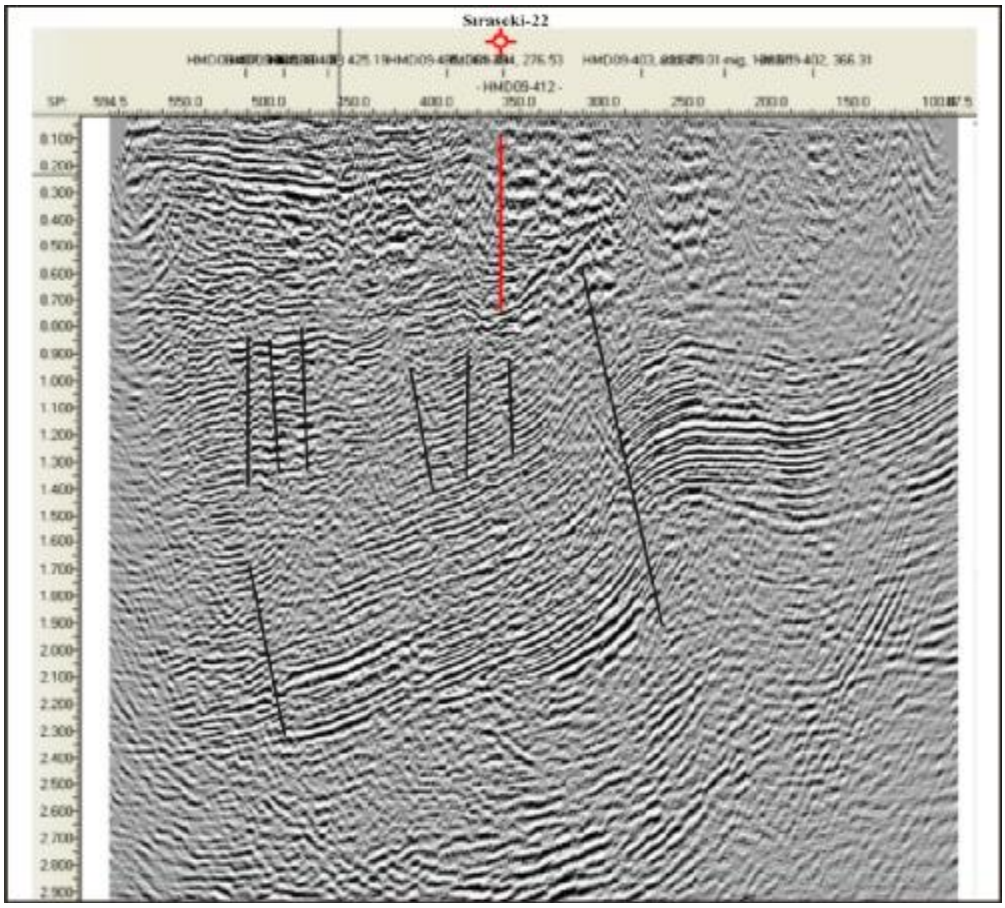
Şekil 4.13. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde faylar

Yukardaki Şekil 4.13'de sismik yansımaların devamlılığı net bir şekilde izlenemediği için tabaka sınırlarının devamlığı kesinlik kazanamamaktadır. Paralel ve kaotik yansıma şekilleri görülmektedir. Özellikle kesit tabanına doğru fayların fazlalığı dikkat çekicidir. Şekil 4.13'de, Kuzgun Formasyonu'nun tabanında görülen koyu renkli refleksiyon, burada bir kireçtası veya gaz içeren bir kumtası birimi olabilecegini göstermektedir. Handere ve Kuzgun formasyonları, dalga etkili delta ürünü olduklarından dolayı, bu kesitte de görüldügü gibi delta ürünü kumların bulunması mümkündür.



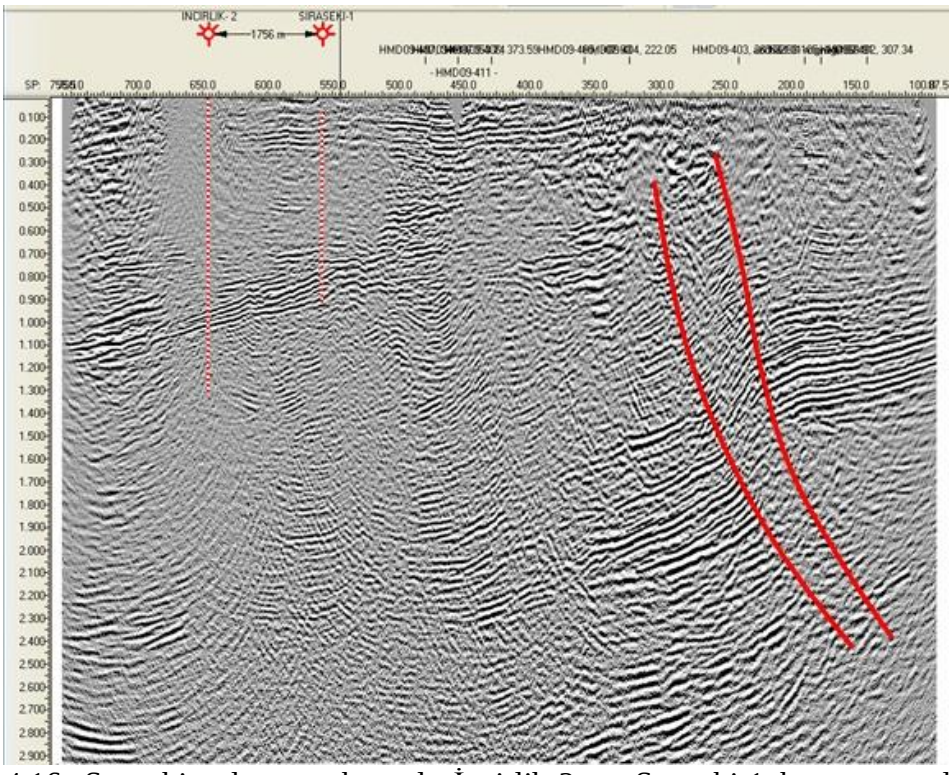
Şekil 4.14. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit üzerinde faylar belirtilmiştir

Yukardeki Şekil 4.14'de yer alan sismik kesitte yer altını doğru olarak yorumlanmasında sorunlar yaşanmıştır. Çünkü kesitte sismik tabakaların yansımalarının devamlılığını sürekli olarak izleyememekteyiz. Bu kesit yakınında veya yanında kuyu verisi olmadığı için birimlerin denkliğinde sorun ortaya çıkmaktadır. Sismik kesidin ortasındaki yansımaların amplitüdünün büyüklüğü dikkat çekmektedir. Tektonik olarak hareketlilik, kesitin tabanında da görülmektedir.



Şekil 4.15. Sıraseki sahasında Sıraseki-2 kuyusunun da yer aldığı sismik kesit

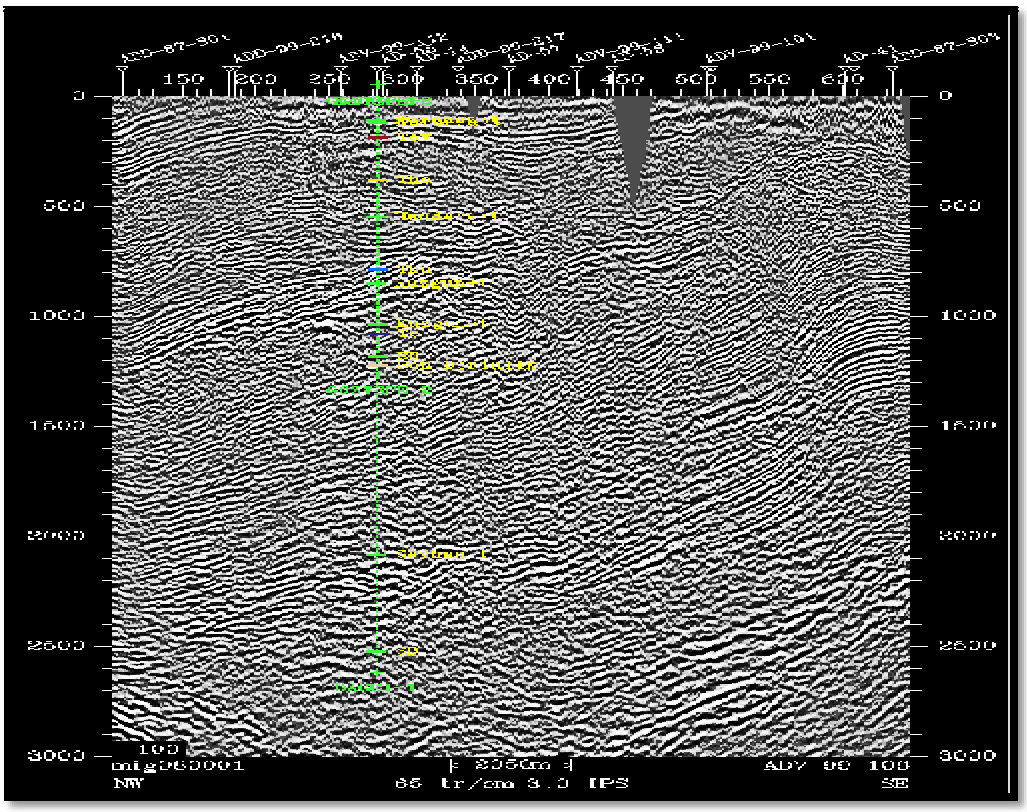
Sismik kesitlerde görülen uyumsuzluk yüzeyleri genellikle akustik empedansları farklı tabakaları ayırdıklarından sismik kesitler boyunca kolaylıkla izlenebilen kuvvetli yansımalar oluştururlar. Uyumsuzluk yüzeyi sadece çökelmemezlik nedeniyle oluştuysa yeterli kuvvette yansıma alabilmek için arada geçen jeolojik zamanın yeterince büyük olması gerekir. Uyumsuzluk yüzeyi üzerine paralel veya küçük açılarla gelen üst tabakalararada geçen önemli zaman boşluklarını gösterir. Yukardaki sismik kesitteki gibi, sismik kesitlerde sismik kalitenin iyi olmasına bağlı olarak temele kadar uzanan fayları tanımlamak olasıdır (Şekil 4.15). Bu tip fayları tanımlamak için temel derinliğe bağlı olarak sismik veri toplamada yüksek sarj kullanımına gerek duyulabilir. Genelde temelde görünen kuvvetli yansımanın nedeni yüksek hız kontrastı olmakla beraber derinlerde sismik sinyalin düşük frekans (yüksek genliğe) kaymasıda temelin belirgin olarak sismik kesitte tanımlanmasına olanak sağlayabilir.



