

SİSMİK KESİTLERDE BURULMA FAYLARIN TANIMLANMASI

RECOGNITION OF WRENCH FAULTS ON SEISMIC SECTIONS

Atila Sefünç*, Tayland Efeoğlu*

**TPAO Genel Müdürlüğü, Arama Daire Başkanlığı, 06520 Ankara*

ÖZET

Bu çalışmada burulma faylarının etkisi ile oluşmuş yapısal formların sismik kesitlerdeki tanımlanmasını sağlayan özellikler vurgulanmıştır. Sismik verilerin yorumlanıp haritalanması yeraltı jeolojisinin ortaya çıkartılmasında kullanılan en yaygın yöntemdir. Bu bağlamda sismik kesitler üzerinde burulma (Wrench fault) faylarının tanımlanması ayrı bir önem kazanır. Sismik kesitlerin yorumu sırasında tanımlanan fayın her iki tarafında yer alan seviyelerindeki kalınlık farklılıkları, fasiyes değişiklikleri, farklı atım miktarları, sismik kesitlerde görülen pozitif veya negatif çiçek yapıları yorumlanan fayın burulma fay olduğunu gösteren belli başlı özellikleridir.

Sismik kalitenin kötü olduğu alanlar burulma faylarının detay tanımlanmasını olumsuz yönde etkileyen bir faktörde olsa, yukarıda sözü edilen özelliklerin tanımlanması burulma fay kuşaklarının genişliği ve uzunluğu hakkında yorumcuya önemli ölçüde bilgi verir.

Bu elementlerin söz konusu olduğu durumlarda sismik kesitlerin yorumlanıp haritalanması ile yeraltının yapısal jeolojisini görebiliriz. Yeraltı derinlik haritaları ile fayların yanıl atım miktarlarında tanımlamak mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Doğrultu atımlı fay, burulma fayı, sismik kesit, hidrokarbon aramacılığı

ABSTRACT

In this study, importance of structures formed by strike-slip movement in hydrocarbon exploration is emphasized. Seismic data is the main tool to enlighten underground geology in hydrocarbon exploration. Therefore, recognition of strike-slip faults on seismic sections is of prime importance. Interpreter should think that he is probably dealing with strike-slip fault if the faults: interpreted from seismic section, is vertical or near vertical and cut through the basement, if the thickness of horizons on both sides of the fault changes, if throw of the fault changes from one line to other, if seismic reflections wedge and sudden unconformities seen, and if there exist positive and negative flower structures on seismic section. If the above conditions above exist, mapped horizon should show structural displacement along the fault.

Key Words: Strike-slip fault, Wrench fault, seismic section, hydrocarbon exploration

1.GİRİŞ

Bu çalışma ile Doğrultu atımlı fayların sismik kesitlerden tanımlanmasını sağlayan bilinen özelliklerine sismik veri toplama, veri-işlem ve yorum aşamasında yeni katkılar sağlayacak kriterlerin eklenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın içeriğini konu ile ilgili yayınlanmış makalelerin yanında Güneydoğu Anadolu'da yer alan Adıyaman, Bozova doğrultu atımlı faylarını kesen yaklaşık 300 km'lik 2 boyutlu(2B) sismik hatların değerlendirilmesi ve bu değerlendirme sırasında doğrultu atımlı fay yorumu ile ilgili gözlemlenen bazı karakteristik örnekler oluşturmaktadır (**Şekil-1**).

Çalışmanın amacı iki ana başlıkta özetlenebilir;

- 1-Doğrultu atımlı fay sisteminin geometrisinin yüzey jeolojisinin katkısıyla sismik kesitlerde tanımlamak,
- 2-Sismik kesitlerde görülen bazı özelliklerin doğrultu atımlı faylarla olan ilişkisini ortaya koymaktır.

Doğrultu atımlı faylar, dik veya dike yakın düzlemler boyunca yatay sıkışma kuvvetleri nedeniyle oluşan faylardır. Bir doğrultu atımlı fay kuşağında kıvrımlar, doğrultu atımlı faya merdiven düzeninde ve fay yönünde dar açı yapacak şekilde sıralanır. Bindirme, ters fay, kıvrılma ve yükselme mekanizmalarının egemen olduğu sıkışma rejimi altında ise kıvrımlar dönerek fay zonu içinde doğrultu atımlı faya paralel bir konuma gelirler (Harding,1985). Anderson (1951), Moody (1973) ve Lensen(1958), 'Wrench fault' ve 'Strike –Slip fault' terimlerini eş anlamda kullanmaktadırlar. Ancak, Anderson(1951), Moody(1973) ve Moody ve Hill (1956) tarafından burulma fayları daha çok fay düzlemi dik veya dike çok yakın değerlerde eğime sahip olan doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlanmıştır. Burulma fayı ile ilgili yapısal topluluklar doğrusal, dar, yanal atım özelliği gösteren zonlar boyunca görülürler ve çoğu kademeli (en echelon) düzen gösterirler. Genellikle düşey-normal atımlı burulma fayının yukarı doğru çiçek şeklinde açılan kolları derine indikçe kaybolan negatif çiçek yapısını sınırlar. Fay zonuna paralel uzanan monoklinaller, oblik ve kademeli normal faylar uzaklaşan doğrultu atımlı fayın kenarlarında yer alırlar (Harding,1985). Pozitif çiçek (positive flower) yapısı yine

bir burulma fayı ürünüdür. Fakat negatif çiçek (negative flower) yapısının tersine sıkışma ile oluşmuştur, aşağıdan yukarıya bir birinden uzaklaşan ters atım bileşenli fayların oluşturduğu yapılarıdır. Kademeli kıvrımlar yaklaşan burulma fayın her iki yanında görülür (Harding,1985). Çiçek yapıları kendine özgü kıvrım ve fayları, deformasyon zonu ile olan doğrudan ilişkileri, bölgesel yükselen bloğun süreksizliği ve atımın süreksizliği ile tanınırlar (**Şekil-2a / 2b**).

Hidrokarbon kapanlanması özellikle kademeli yapılarda olup, yer yer doğrudan doğrultu atımlı faya dayalı yapısal kapanlarda vardır (Harding and Lowell,1979). Burulma fayları aynı zamanda önemli hidrokarbon kapanları oluşturabilir. Doğrultu atımlı fay sistemleri ve bu sistemlerle ilişkili yapısal elementler hidrokarbon aramacılığı için önemli potansiyel yapılar olarak görülmektedir. Örneğin Kaliforniya'da San Andreas Fayı'nın batısında bulunmuş olan petrolün %90'dan fazlası son 15 milyon senede, doğrultu atımın gelişim süresince, Tersiyer havzalarında birikmiştir (Blake ve diğerleri,1978). Ülkemizde de Adıyaman (**Şekil-3**) ve Terzili (**Şekil-4**) doğrultu atımlı faylarının (Perincek,1991) oluşturduğu yapısal kapanlarda TPAO tarafından önemli hidrokarbon keşifleri yapılmış ve yapılmaktadır. Bunun nedeni, doğrultu atımlı fay sisteminin basen ve kapan oluşumu için ideal koşullar sağlamasıdır. Bu anlamda doğrultu atımlı fayların sismik kesitlerden tanımlanması sağlayan kriterler önem kazanmaktadır. Genellikle düşey-normal atımlı burulma fayının yukarıya doğru çiçek şeklinde açılan kolları derine indikçe kaybolan negatif çiçek yapısı ile sınırlanır. Fay kuşağında paralel uzanan monoklinal, oblik ve kademeli normal faylar doğrultu atımlı fay kenarlarında yer alırlar.

Burulma faylarında sıkışma ile oluşan yerel anlamdaki görünüm bindirme kuşağına benzeyebilir ve bu kuşağın tüm sismik özelliklerini taşıyabilir (**Şekil-5**). Bundan dolayı bölgesel anlamdaki yapısal jeolojik modelin büyük önemi vardır.

Genelde tüm fay tiplerinde gelişen özellikler burulma faylardada görülebilir. Bu özellikler,

- 1-Yüzey jeoloji haritaları üzerindeki genel görünümü,
- 2-Fayın karşılıklı bloklardaki fasiyes değişiklikleri,
- 3-Fay boyunca genişliği değişken deformasyon kuşakları,
- 4-Oldukça dik açılı ve temele kadar uzanan faylar,
- 5-Metamorfik veya volkaniklerden oluşan temelde düşey atım.

4. SİSMİK VERİDEN DOĞRULTU ATIMLI FAYLARIN TANIMLANMASI

Doğrultu atımlı fayların sismik kesitlerden tanımlanmasında yüzey jeolojisinden başlayıp sismik veri toplama, veri-işlem ve sismik yoruma kadar uzanan bazı kriterlere uygun değerlendirme yapılmalıdır.

Doğru sismik yorum ile sismik kalite arasında doğrusal bir ilişki vardır. Ancak doğrultu atımlı fayların bulunduğu alanlarda sismik yorumun doğruluğu sismik kaliteye bağlıdır. Doğrultu atımlı fayların düşey ve yatay atımlarına bağlı olarak formasyonların fayın her iki tarafında devamlılığının olup olmadığı veya formasyon kalınlığının, fasiyesinin değişip değişmediği sismik kesitlerden tanımlanabilir. Bu durum sismik kalitenin zayıf olması halinde ve yüzey jeolojisinden bağımsız olarak yapılan yorumlarda büyük hatalara neden olabilir (Harding,1990).

Birçok tektonik yapının sismik kesitteki görünümü burulma fay sistemini andırabilir. Bu ikilemeden kurtulmak için yüzey jeolojisinden ve bölgesel tektonikten faydalanılması gerekir. Sismik verilerde tanımlanan tektonik modellerin jeolojik desteği mutlaka olmalıdır. Çünkü sismik hatlar yüzey jeolojisinden tanımlanan tektonik modele göre atıldığında daha doğru veri toplanabilir. Yani tektonik hatlara dik ve sık aralıklarla atılan sismik hatlar ile daha doğru değerlendirme yapılır. Yüzeyin örtülü olduğu alanlarda Gravite ve Manyetik verilerden faydalanılarak tektonik trendler belirlenebilir. Gravite ile saptanan yükselim ve alçalım trendlerine uygun atılan sismik hatlar ile amaca yönelik olarak daha doğru yorum yapılabilir.