Şekil 4.16. Sıraseki çalışma sahasında İncirlik-2 ve Sıraseki-1 kuyusunun da yer aldığı sismik kesit

Aşınım nedeniyle tabakaların yanal yönde kesikliğe uğramaları "aşınım traşlanması" (erosional truncation) olarak adlandırılır. Çökel istiflerinin üst sınırlarında oluşurlar. Traşlanma, aşınma nedeni ile oluşan bir zaman boşluğunun önemli göstergesidir. Bazen sismik çözünürlük sınırları nedeniyle traşlanma ile toplap geometrisi birbirleriyle karıştırılabilir. Toplap geometrisinde tabaka kesilmeleri ani olmaz ve tabakalar uyumsuzluk yüzeyine koşut olacak şekilde kıvrılırlar ve incelerek biterler. Bu kurallara dikkat edilmezse jeolojik anlamları çok farklı olan bu benzer şekiller yanlış yoruma neden olabilir. Traşlanma, faylanma, kayma (slump), tuz akması (salt intrusion), manyetik kayaç intrüzyonu gibi jeolojik olaylar nedeniyle de olabilir.

Sismik birim yüzeylerinin (formasyon sınırları) ve bunların arasında kalan uçlanmalı yansımaların doğru bir biçimde belirlenmesi özellikle çökelmemezlik veya uyumsuzluğun oluştuğu zamanın süresi hakkında yorum yapabilme olanakları sağlayabilmektedir



Şekil 4.17 Sıraseki çalışma sahasında formasyonlarında yer aldığı sismik kesit

Şekil 4.17 de de görüldüğü gibi ara yüzeyleri yüksek olan her tabaka bir tabaka gibi görünmeyebilir. Bu yüzden sınır rezolüsyonu için kesin rakamlar verilemez. Bunun nedenlerinden bir tanesi girişim (interference) etkisidir. Düşey rezolüsyon kaynak dalgacığının frekansı ile doğru orantılı olarak artar. Çalışmalar göstermiştir ki kalınlığı, dalgacığın dalga boyunun yarısından (λ/2) küçük olan birimleri ayırmak güçtür. Kalınlığı λ/4'ten küçük olanlar ise hiç ayrılamazlar. Genellikle ayrımlılık derinlikle ters orantılıdır (azalır). Çünkü derinlere inildikçe kaynak dalgacığı yüksek frekansları kaybeder. Sismik kesitlerde ayrımlılık sığ bölgeler için daha yüksektir.

Havzada yanal ve düşey fasiyes değişmeleri yaygındır. (Özer ve diğ., 1974). Kısa mesafelerde ortaya çıkan fasiyes değişimleri kaya - stratigrafi birimlerinin ayırtlanmasını güçleştirmiştir. Fasiyes değişimleri ve zaman - transgresif çökelme nedeniyle her yerde kesin bir korelasyon ve benzeri bir ayırma olanaklı olmamıştır dolayısıyla Adana Havzası'nda klasik anlamda bir istiflenme söz konusu değildir.

1- Zaman - transgresif çökelme,

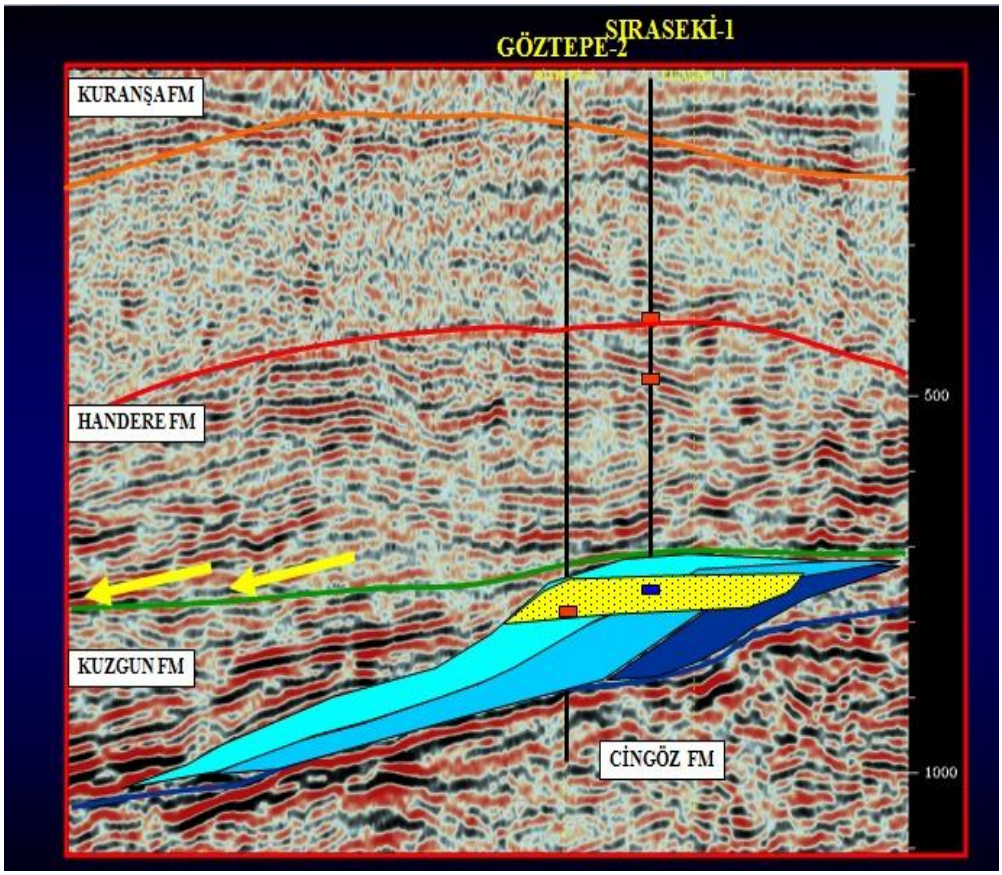
2- Havza tabanının düzensizliği,

3- Havza kenarlarının duraysızlığı ve

4- Fasiyes değişimleri,

havza kesimine bağlı olarak değişiklikler sunan bir stratigrafik istifin gelişmesine neden olmuştur. Bu nedenle litolojik istiflerin tüm havza için değil, belirtilen havza kesimleri için temsilci oldukları göz önünde tutulmalıdır (Büyükutku, 2003). Bu sıralanmayı doğuran ve KB-GD doğrultulu itilme hareketi, KD-GB doğrultusunda uzanan antiklinal ve senklinalleri oluşturmuştur. Bu antiklinallerin genellikle kuzey yamaçları hafif, güney yamaçları ise dik yatımlıdır (Egeran 1949).

Miyosen öncesi temele ait Üst Paleozoyik yaşlı kireçtası-şeyl istifindeki şeyl düzeylerinin, orta - iyi derecede petrol ana kayası olduğu ve petrol oluşturabilecek bir olgunluğa 1750 m'lik bir derinlikte ulaştığı saptanmıştır (Yalçın, 1982).



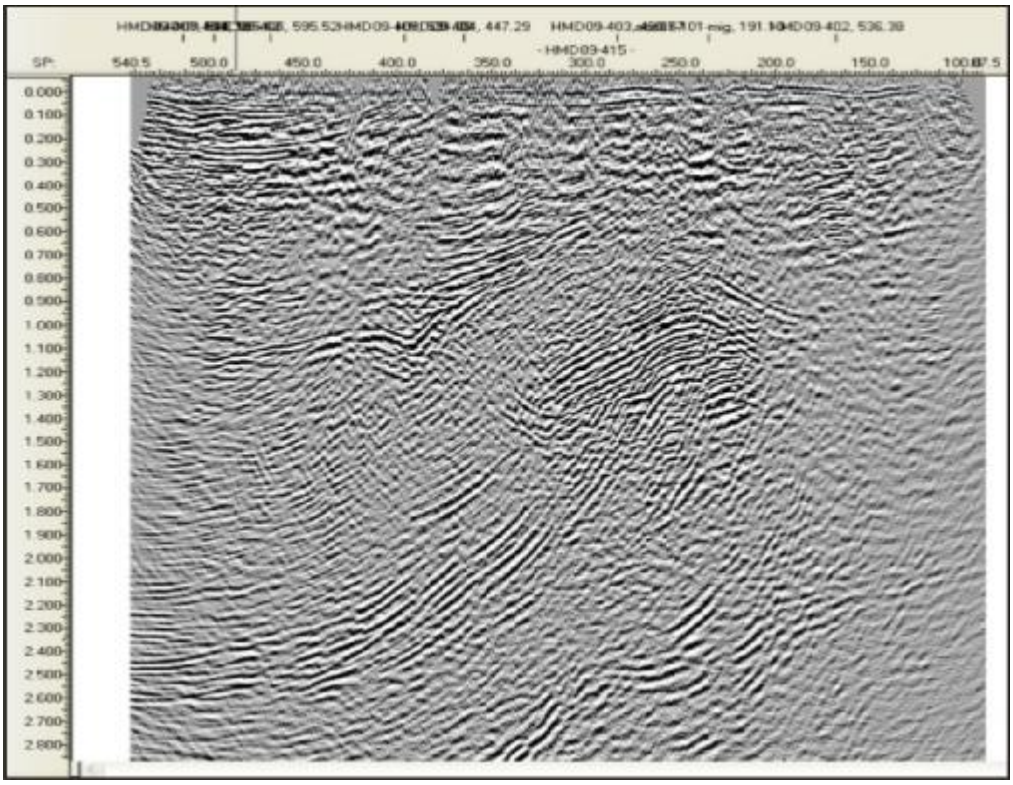
Şekil 4.18. Sıraseki çalışma alanında alınan sismik kesitlerden yorumlanan formasyonlar

Şekil 4.18 deki sismik kesitte Cingöz formasyonunun üzerinde yer alan Kuzgun formasyonunda üst sınırda toplapler görülmektedir. Bu birim alt sınırda da downlapler ile sonlanmaktadır. Handere Formasyonu'nun kalınlığının fazla olduğu güneybatı kesimlerinde daha çok şeyler hakim oldugundan dolayı, kumtaşı birimleri çok azdır veya hiç yoktur. Bu nedenle burada bir kuyu açılması önerilmemektedir.