Sismik kesitler üzerinde doğrultu atımlı fayların tanımlanmasında aşağıdaki özellikler önem kazanmaktadır. Öncelikle yüzey jeolojisinden bölgesel veya detay anlamda tanımlanmış olan yapısal modeli (doğrultu atımlı fayları) bilmemiz halinde aşağıda belirtilen özellikleri sismik kesit üzerinde tanımlanabilmektedir.

4.1 Doğrultu atımlı fay kuşaklarının sismik görüntüsü

Burulma faylarını dik kesen sismik kesitlerden ana faya paralel kademeli fayları saptamak olasıdır. Bu fayların çok sık veya çok kırıklı olması halinde sismik sinyal bu tip fay kuşaklarında saçılır ve elde ettiğimiz sismik kesitin bu kuşağı kapsayan alanda sinyal/gürültü (S/G) oranı düşük olur. Burulma faylarında fay kuşağı sismik kesitlerde dar veya geniş olarak tanımlanabilir.

Fay tek bir dogrusal düzlemde oluşabileceği gibi birden fazla fay zonlarından oluşabilir. Bunların tümünü fay kuşağı olarak tanımlarız. Fay kuşaklarının geniş veya dar olduğunu yüzey jeolojisi ile örtülü alanlarda sismik kesitlerle tanımlamak mümkündür.

Çalışılan herhangi bir sahada mevcut 2B'lu sismik veriden faydalanarak kötü sismik kaliteli (S/G oranı düşük) alanları haritalıyarak önemli bilgiler elde edebilir.

1-Yüzeyde yer alan bazı formasyonlar (kireçtaşı,bazalt veya ofiyolit vb.) üzerinde S/G oranı düşüktür. Bu durumda oluşan kötü sismik kaliteli alanın fay zonuyla ilgisi yoktur denilebilir. Çünkü bu alanda S/G oranının düşük olmasının nedeni yüksek hızlı yüzey formasyonlarıdır.Bilindiği gibi yüksek hızlı yüzey formasyonları sismik enerjinin derinlere gitmesine engel olur. **Şekil-6**'daki sismik kesitte ise yüzeyde yer alan kireçtaşının sismik kaliteye olan olumsuz etkisi görülmektedir.Ancak yüzeyde yer alan yüksek hızlı yüzey formasyonlarının neden olduğu düşük S/G oranına sahip alanlar fay zonlarıyla çakışabilir. Bu durumda sismik yorumda sismik kalitenin zayıf olmasının hangi nedenle olduğu konusunda zorlanabiliriz (**Şekil-7**).

2-Yüzey formasyonunun sismik enerjinin yayılması için ideal olmasına rağmen S/G oranının düşük olmasının nedenini doğrultu atımlı faylar oluşturabilir. Doğrultu atımlı fayların yapısında görülen yüksek eğimli tabakalar ve çok faylı yapısal oluşumlar sismik enerjinin saçılmasına ve bunun sonucundada sismik kalitenin düşük S/G oranına sahip olmasına neden olabilir.

Şekil-8'de Sinop-Boyabat sahası yüzey tektonik haritasını görülmektedir. Bu fayları kesen 2B'lu sismik hatların yorumunda zayıf sismik kaliteli alanlar (S/G oranı düşük) saptanmış ve haritalanmıştır (**Şekil-9**). Sismik kalitenin düşük olduğu alanların güneyden kuzeye doğru küçüldüğü

Şekil-9' da görülmektedir. Bu alanların güneyden kuzeye doğru Ekinveren Fayı(1), Erfelek fayı(2) ve Ballıfakı faylarına (3) karşılık geldiği görülmektedir. (A.Sefünç and İ.Abaloğlu,1995).Bu fayları kesen AA' ve BB' sismik hatlarını **Şekil-10** ve **Şekil-11'** de görülmektedir.

Bu fayların doğrultu atımlı fay özelliği taşıması sismik kalitenin bozuk (S/G oranı düşük) olduğu alanlarla tektonik arasında bir ilişki olduğunu açıkca ortaya koymaktadır. Bizi bu yoruma götüren başlıca neden ise yüzeyde yer alan formasyonların (Kusuri, Çağlayan fm.ları) sismik kalitenin iyi olmasını sağlayacak özelliklere sahip olmasına rağmen belirli alanlarda sismik kalitenin zayıf olmasının ana nedeninin doğrultu atımlı faylar olmasını düşünmemizdir. Ayrıca **Şekil-9'** daki sismik kalite haritasındaki S/G oranı düşük alanların birden fazla kademeli fayların oluşturduğu fay zonu olarak yorumlanabiliriz. **Şekil-9'** da yer alan fay zonu trendlerinin güneyden kuzeye doğru küçülmesi ise, ana fayın (Ekinveren fayı) güneyde yer aldığını diğer fayların (Erikli ve Ballıfakı) etki alanının ise kuzey'e doğru zayıfladığı biçimde yorumlanabilir.

4.2 Temele kadar uzanan dike yakın ve karmaşık geometriye sahip faylar;

Sismik kesitlerde sismik kalitenin iyi olmasına bağlı olarak temele kadar uzanan fayları tanımlamak olasıdır. Bu tip fayları tanımlamak için temel derinliğe bağlı olarak sismik veri toplamada yüksek şarj 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. Genelde sediman **Şekil-12a / Şekil-12b'** de Adıyaman fayını kesen bir sismik hatta temelde meydana gelen yüksek atımı net olarak görülmemektedir. Örneğin 'B' seviyesinin fayın diğer tarafında B1 seviyesine karşılık gelmektedir.

4.3 Fayın her iki tarafındaki formasyonların devamsızlığı;

Fayın bir yanında olan seviyenin diğer yanında olmaması veya diğer bir tanımıyla devam etmemesi doğrultu atımlı fayların başlıca karakteristik özelliklerinden birisidir. Örneğin **Şekil-13'**deki sismik kesitte fayın bir tarafında yer alan A, B, C ve D seviyelerinin fayın diğer tarafında devam etmediği görülmektedir.Ayrıca kesitte A, B, C ve D seviyelerinin sismik karakterinin fayın diğer tarafında belirgin olmamasıda seviyelerin devamının olmadığı yorumunu kolaylaştırmaktadır.

Sismik yorumda doğrultu atımlı fayların tanımlanmasında dikkat edilmesi gereken şeyin aynı litolojiye sahip farklı jeolojik zaman konağında çökelmiş formasyonların aynı sismik cevabı vermesidir. Bu durumda sismik yorumda hata yapılabilir.Sismik karakterleri litoloji belirler. Örneğin farklı jeolojik zamanlarda çökelmiş kireçtaşının sismik yansıması aynıdır. Bundan dolayı doğrultu atımlı fayın her iki tarafında aynı sismik karaktere sahip fakat jeolojik yaşı farklı formasyonlar görülebilir. Bu durumda bu sismik yansımaları birbirinin devamı olarak yorumlamak ciddi yorum hatalarına neden olabilir. Hidrokarbon aramalarında bir formasyonun fayın diğer yanındaki devamsızlığı gerek kaynak kaya gerekse rezervuar açısından önemlidir. Bunu saptamak için fayın her iki tarafında açılmış olan kuyu

bilgilerini denestirmek gerekir. **Şekil-14**'de ise doğrultu atımlı bir fayın farklı (eğik) fay izi görülmektedir. Bu durum, aynı fay doğrultusu üzerinde farklı atımların oluştuğunu gösteren örneklerden birisidir.

4.4 Fayın her iki tarafında fasiyesinin ve kalınlığının değişimi

Doğrultu atımlı fayların her iki yanında yer alan formasyonun sismik karakterinin fayın bir yanından diğer tarafına değişmesinin nedeni yanal ve düşey ortamda fasiyesinin değişmesidir. Bu sismik kalitenin iyi olduğu alanlarda daha net olarak görülebilir. Sismik kesitteki yansımaların frekans ierisinin değişmesi fasiyes değişimini gösteren en belirgin özelliktir. **Şek-15'** de Adıyaman doğrultu atımlı fayını kesen sismik kesitte fayın her iki yanında sismik yansımaların frekans ierisinin değişmesinin fasiyes değişiminin bir göstergesi olduğu söylenebilir. Yine Adıyaman fayını kesen **Şekil-16a / Şekil-16b'** de fayın her iki yanındaki fasiyes ve kalınlık değişimleri görülmektedir. Doğrultu atımlı fayların her iki yanında formasyonların kalınlıklarında değişiklik olabilir. Brezilya'daki Piaul baseninde bir örnekte ise fayın her iki yanında yer alan A fasiyesindeki kalınlık değişimini görmekteyiz (**Şekil-17**).

Doğrultu atımlı fayların her iki yanında formasyonların kalınlıklarında değişiklik olabilir. Bu durum fayın düşey atımının saptanmasında sorun oluşturabilir. Kalınlık değişimlerinin saptanmasında doğrultu atımlı fayın her iki tarafında aılmış olan kuyu bilgisinin önemli katkısı olacaktır. **Şekil-18**'de fayın bir tarafında yer alan formasyonun fayın diğer tarafında sismik karakterinin birbirine benzemesine karşın devam edip etmediği konusunda dikkatli olmaktadır.

4.5 Yanal atımın tanımlanması

Yanal atım yüzey jeolojisinden tanımlanabildiği gibi örtülü alanlarda sismik verinin olması halinde, formasyonların zaman veya derinlik haritalarında yanal atım miktarı saptanabilir. **Şekil-19**'da doğrultu atımlı fayların derinlik haritasındaki konumu görülmektedir. Haritadan fayın sağ atımlı olduğunu ve (a) mesafesi ile atım miktarını saptarız. Bu atımın saptanmasında fay korelasyonunun önemi büyüktür. Yanlış fay korelasyonu yanlış tektonik modele gtrelebilir. Bundan dolayı zaman ve derinlik haritalarından yanal atımı saptamak iin 3B'lu sismik verinin kullanılmasında zorunluluk vardır.

4.6 Doğrultu atımlı fayların neden olduğu değişken ortalama hızlar

Doğrultu atımlı fayların her iki yanında değişken formasyon kalınlıklarına ve litolojilerine bağlı olarak formasyon ara hızlarında meydana gelen farklılıklar fayın her iki yanında farklı ortalama hızlara neden olabilir. Doğrultu atımlı fayların en önemli özelliği düşey ve yatay yöndeki atım nedeniyle fayın her iki tarafında oluşturduğu farklı formasyon kalınlıklarıdır. Bilindiği gibi formasyon kalınlıklarının ve litolojilerinin değişik olması farklı ara hızlara ve dolayısıyla farklı ortalama hızlara neden olacaktır. **Şekil-20**'de Kızıldeniz'den bir örnekte (Lowell et al.1975) doğrultu atımlı bir fayın her iki tarafında saptanan hızlarda farklılıklar olduğu görülmektedir. ok kısa bir mesafede meydana gelen bu hız farklılıklarının gidiş-geliş zaman haritalarından derinlik haritalarına dönüşümde hatalara neden olabilir.