Bölgedeki birimler, Adana ve Seyhan olmak üzere iki gruptur. Seyhan Grubu birimleri, alttan üste doğru; Gildirli, Karaisalı, Cingöz ve Kuzgun formasyonlarından, Adana Grubu ise Handere ve Kuranşa formasyonlarından oluşmuştur.

Kuzgun ve Handere formasyonlarının delta önü çökellerine ait kumtaşı birimlerin, havzanın ortasına doğru yerlerini delta önü çökellerine ait şeyllere bıraktıkları gözlenmektedir.

Adana ve İskenderun havzalarına ait Neojen istifleri, içine alloktonların gelmediği, sürüklenim hareketlerinin görülmedigi çeşitli ortam koşullarında çökelmiş benzer fasiyes birimleri ile temsil edilir. Bu Miyosen istifleri, tabanda çoğu yerde karasal çakıltaşları (Gildirli Fm) ile başlar ve üzerine sığ denizel çakıltaşı-kumtaşı, sonra da yer yer resifal kireçtaşları (Karaisalı Fm) gelir. Çökelim sığ-derin denizel, daltayik, lagüner ve yer yer karasal ortamlarda devam eder. Her iki basende yersel uyumsuzluklar hariç, çökelim Alt Pliyosen'e kadar temsil edilir (Kozlu,1987).

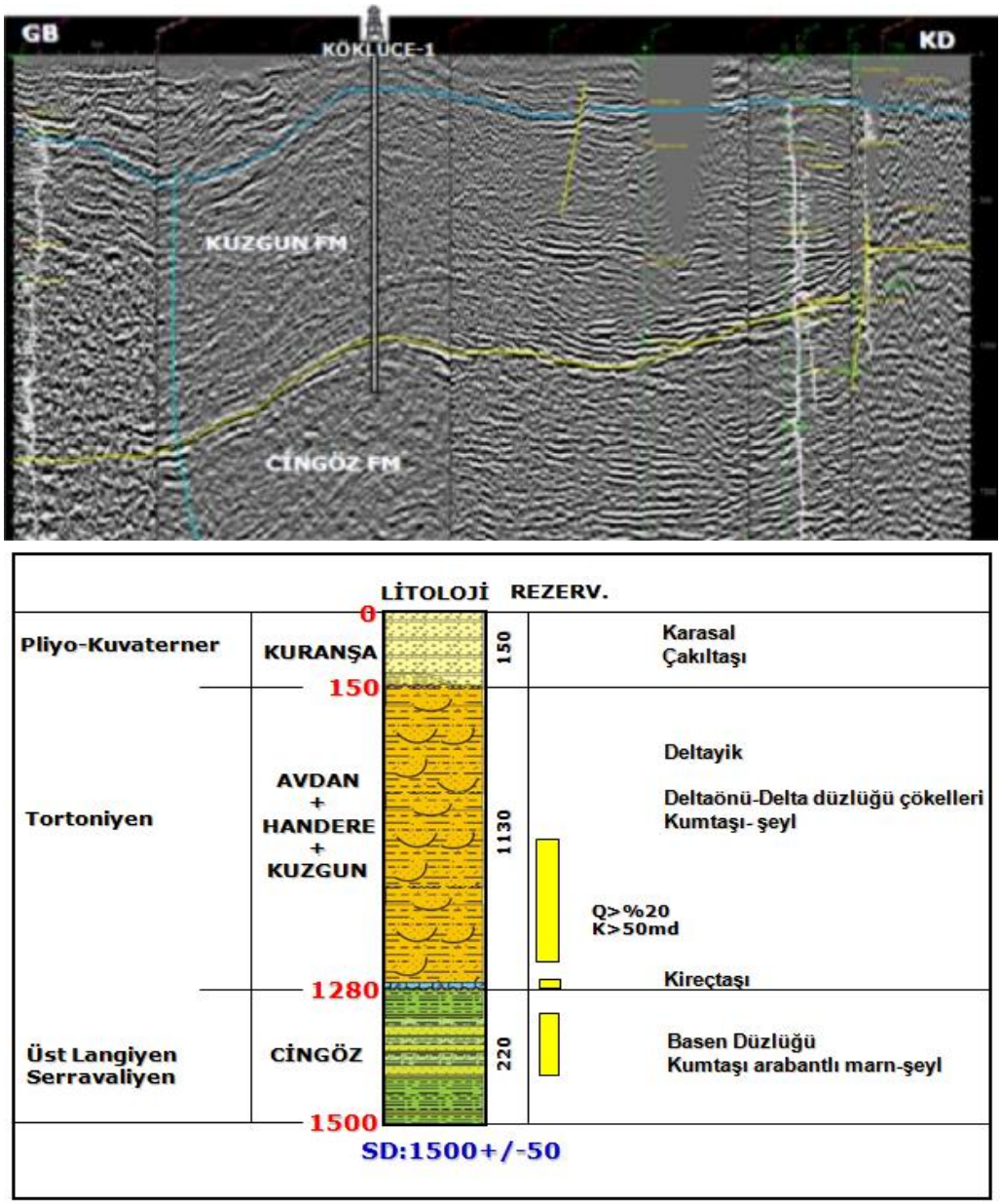


Şekil 4.19. Çalışma sahasında elde edilen sismik kesit

Şekil 4.17'de görüldüğü gibi kama şeklinde incelen bir tabakanın sismik yansıma yöntemine yanıtı şekilde görüldüğü gibidir. Bu tabakanın alt ve üst sınırlarından yansıyan sinyaller arasındaki zaman farklılığı 1 ms ile 45 ms arasında değişmektedir. Yansımanın genliği ile tabaka kalınlığı arasında ilişki kurabilmek için ek bir bilgiye gereksinim vardır. Örneğin, geri plandaki yansımalarla karşılaştırabilmek için ince tabakanın alt ve üst sınırındaki yansıma katsayılarıyla, ince tabakanın ara hızının bilinmesi gerekir. Bu sismik kesitte tektonik hareketteki yoğunluk dikkat çekicidir.

Miyosen öncesi bir temel üzerinde hızlı bir transgresyonla baslayan çökelme, baŞlıca paleotopografya, kara alanının yüksekliği ve taşınan malzeme miktarına bağlı olarak çok degişik litoloji topluluklarının çökelmesine neden olmuştur. Aynı zaman aralığında havzanın degişik kesimlerinde farklı çökelme koşullarının etkili oldugu düşünülmektedir. Birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişli birimler çökelmiştir (Yalçın,1987).

Toroslar'da gözlenen bir diğer büyük yapı unsuru doğrultu atımlı faylardır. Doğrultu atımlı fay, Miyosen yaşlı birimlerle örtülmektedir. Bu faylar yanal atımları nedeniyle Adana Havzası temelindeki değişik birimlerin dağılımını denetlemiş, Doğu Anadolu, Kuzey Anadolu ve Ölü Deniz Fay sistemlerinin ortaya çıkışlarında etkili oldukları düşünülmüştür (Şengör ve diğ. 1980). Havzanın daha sonraki gelişimi, Miyosen-Pliyosen yaşlı Misis sürüklenimi ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı normal faylarla denetlenmiştir (Yalçın, 1987).



Şekil 4.20. Güneybatı-Kuzeydoğu yönünde alınmış sismik kesit ve beklenir kuyu logu kesiti

Şekil 4.20. Güneybatı-kuzeydoğu yönünde alınmış bir sismik kesittir. Burada tabaka sınırları çizilmiştir. Temel kayayı Cingöz Formasyonu oluşturmaktadır. Onun üzerinde is Kuzgun Formasyonu yer almaktadır. Köklüce-1 kuyusundan elde edilen veriler tabaka sınrırlarını doğrulamaktadır. Şeyllerin hakim olduğu ve kalınlığın artış gösterdiği bu birimlerin altında, Kuzgun Formasyonu için önemli hidrokarbon potansiyeline sahip olabilecek kumtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Bu duruma, tektonik etkilerin neden olduğu düşünülmektedir.

Cingöz Formasyonu içerisindeki kalın kumtaşı birimleri, derin deniz çökelleri olan deniz altı yelpazelerine aittir. Kuzgun ve Handere formasyonları ise genellikle delta çökellerinden oluşmuşlardır. Hidrokarbon kapanlanması özellikle kademeli yapılarda olup, yer yer doğrudan doğrultu atımlı faya dayalı yapısal kapanlarda vardır (Harding and Lowell, 1979).