Bu sorun fayın her iki tarafındaki hiz bilgilerinin birbirinden bağımsız düşünerek haritalanması ile daha doğru derinlik haritaları elde edilebilir. Böylece fayın heriki tarafındaki derinliklerini daha doğru tanımlanması ile hidrokarbon aramalarında önemli potansiyel sunan burulma fay tektoniğide doğru olarak tanımlanmış olur. Bu tür durumlarla doğrultu atımlı fayların bulunduğu her yerde karşılaşabiliriz.

4.7 Burulma faylarında fay korelasyonu

Burulma faylarını dik kesen 2 boyutlu (2B) sismik kesitler korele edilerek tektonik model tanımlanabilir. Bu korelasyondaki en büyük özellik, birbirine paralel 2B'lu sismik kesitlerde yüzey jeolosinin aynı olmasına rağmen, kesitlerde birbirinden farklı yapısal görüntünün olması burulma fay tektoniğini anımsatan başlıca özelliklerden birisidir. Ancak bu kaniya varmak için sismik hatlar arası uzaklığı da dikkate almak gerekir. Sismik hatlar arası uzaklığın 500 m'den fazla olması yapısal yorumda hata olasılığını artırır.

Diğer bir belirgin özellikte aynı fay doğrultusu boyunca birbirine ters doğrultuda atımların olmasıdır. Örneğin aynı fay doğrultusunda normal ve ters bileşenlerinin olmasıdır. 2B'lu sismik verinin yorumunda en büyük risk fay korelasyonudur. Aynı sahanın farklı kişilerce yorumlanması sonucunda ortaya çıkan yorum farklılığının başlıca nedeni tektonik modelden (fay korelasyonundan) kaynaklanmaktadır. 2B'lu sismik veri ile yapılan fay korelasyonunda sismik hatlar arası uzaklık yorum farklılıklarının başlıca nedenidir. Genelde 2B' lu sismik hatlarda tanımlanan fayların birbirinin devamımı (yani tek parçamı) yoksa birbirinden bağımsız mı olduğu konusunda kesin yorum yapılmasına olanak yoktur. Örneğin **Şekil-21'** de doğrultu atımlı bir fayı kesen 4 kesitteki farklı yapısal geometri görülmektedir (Richard et al.,1995). Bu tür yapısal geometrilerin korelasyonunu 2B'lu sismik veri ile yapmak zordur. Genelde hatalı fay korelasyonu yapma olasılığı yüksektir. Bu sorun ancak 3 boyutlu (3B) sismik verinin değerlendirilmesi ile giderilebilir. Çünkü 3B'lu sismik veride sismik hatlar arası genelde 25 m'dir. Diğer bir tanımla jeolojik bir olayı (fayı veya formasyonu) 25 m aralıklarla takip etme olanağı vardır. Bu durum fayların tek parçamı, yoksa birçok parçadan mı oluştuğunu (en echelon) tanımlamada büyük kolaylık sağlar. 3B'lu sismik verinin farklı kişilerce yorumlanması ile tektonik modelde fazla bir değişiklik olmaz. **Şekil-22'de** (Stone .,1986) 3B'lu sol atımlı burulma fayı gösteren blok diyağram üzerinden geçen 3 jeolojik kesitte farklı atımlara sahip kesitler görülmektedir. Bu tür yapılar üzerinden atılan sismik kesitlerde yukarıda belirtilen özellikleri görülğinde burulma fay tektoniğinden bahsedebiliriz.

5. BURULMA FAYLARININ TANIMLANMASINDA TUZAKLAR

Birçok tektonik yapının sismik kesitteki görünümü burulma fay sistemini andırabilir. Çünkü burulma fayları geniş bir alanı kaplayan açılma (pull-apart) ve bindirme (compression) tektoniği ile aynı görünümü verebilir. Bunun birincil nedeni sismik veriyi yorumlayan kişinin jeolojik olarak burulma fay sisteminin özelliklerini tam tanımlayamamış olmasından kaynaklanabilir.

Bu durumu önlemek için gözönüne alınması gerekenler:

1-Aynı yapısal özellikleri gösteren fakat farklı yapısal tanımını olan tektonik yapılar dikkate alınmalıdır.Örneğin burulma fayların önemli özelliği olan temelde oluşan atımın terslenme (inversion faults) faylardada olması ,

2- Burulma tektoniğinde görülen ters fayların bindirme tektoniği olarak yorumlanması,

3- Sismik veri-işlem uygulamasında burulma tektoniğinin neden olduğu yüksek eğimli olayların saçılma (diffraction) veya 3. boyuttan gelen gürültü olarak algılanması,

4-Burulma tektoniğe sahip sahalarda mutlaka migrasyonlu kesitlerin kullanılması,

5-Sismik kesitlerde görülen düşük sismik kaliteli alanlar (Sinyal/gürültü oranı düşük) burulma fay kuşağı olarak yorumlanabildiği gibi yüzeyde yer alan yüksek hızlı yüzey formasyonlarının (Bazalt,kireçtaşı, ofiyolit vb.) neden olduğu düşük S/G oranındanda kaynaklanabilir.

6- 2B'lu sismik veriden yapılacak burulma fayı korelasyonlarında hata oranlarımızın yüksek olacağı gözönünde bulundurulmalıdır.

6.SONUÇLAR

Türkiye genelinde çok yaygın olduğu gözlenen burulma fay sistemi hidrokarbon aramalarında önemli bir yer tutar. Ancak burulma fayı tektoniğini tanımlamak için jeofizik (veri toplama, veri işlem ve sismik yorum) verilerin değerlendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken unsurlar vardır. Bu çalışmanın sonucuna göre burulma fayının tanımının yapılabilmesi gerekenler aşağıda sıralanmıştır:

1-Sismik hatlar (2B,3B) doğrultu atımlı faylara dik atılmalıdır. Fayı açılı kesen (oblik) sismik hatlar fay zonunu olduğundan daha geniş gösterir,

2- Burulma fayların bulunduğu alanlarda eğimlerin yüksek olması yığma işlemini zorlaştırır. Düşük katlamalı (fold) sismik veriler yapısal anlamda burulma tektoniğini daha iyi tanımlıyabilir.

3-Veri toplamada burulma faylarında eğimlerin yüksek olması nedeniyle yakın ve uzak ofsetlerdeki sismik verinin kullanılmasına gereksinim duyulacağından uzun serim boyları kullanılmalıdır.

4- Burulma tektoniğinin temelde oluşturduğu atımın tanımlanması için sismik enerji penetrasyonunu artırmak gerekir. Bunun içinde yüksek şarj (dinamit) kullanılmalıdır.

Aynı zamanda yüksek şarj düşük frekanslı sinyal oluşturması nedeniyle yığma(stack) işlemini kolaylaştırarak burulma fay tektoniğinin saptanmasına büyük katkı sağlayacaktır,

5-Burulma fay tektoniğinde tabakaların eğimli olması tekrarlı yansımaların oluşmasına neden olmaz. Bu durum sismik yorumu kolaylaştırır.

6-Doğrultu atımlı faylara paralel (strike) hatlarda meydana gelen düşük sinyal/gürültü oranı kaliteyi olumsuz etkiler. Bundan dolayı fay'a paralel hatları önermek ve yoruma dahil etmek konusunu hiç düşünülmemelidir.

7- Burulma faylarında tabaka eğimlerinin yüksek olması migrasyonlu sismik kesitlerin katkısını artırır. Sismik yorumda mutlaka miğrasyonlu (Prestack time migration)) kesitler kullanılmalıdır.

8-Öncelikle pozitif çökek yapılarında ters fay yükselimleri sismik kesitlerde hız çekmelerine (Velocity pull-up) neden olabilir.

9- Burulma tektoniğindeki yoğun faylanma 2B' lu sismik veri toplamada 3. boyuttan gelen gürültülerin artmasına neden olur. Bundan dolayı burulma tektoniğinin olduğu yerlerde üçüncü boyut gürültülerini ortadan kaldıran ve fay korelasyonunu kolaylaştıran 3D sismik veri tercih edilmelidir.

10-Doğrultu atımlı fayların rejyonel yorumunda (genel fay trendinin belirlenmesinde) gravite ve manyetik haritalarının kullanılması tektoniğe katkı sağlar.

11-Sismik yorumda küçültülmüş (A4 formunda) sismik kesitlerden burulma fayının özelliklerini gözden kaçırabiliriz.

12- Burulma fayları dik kesen (2B) sismik hatlarda sismik korelasyona (sismik karakterlerin devamsızlığına) çok dikkat edilmelidir,

13- Burulma fayları boyunca fayın her iki tarafındaki farklı hızların olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

14-Sismik zaman kesitlerinde yatay ve düşey ölçek oranları 2:1 ,derinlik kesitlerinde ise 1:1 oranında olmalıdır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın değişik aşamalarında yorum ve katkılarından yararlandığımız Türkiye Petrolleri A.O Jeologlarından A.Sami Derman'a, İ.Abaloğlu'na ve TPAO danışmanı

D.Perinçek'e teşekkür ederiz. Adıyaman ve Sinop-Boyabat sahasında yer alan sismik kesitleri değerlendirmemiz için olanak sağlayan ve çalışmamızın sonuçlarını yayınlamamıza müsaade eden Türkiye Petrolleri Anonim ortaklığına ve Arama Grup Başkanlığına şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKÇALAR

Anderson, E.M., 1951, The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain: Edinburgh and London, Oliver and Boyd, P.206.

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.

Stone, S.D., 1986 Baumgartner Oil Company, Denver Colorado

Harding, T.P. 1985, Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures and positive structural inversion, AAPG Bull., Vol:69, P.582-600

Harding, T.P. 1990, Identification of Wrench Faults Using Subsurface Data: Criteria and Pitfalls, AAPG Bull., Vol:75, P.241

Harding and Lowell, 1979

Howard J. Yorston., Advanced Seismic Interpretation-OGCI

Lensen, G.J., 1958, A method of horst and graben formation. Jour. Geology, Vol:66, P.579-567

Moody, J.D., 1973, Petroleum exploration aspects of Wrench fault tectonics: AAPG Bull. Vol:57, 3P.449-476.