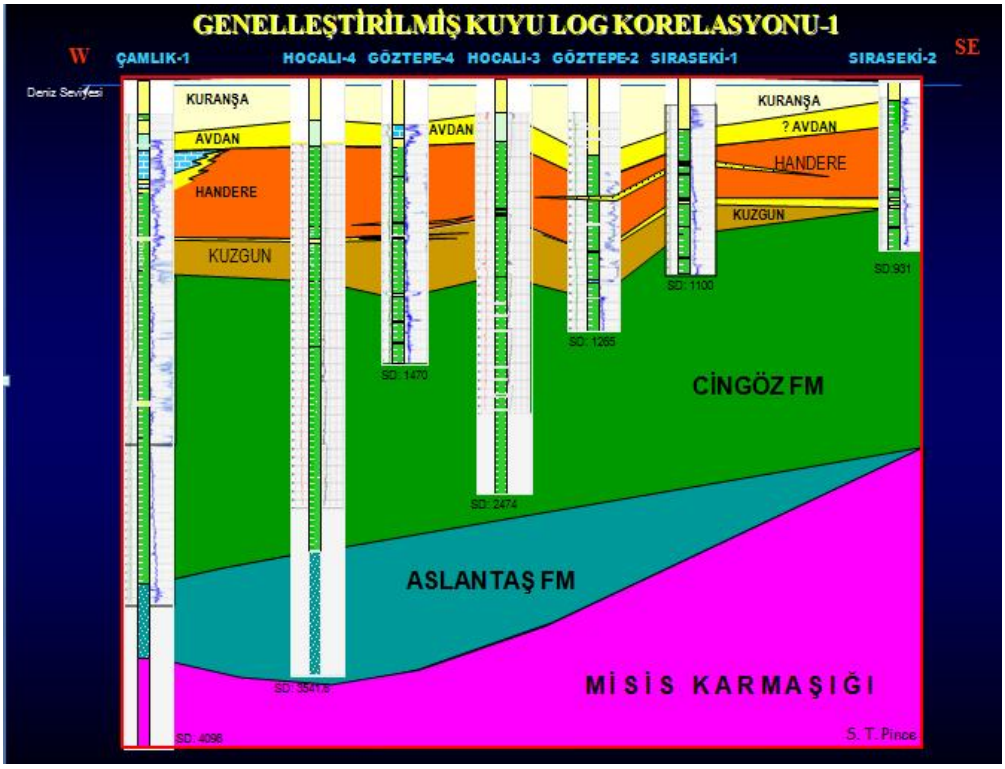
Sismik kesitlerde doğrultu atımlı fay tespit edilmemiştir. Doğrultu atımlı fayları sismik kesitte tespit etmekde oldukça zordur. Çünkü sismik yansımalar şekil değiştirmektedir. Doğrultu atımlı fayların her iki yanında yer alan formasyonun sismik karakterinin fayın bir yanından diğer tarafına değişmesinin nedeni yanal ve düşsey ortamda fasiyesinin değişmesidir. Bu sismik kalitenin iyi olduğu alanlarda daha net olarak görürebilir. Sismik kesitteki yansımanın frekans içeriğinin değişmesi fasiyes değişimini gösteren en belirgin özelliktir. Doğrultu atımlı fayların her iki yanında formasyonların kalınlıklarında değisiklik olabilir. Bu durum fayın düşey atımının saptanmasında sorun olusturabilir. Kalınlık değişimlerinin saptanmasında doğrultu atımlı fayın her iki tarafında açılacak olan kuyu bilgisi önemli katkı sağlayacaktır. Devamlı olarak çökme (sübsidans) ve çökelme etkisinin izlendiği Adana Havzası, tektonik olarak duraysızdır. Lokal tektonizma ve östatik değişiklikler sebebiyle oluşan deniz seviyesindeki değişiklikler havzayı oldukça etkilemiştir.

4.6. Kuyu Verileri ve Kuyu Logları

Çalışma sahasında öncelikle sismik hatlar üzerinde kalan kuyuların yanal korelasyonları yapılmıştır. Kuyu bilgileri sismik hatlar üzerine taşınmış ve sismik izler ile korelasyonları sağlanmıştır.

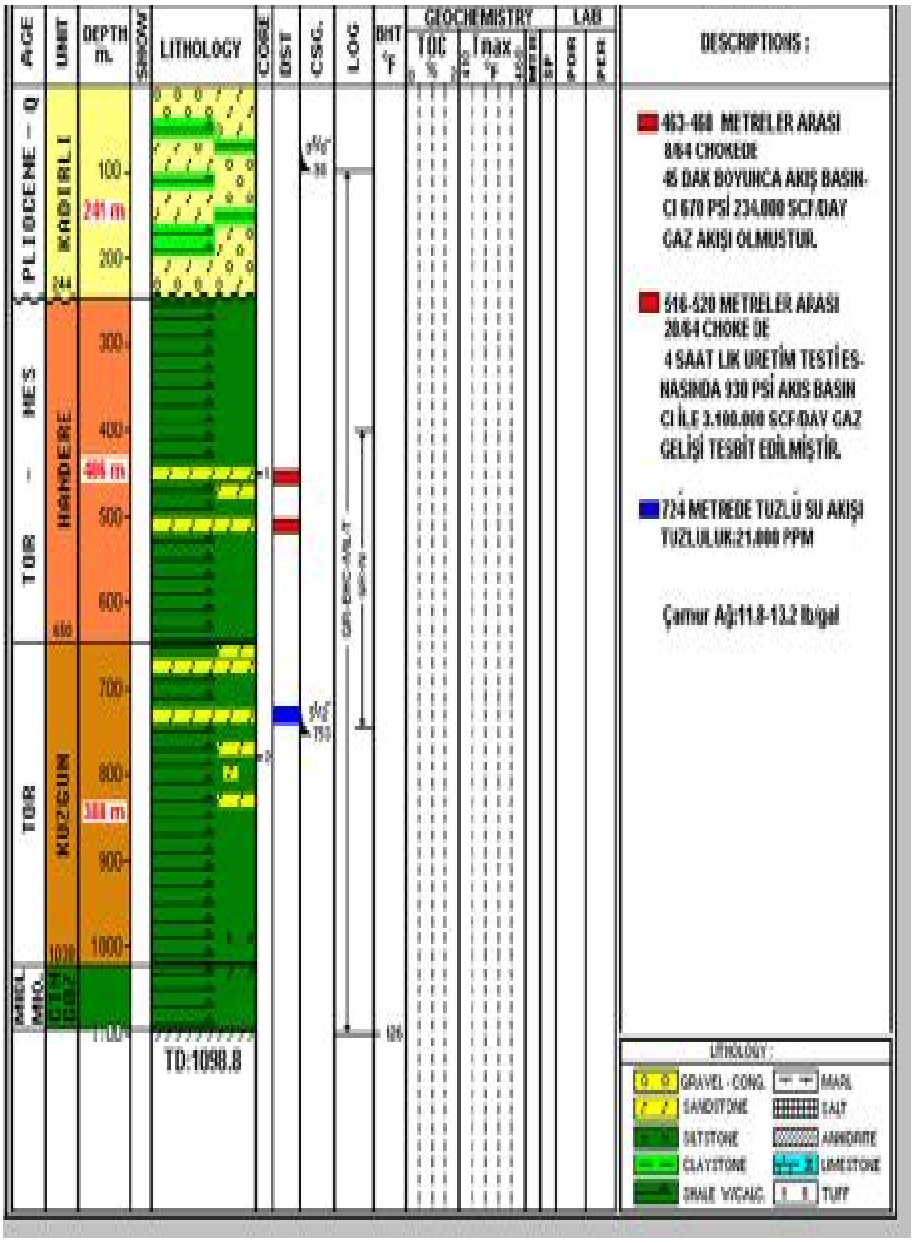
Kuyu lokasyonlarının gerçek koordinat değerleri ile sismik hatların koordinatları örtüşmemekte olduğundan, bunların sismik hatlar üzerindeki yerleri yaklaşık olarak kabul edilmiştir.

Aşağıdaki şekilde araştırma sahası içerisinde ve yakınıda bulunan kuyu loglarının korelasyonu görülmektedir. Buna göre Kuranşa, Aydan ve Handere formasyonlarının tabaka kalınlıkları ortalama olarak değişmemekle birlikte, Kuzgun formasyonu Sıraseki-2 araştırma kuyusunda gözlenmemiştir. Aslantaş formasyonu Misis Karmaşığı üzerinde kama şeklinde bir görünüm sunmaktadır.



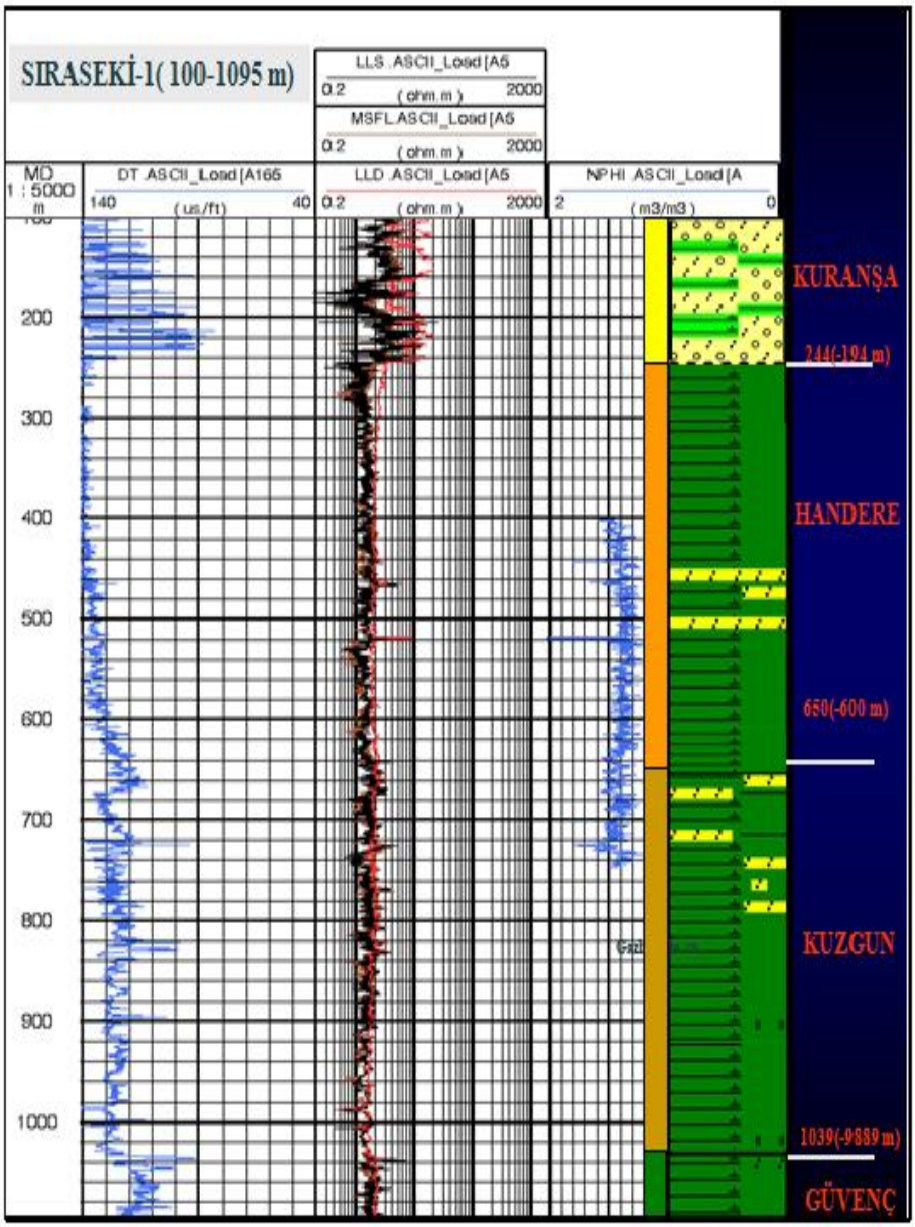
Şekil 4.21. Kuyu loglarının korelasyonu genelleştirilmiş gösterimi