Moody, J.D. ve Hill, M.J., 1956, Wrench-fault tectonics: AAPG. Vol:57,3, P:449-476.

Lowell, 2000

Lowell, J.D., 1985, Structural Styles in Petroleum Exploration-OGCI

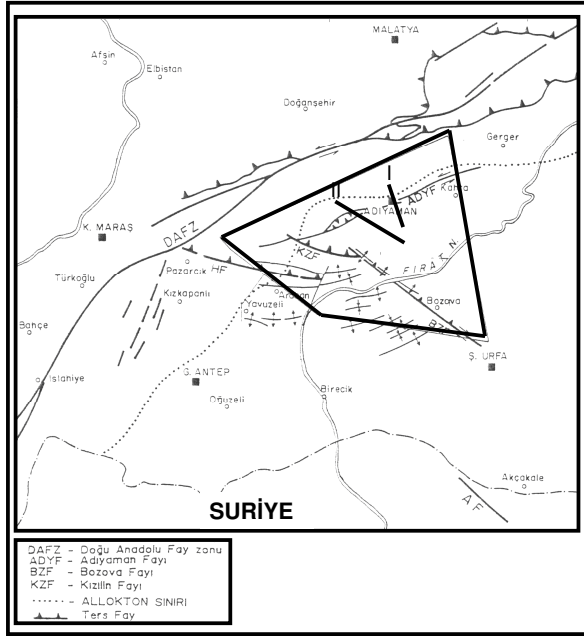
Lowell et al, 1975

Reading, H.G., 1980, Characteristics and recognition of Strike-Slip fault system, Sec. Publ. Int. Ass. Sediment, 4, P. 7-26

Perinçek D., 1991, Possible Strand of the North Anatolian Fault in the Thrace Basin, Turkey-An Interpretation. AAPG Bull. Vol:75, P.241-257

Sefunç an Abalıoğlu, 1995

Tearpock, D.J., Bischke, R.E., 1991, Applied Subsurface Geological Mapping, Prentice Hall, NJ, USA.

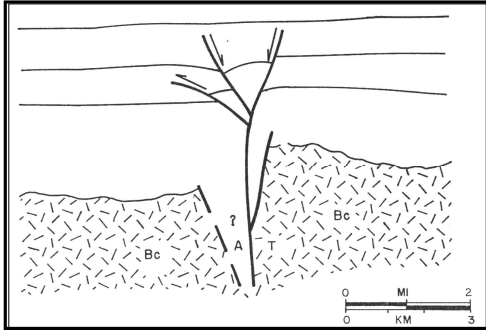
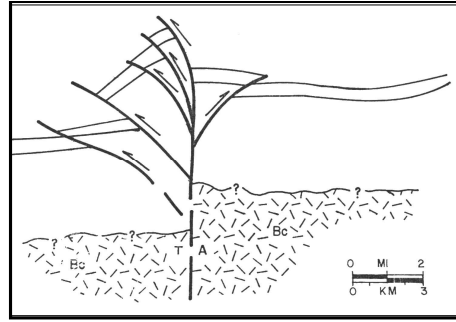


Şekil 1: Perinçek ve diğ.'den (1984) alınan tektonik harita üzerine sismik kesitlerden saptanan yapısal formlar eklenmiştir (Sefünç, 2004)

Figure 1: Structural forms detected from seismic sections are added to the tectonic map produced by Perinçek et.al. (1984) (Sefünç, 2004)

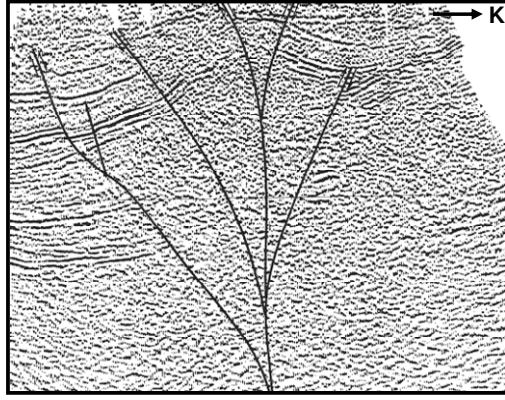
Şekil 2a: Pozitif çiçek yapısı (Harding,1985)

Figure 2a: Positive flower structure(Harding,1985)



Şekil 2b: Negatif çiçek yapısı(Harding,1985)

Figure 2b: Negative flower structure(Harding,1985)