Araştırma sahası içerisinde yer alan Sıraseki-1 kuyusunda 463-468 m'ler arasında 45 dakika boyunca akış basıncı 670 PSI 234 scf/day gaz akışı olmuştur. 516. ve 520 m'ler arasında 4 saatlik üretim testi esnasında 930 PSI akış basıncı ile 3100000 scf/day gaz basıncı tespit edilmiştir. Bu kuyuda ölçülen çamur ağırlığı 11.8-.13.2 lb/gal olarak ölçülmüştür. Bu değer bir miktar yüksek olarak değerlendirilmiştir Sıraseki-1 kuyusundan alınan kuyu verileri Şekil 4.22 de görülmektedir.



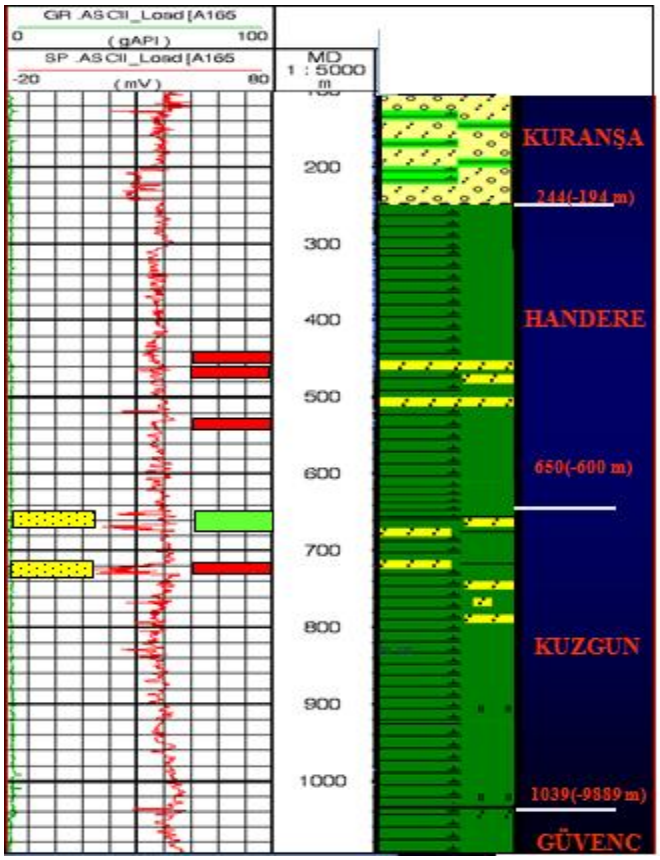
Şekil 4.22. Sıraseki-1 kuyusundan elde edilen kesitler ve formasyon korelasyonu

Bu alanın civarında, Mobil tarafından 1961 yılında açılan Sıraseki-1 kuyusunda, Handere formasyonu içersindeki kumtaşlarının açık kuyu testinde 2.8 MM cuft/day metan gazı tesbit edilmiştir.



Şekil 4.23. Şekil Sıraseki-1 kuyusundan alınan kuyu logu verileri

Bölgede açılmış olan kuyulara ait kompozit loglar kullanılarak, bölgedeki Miyosen yaşlı birimlerin korelasyonları yapılmıştır. Sonik ve GR loglarından oluşan kompozit loglarda, eğrilerin benzerliğinden yararlanılmış, aynı eğrilerin aynı litolojilere işaret ettiği prensibi dikkate alınarak litolojik özelliklerine göre birbirlerinden ayrılmış olan Miyosen formasyonlarının litostatigrafik korelasyonları yapılmıştır.



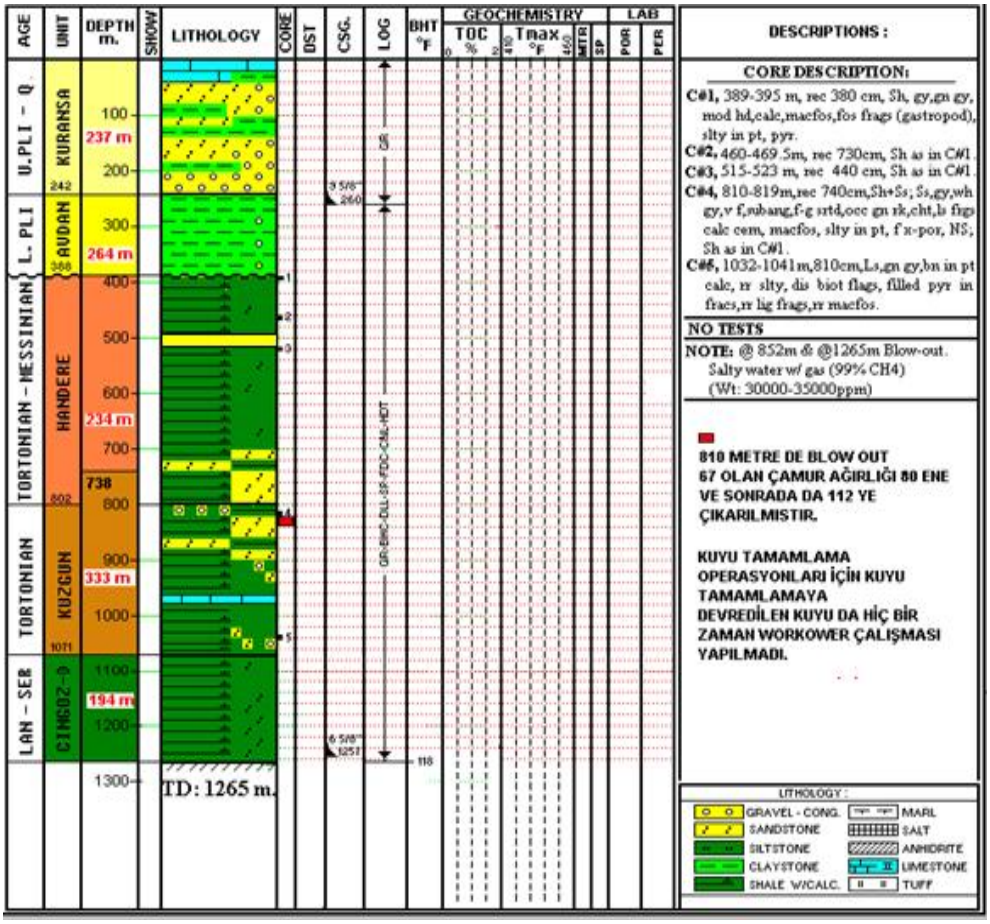
Şekil 4.24. Sıraseki-1 kuyusundan alınan Doğal Potansiyel kuyu logu verileri

Sıraseki-1 kuyusundan alınan Doğal Potansiyel logunda (Şekil 4.24) en altta Güvenç formasyonu yer almaktadır. Diğer birimler bu birim üzerindedir. SP ölçümü esnasında kayıt aleti şeyl çizgisi denilen bir baz çizgisinden sağa veya sola doğru hareket ederek bir eğri çizer. Şeyl çizgisinden sola olan sapmalar negatif (normal) sapma, sağa doğru olanlar ise pozitif (ters) sapmalardır. Normal sapma formasyonun gözenekli kumtaşı veya kireçtaşı olduğunu, ters sapma ise formasyon suyunun sondaj çamurundan daha tatlı olduğunu gösterir. Eğer sapma yoksa veya zayıfsa bu da formasyonun geçirimsiz olduğunu ya da formasyon suyu ile sondaj çamurunun aynı tuzlulukta olduğunu işaret eder. Sapmanın büyüklüğü formasyonun permeabilitesi ve formasyon suyu ile sondaj çamuru arasındaki tuzluluk farkı ile doğru orantılıdır.

Katı kayalar, içerisinde tatlı su, petrol veya gaz bulunduran poroz kayalarda olduğu gibi yüksek elektrik rezisitvitesine sahiptir. Şeyl ve tuzlu su içeren gözenekli kayalar ise çok düşük rezistiviteye sahiptir. Bu alanda açılan kuyular daha ziyade Kuzgun Formasyonlarına ait deltayik kumtaşları hedef alınarak açılmıştır.

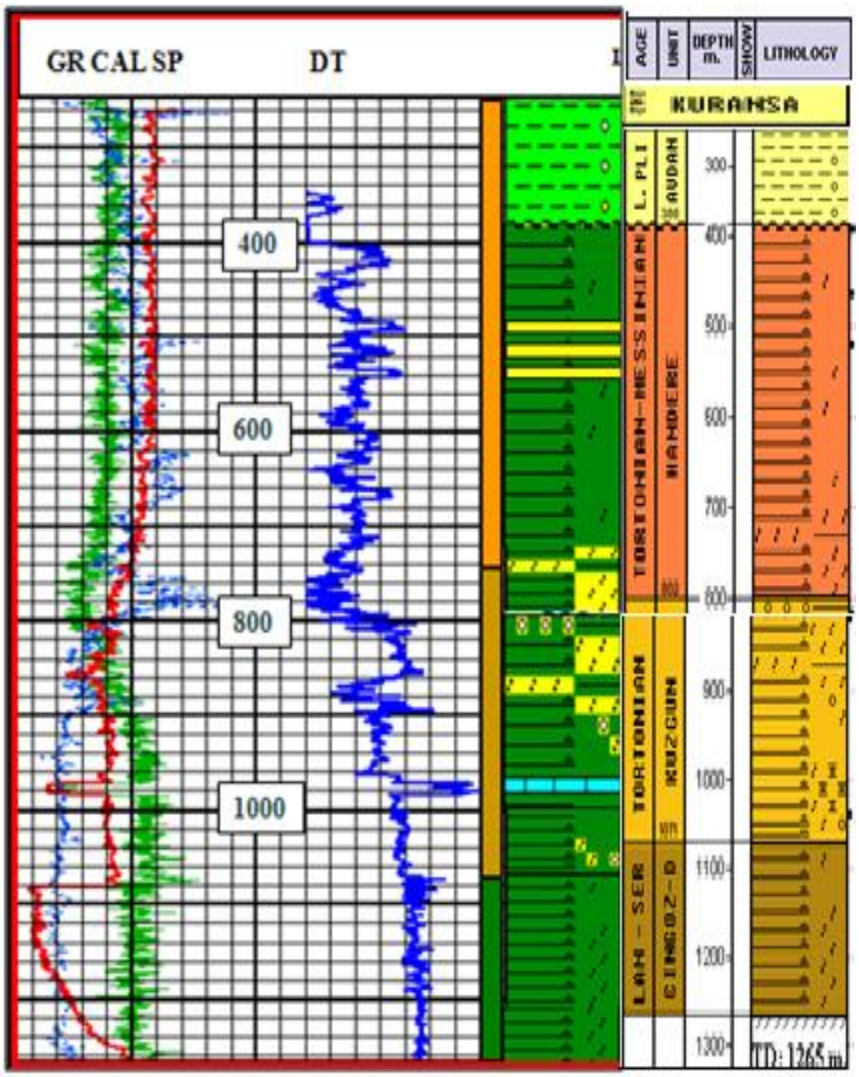
Ayrıca Handere ve Kuzgun formasyonlarına ait deltayik kumtaşları sığ gaz projesi kapsamında yeniden değerlendirilmelidir.

Kuzgun ve Handere formasyonlarına ait prodelta şeyllerinin, kaynak kaya özelliğinde olduğu bilinmektedir. Oluşan biyojenik-termojenik kökenli gazın yapısal ve stratigrafik kapanlarda birikmesi muhtemeldir.



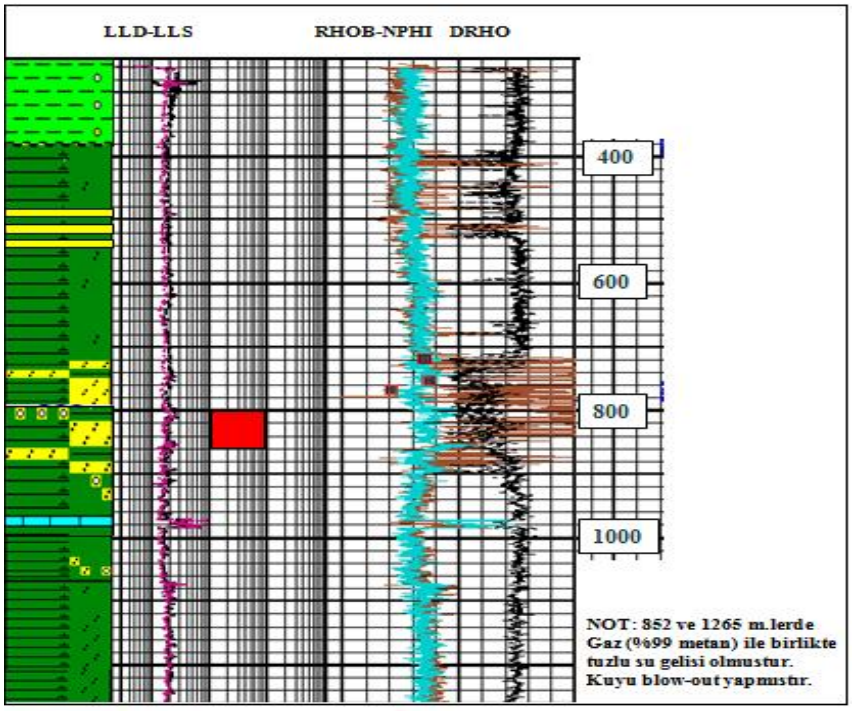
Şekil 4.25 Göztepe-2 kuyusunun litoloji kuyu logu ve gaz çıkışı verileri

Adana Sıraseki bölgesinde TPAO tarafından 1980'de açılan Göztepe-2 kuyusunda aynı seviyelerde sondaj esnasında %100 metan gazı gelişi olmuş ancak bu seviyeler test edilmemiştir (Şekil 4.25). 1980 yılında, Göztepe-1/A kuyusu TPAO tarafından test edilmiş ve 12 Mcuft/day gaz tesbit edilmiştir. Göztepe-1 kuyu Kuzgun ve Handere Formasyonlarındaki aynı kumtaşları gazlı geçilmiştir.

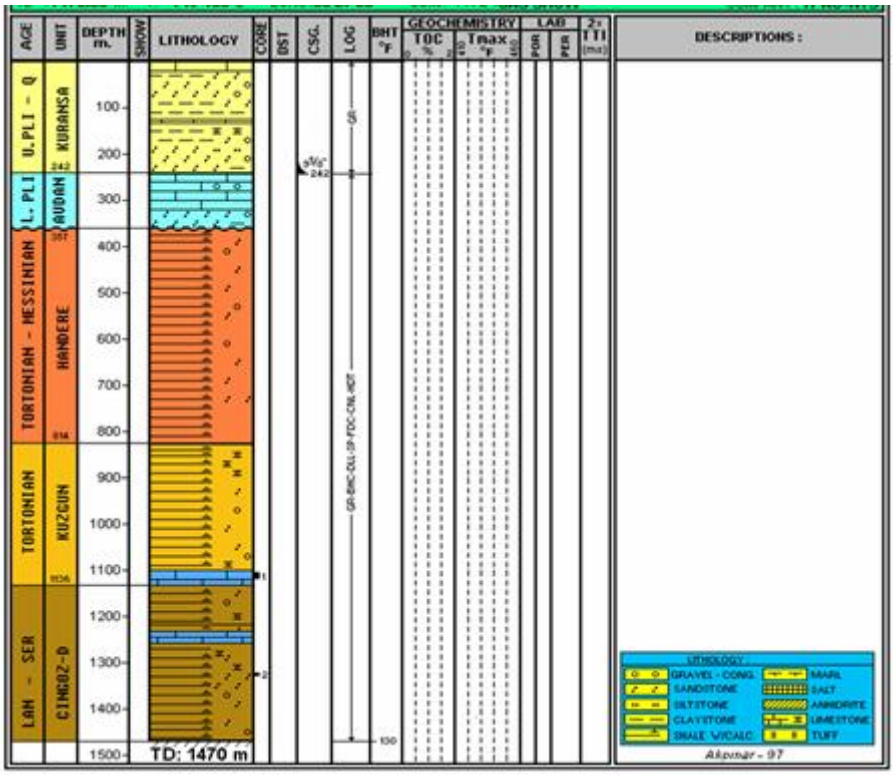


Şekil 4.26. Göztepe-2 kuyusundan elde edilen GR,CAL,SP logu verileri

Yukardaki Şekil 4.26'de görüldüğü gibi Gamma ışınlarının geri dönme miktarı formasyon içerisindeki atomların elektron yoğunluğu ile, bu da formasyonun asıl yoğunluğu ile ilgilidir. Formasyon içerisinde gaz bulunması yoğunluğu düşürür, yüksek porozite değeri verir. Kayalardaki en yaygın radyoaktif element potasyumdur. Bu mineral en bol olarak illitler içerisinde, daha az miktarda da feldspat, mika ve glokoni içerisinde bulunur. Zirkon, monazit ve çeşitli fosfat mineralleri de radyoaktiviteye sahiptir. Organik maddeler bünyelerinde uranyum ve toryum biriktirirler. Bu nedenle petrol anakayaları, petrollü şeyller, sapropeller ve algli kömürler radyoaktiftir. Gamma logu kuyu çapından etkilenen bir log olduğu için kuyu çapını ölçen kaliper logu ile birlikte kullanılır.

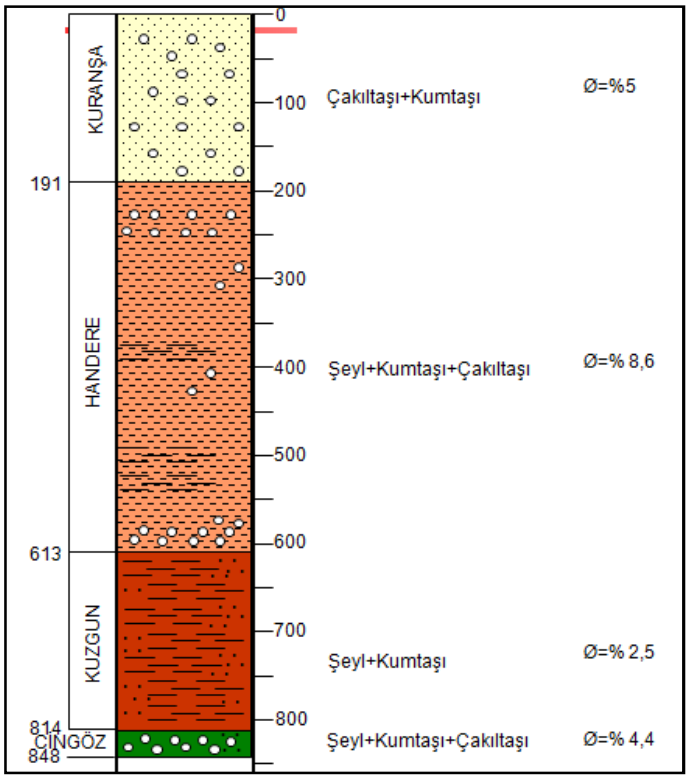


Şekil 4.27. Göztepe-2 kuyusundan elde edilen kuyu logu verileri



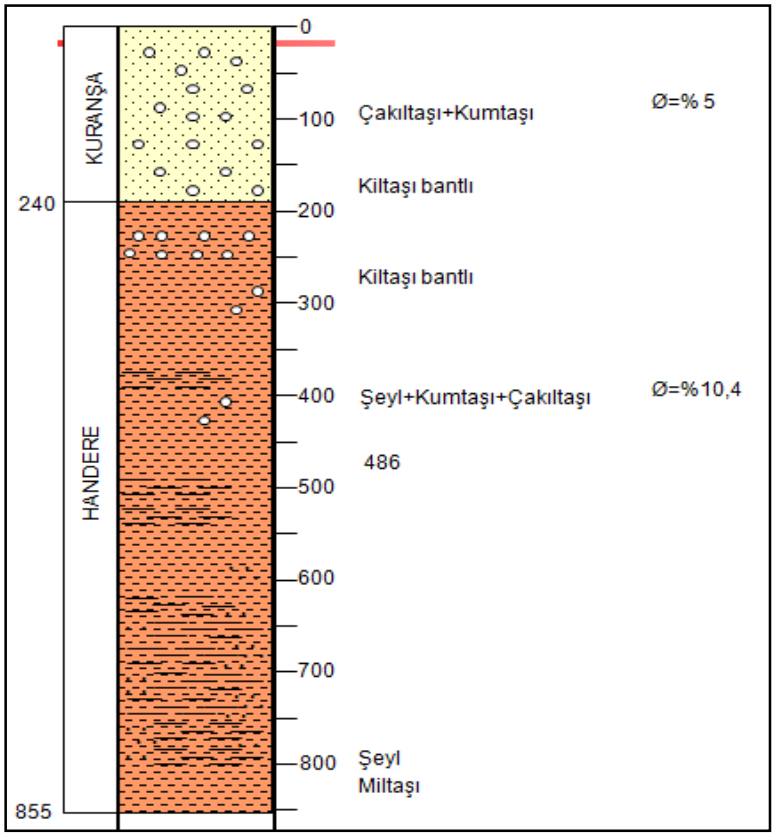
Şekil 4.28.Göztepe-4 kuyusunun litolojik yorumu

Göztepe-4 kuyusunda toplam 1470 m derinliğe kadar ulaşılmıştır. Basende Miyosen çökelleri, Alt Miyosen yaşlı karasal çakıltaşları (Gildirli Fm) ile başlar. Bunların üzerinde transgresif olarak gelişen resifal kireçtaşları olan Karaisalı formasyonu ile devam eder. Bu birimlerin üzerine deniz seviyesinin düşmesi ile birlikte Cingöz formasyonu olarak bilinen istif gelir. İstif daha sonra deniz seviyesinin yükselmesi ile deltayik-kumtaşlarından oluşan Kuzgun formasyonu ve ortamın daha da sığlaşması ile birlikte karasal ve denizel çökellerin ardalanmasından oluşan ve yer yer jips-anhidrit ve tuz içeren Handere Formasyonu. tarafından örtülür. Tüm birimleri ise, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı karasal çökellerden oluşan Kuranşa formasyonu örtmektedir.



Şekil 4.29. İncirlik-1 Kuyusu ve litolojik bilgileri (TPAO, 2003)

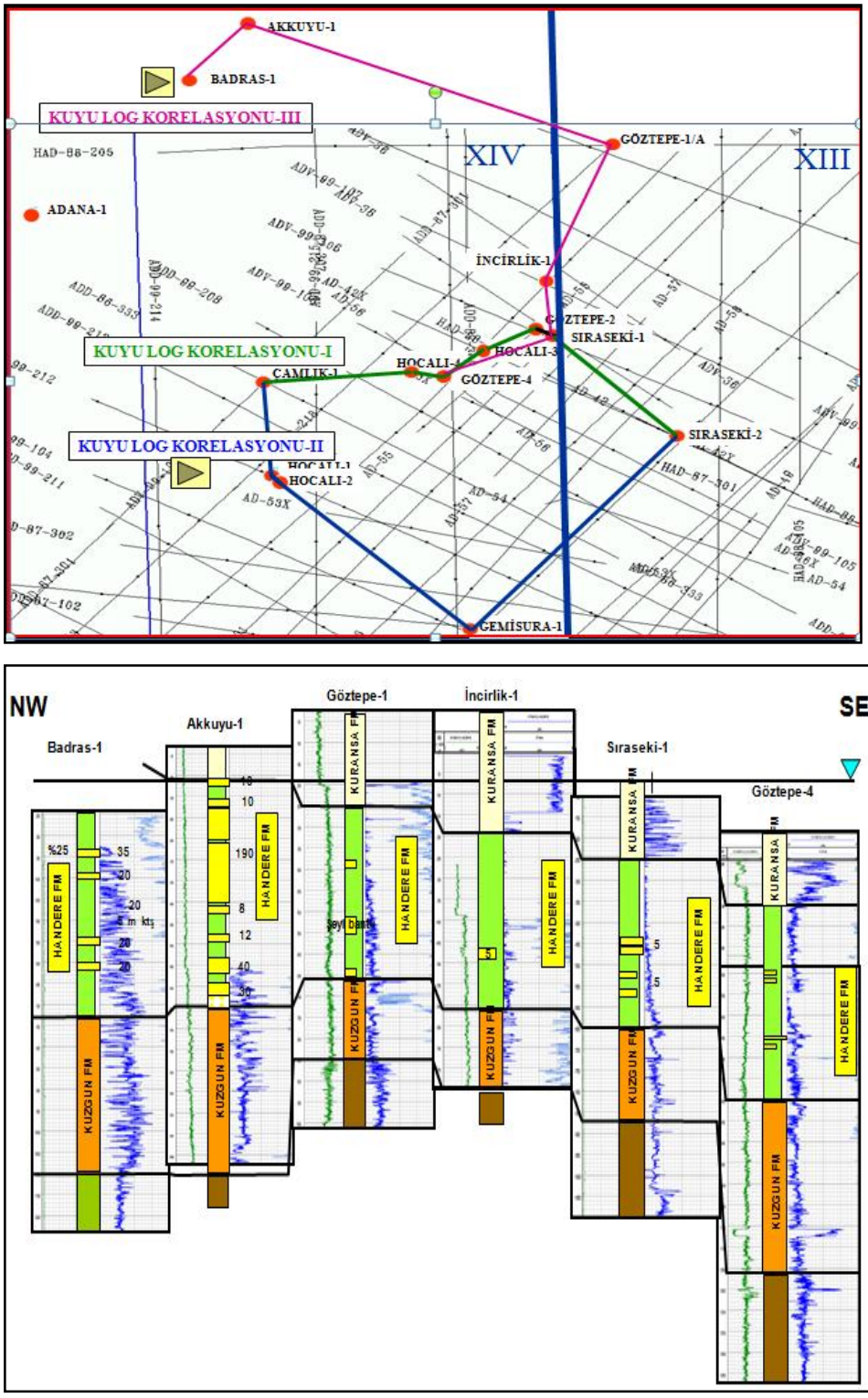
İncirlik-1 Sondaj sırasında gaz gelişi olmuş ve 20 dk süre ile 5-6 m alev boyu ile yakılmıştır. 486-490 m ler arası karot alınırken gaz gelişi olmuş 25 dk süre ile 6-7 m alev boyu ile yakılmıştır. Bu kuyuda tabanı Kuzgun formasyonu oluşturmaktadır. Onun üzerinde ise Handere ve Kuranşa Formasyonları gelmektedir.



Şekil 4.30. İncirlik-2 kuyu verileri ve litolojik bilgileri (TPAO, 2004)

İncirlik-2 kuyusunun derinliği yaklaşık 1000 m dir. Temeli Handere formasyonu oluşturmaktadır. Onun üstünde ise Kuranşa Formasyonu gelmektedir.

Sondaj çamurunun rezistivite loglarına etkisi önemlidir. Sondaj çamurunun görevlerinden biri geçirgen formasyonlardan kuyu içerisine akışkan girmesine engel olmaktır. Kuyu içerisindeki çamur kuyu çeperlerine yapışarak çamur pastası (mud cake) denilen bir sıva oluşturur. Çamur formasyon içerisine de girerek formasyon içerisindeki orijinal sıvı veya gazı öteler. Bu nedenle çamurun nüfuz ettiği zonun rezistivetisi ile çamurun ulaşamadığı yerin rezistivitesi farklıdır. Bazen de bu ikisi arasında bir geçiş zonu oluşur. Çamur tarafından istila edilen zonun rezistivitesi Rxo ile gösterilir ve bu mikrorezistivite logu ile ölçülür. Rezistivite ve SP logu birlikte alındığında petrollü zonların tespit edilmesi daha kolay olur. Çalışma alanı olan Adana Sıraseki bölgesinde ve çevresinde bulunan kuyu loglarının genelleştirilmiş kuyu log korelasyonı Şekil 4.31 da gösterilmiştir.



Şekil 4.31. Hocalı - Sıraseki civarı kuyu-sismik lokasyon haritası

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adana'nın 16 km güneyinde yer alan Sıraseki inceleme alanında yapılan bu çalışmada hidrokarbon araştırılmasında seçilen parametrelerin önemi, sismik verilerin elde edilmesi ve değerlendirilmesini kapsamaktadır. Yapılan çalışmada daha iyi verim ve daha net sonuçlar için örnekleme aralığı, jeofon aralıkları,sismik kaynak parametrelerinde değişiklikler gerekmektedir. Herhangi bir bölgenin hidrokarbon olanaklarını ortaya koymak için jeolojik ve jeofizik verilerin toplanmasında zorunluluk vardır.

Hidrokarbon arama amaçlı yapılan bu çalışmada ilk aşama, amaca uygun sismik veri toplama programını belirlemektir. Veri toplamadaki dizaynın esası ise yeraltının zaman ve uzaklıkla örneklenmesidir. Sıraseki çalışma sahasında önerilecek sismik program, mevcut jeolojik ve jeofizik veriler dikkate alınarak önerilmiştir. Öncelikle sismik programın önerileceği alanın yüzey jeolojisinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu yüzden jeolojik ve jeofizik verileri birbiriyle korele ederek önerilen sismik programlar ile daha doğru yeraltı bilgisine ulaşılmıştır.

Sıraseki çalışma sahasında sismik lokasyon harita üzerindeki sismik hatlar; tektonik trendler ve yüzey formasyonları dikkate alınarak belirlenmiştir. Sismik yansıma kesitlerinin daha kaliteli olması için jeofonların frekans aralığı arttırılmalıdır. Yüksek frekanslı jeofon ile yüksek frekanslardaki sinyaller daha iyi kaydedilecektir.

Çalışma sahasında enerji kaynağı olarak dinamit kullanılmıştır. Ancak vibrosismik aleti kullanılarak istenilen frekanslarda sinyal yollanabileceği için dinamitten oluşan gürültü ve yüzey dalga sinyallerinden elemine olunacaktır ve daha sağlıklı sinyal alınacaktır. 10-140 Hz arasında gönderilecek sinyal ile daha sağlıklı sonuç alınabilecektir.

Sıraseki çalışma sahasında sismik yansıma verileri alırken örnekleme aralığı daha düşük alınmalıdır. 1 ms alınan örnekleme aralığı 0.5 saniyeye düşürülerek kayıt uzunluğu 7-10 sn olacak şekilde arttırılarak geçişler daha iyi gözlemlenmelidir.

Adana Havzası Miyosen istifinde, hidrokarbon aramalarına yönelik yapılmış olan daha önceki arastırmalarda, Karaisali Formasyonu'na ait resifal kireçtaslarının, gözeneklilik ve geçirgenlik açısından birinci derecede hazne kaya özelligini tasıdığı ortaya konulmuştur. Adana Havzası'nda ikinci derecede hazne kaya olarak, Kuzgun ve Handere formasyonlarına ait kumtaşı birimleri düşünülmektedir.

Sıraseki çalışma sahasında ve çevre bölgelerde açılan kuyuların bir kısmında petrol emareleri gözlenmekte olup, havzada bugüne kadar petrol kaynak kaya özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar, bu havzada hidrokarbon oluşumunun gerçekleştiğini göstermektedir. Bu durum da Adana Havzası'nda bu tür çalışmalara devam edilmesi gerektigini ortaya koymaktadır.

Sismik kesitlerde tespit edilen faylar, Miyosen tektoniğinin bölgedeki tüm Miyosen birimlerini etkilemiş olduğunu düşündürtmektedir. Sıraseki çalışma sahasında bundan sonra yapılacak araştırmalarda fay korelasyonunun yapılması ve rezervuar kayaç yerlerinin de buna göre belirlenmesi önerilir.

KAYNAKLAR

ARGER, J. MİTCHELL, J., WESTAWAY, R. W. C., 2000. Neogene and Ouaternary volkanism of southeastern Turkey. Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, special Publications, 173.

BEKLER, T. Sismik Yöntemler Ders Notları,Çanakkale 18 Mart Üniversitesi

BLAKE, M.C., et.al., 1978, Neogene basin formation in relation to plate tectonic evaluation of San Andreas fault system, California Bull., Ass. Petrol. Geol., Vol:62, 344-372p.

BÜYÜKUTKU,A.2003 Adana Havzası KB'sında Miyosen Birimlerinin Ortamsal Analizi ve Petrol Jeolojisi Açısından İncelenmesi**:**Ankara Ünv.Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu.

DÜŞÜNÜR, D, 2004, Orta Marmara Havzası'nın aktif tektonik yapısının deniz jeofiziği akustik yöntemleriyle araştırılması: İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96-100, İstanbul.

EGERAN, N. 1949. Geological characteristics and oil possibilities of the Adana Basin (Southern Turkey). MTA Bull , 39, 27-31.

FOLEY, E. J. 1937. Stratigraphy of the Seyhan region. MTA archives, No.248, unpublished.

GÜNDOĞDU, Y.N 2003. Kuyu Logları ve Uygulama Alanları Ders Notları. www.ankara.edu.tr.

GÜRELİ, O. 2008 Sismik Yansıma Yöntemi ile 2B-3B Veri Toplama Teknikleri, Veri İşlem ve Spektral Analiz, North African Geophysical Exploration Company, Libya.

KARA, V. 2010. Elastik Dalga Teorisi ve Sismik Yansıma Yönteminin Temel İlkeleri. Korsa Basım, Eğitim Yayınları No:14, 361s

KARİG, D.E., KOZLU, H., 1990. Late Paleogene – Neogene evolution of the triple junction region near Maraş, South-central Turkey. Journal of the Geological Society, London, 147, 1023-1034.

KAŞLILAR, A. 2009. Sismik Yansıma Yöntemi ve veri İşlem, JMO eğitim kursları 5-6 Aralık 2009 , Ankara İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü

KEÇELİ, A. 2009. Uygulamalı Jeofizik. Ekim Ajans Matbaacılık Hizmetleri, 479.

KELLING, G., GÖKÇEN, S., FLOYD, P., GÖKÇEN, N., 1987. Neogene Tectonic and pate convergence in the Eastern Mediterranen New Data from Southern Turkey: Geology, V:15, pp: 425-429.

KIRK, H. M. 1935. Geological reconnaissance report on the Seyhan region. MTA Archives, No. 219, unpublished.

KOZLU, H., 1987. Misis-Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi. Türkiye 7. Petrol Kongresi Dergisi. s104 - 116. Ankara.

KÜÇÜK, Z. 2006, İki boyutlu ve üç boyutlu sismik veri toplama ve test atışlarının önemi, Trabzon, 11 p.

MAXON, J. H. 1936. Report on brief inspection of possible oil-bearing structures near Adana. MTA Archives, No. 231, unpublished.

NAZ, H. ve KARABAKIR, U. Tortoniyen resifal kireçtaşı sevîyesînîn üç tıp rezervuar modellemesi Adana Baseni, güney Türkiye.53, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özleri sayfa 61-62.

NUR, A., BEN-AVRAHAM, Z., 1978. The eastern Mediterranean and the Levant: tectonics of continental collision. Tectonophysics, 46, 297-311.

PERINÇEK, D, ÇEMEN, I., 1990. The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey. Tectonophysics, 172, 331-340.

ROBERTSON, A., UNLÜGENÇ, U.C., İNAN, N., TASLI, K., 2004. The Misis – Andırın Complex: a Mid – Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. Journal of Asian Sciences, 22, p. 413-453.

SAKALLIOĞLU, Y., 1992, _İki boyutlu (2-B) sismik program dizaynı ve saha kayıt parametrelerinin seçimi, TPAO kurs notları.

SCHIMDT, G. C., 1961. Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region 47 Petrolium District. 7th Petroleum Admins. Bull. 6. Ankara 47-63s.

SEFUNC, A., 2006. Sismik programların önerilmesi ve parametre tahmini. TPJD Bülteni, Cilt 18, Sayı 1, Sayfa 39-58

SEFUNC, A., 2011. Petrol Aramacılığında Sismik Yorum, Kurs Notları, Ankara.

SÜNNETÇİOĞLU, M. A., and SEFUNÇ, A.,2008. Sonik Log ve Kuyu Kontrol Atışı Hız Bilgilerinin Karşılaştırılması, TPDJ Bülteni, (Cilt 20, Sayı 2): 1-7s.

SÜNNETÇİOĞLU, M. A., and VUR, C. T., 2009. Sismik Yorumda Hızlar ve derinlik Dönüşümü, TPDJ Bülteni, (Cilt 21, Sayı 2): 13-29s.

ŞAHİN, A. 2006. Rezervuar Araştırmalarında Kuyu Loglarının Kullanılması, Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bitirme Tezi, Ankara

ŞAROĞLU, F., Emre, O., Kuscu, I., 1992. Active fault map of Turkey. Printed by General Directorate of Mineral Research and Exploration.

ŞAHİN, K. 2004. Statik Düzetme ve Uygulamaları , Türkiye 16. Uluslar arası Jeofizik Kongre ve Sergisi, 2. Öğrenci Kongresi, Ankara.

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

TERNEK, Z. 1957. The lower Miocene (Burdigalian) formations of the Adana Basin, their relations with other formations and oil possibilities. MTA Bull, 49, 60-80.

US, A. 1998. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 227s.

USTA, D. ve BEYAZÇİÇEK, H., 2006. Adana İlinin Jeolojisi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Adana, 17.

ÜNLÜGENÇ, U.C., 1993. Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey. Unpublished PhD Thesis, Kele University, Two volumes, Vol. 1, p.229, UK.

WESTAWAY, R., 1994. Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean. Journal of the Geophysical Research, 99, 12071-12090.

WESTAWAY, R., ARGER, J., 1996. The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: a complex discontinuity in a major strike-slip fault zone. Journal of the Geological Society, London, 153, 729-743.

YALÇIN, M. N. and GÖRÜR, N. 1984. Sedimentological evolution of the Adana Basin,Proceedings International Symposium on the Geology of the Tourus Belt, 165-172.

YALÇIN, M. N. 1987. Adana Havzası'daki petrol ve dogal gazın kökeni. Türkiye 7. Petrol Kongresi, 427-434.

YETİŞ, C. ve Demirkol, C. 1984. Adana Baseni kuzeybatı kesiminin temel stratigrafisine ilişkin bazı gözlemler. TJK 38, Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, 59-61.

YETİŞ, C., Demirkol, C. and Kerey E. 1985. Facies and enviromental aspect of the Kuzgun Formation, Adana Basin in Turkey. VIIIth Congress of the Regional Commitee on Mediterranian Neogene stratigraphy, 624, Budapest.

YILMAZ, O. 1987, Seismic data processing: Society of Exploration Geophysicists,526 p.

ÖZGEÇMİŞ

Aytül ŞAHİN, 1983 yılında Mersin'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mersin'de tamamladı. 2002 yılında Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2006 yılında bu bölümden mezun oldu ve 2006 yılında özel bir zemin etüt firmasında jeofizik mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2008 yılında Çukurova Üniversitesinde yüksek lisansa başladı. Yüksek lisans eğitimi halen devam etmektedir.