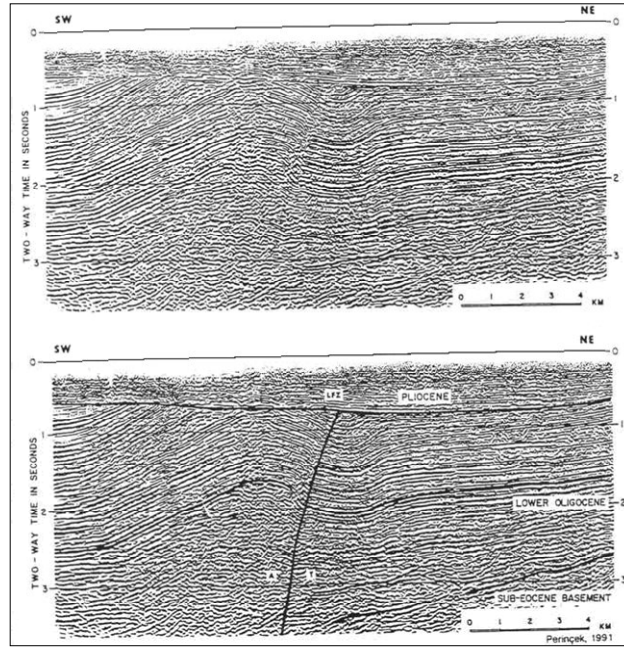


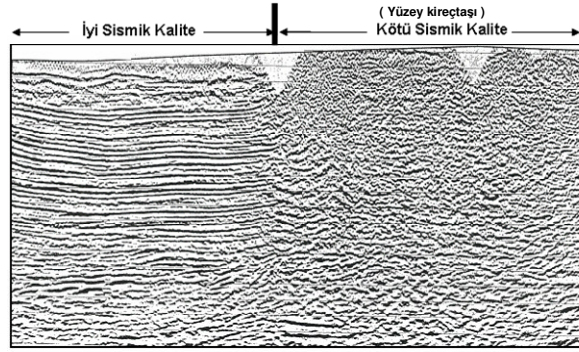
Şekil 3: (Sefüncü,2003).Adiyaman fay zonunun kateden migrasyonlu sismik kesit pozitif çiçek yapısına örnek olarak verilebilir.

Figure 3:(Sefüncü,2003).Migrated seismic section across Adiyaman fault zone can be given as an example to the positive flower structure.

Şekil 4:Lüleburgaz fay zonunu kesen migrasyonlu sismik kesit,yorumsuz (üstte), yorumlu (altta) , (Perinçek,1991)

Figure 4:Migrated seismic section across Lüleburgaz fault zone, uninterpreted (top) and interpreted (bottom), (Perinçek, 1991).





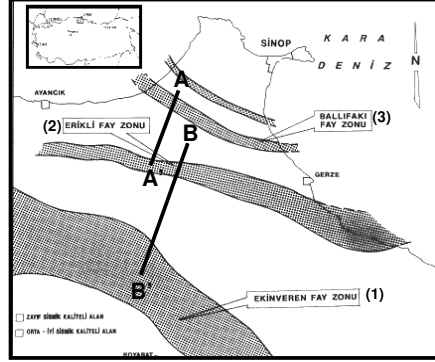
Şekil 6 : Yüzeyle yer alan yüzeyle formasyonlarının Sinyal/Gürültü oranının düşük olması sonucu oluşan zonun fay zonu ile karıştırılmaması gerekir (TPAO)

Figure 6: Low data quality zone formed due to low Signal/Noise ratio of surface layers should not be confused with fault zone (TPAO)

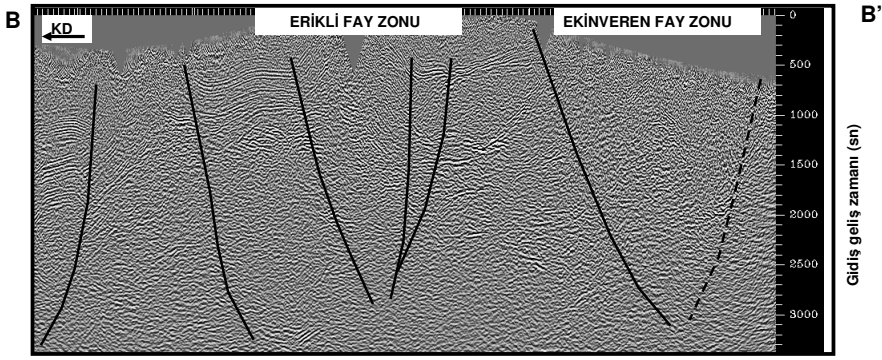


Şekil 8 : Sinop-Boyabat sahası yüzeyle tektonik haritası (TPAO)

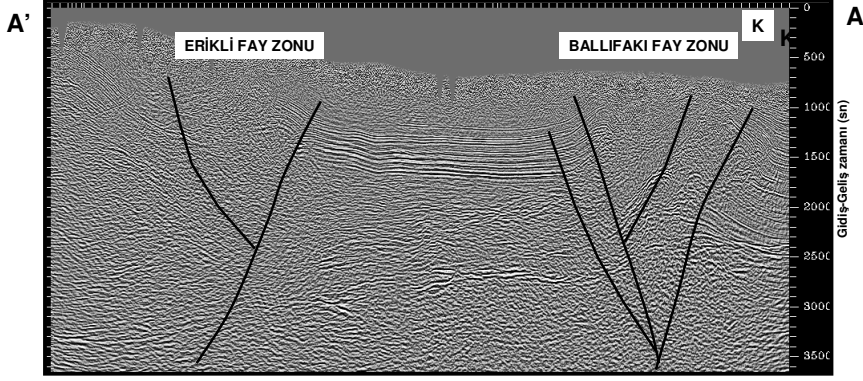
Figure 8 : Surface tectonic map of Sinop-Boyabat field (TPAO)



Şekil 9 : Batı karadeniz Sinop –Boyabat arası sismik kalite haritası (Sefünç, 1995).
Figure 9 : Seismic quality map of Western Black Sea region (Sinop- Boyabat) (Sefünç,1995).

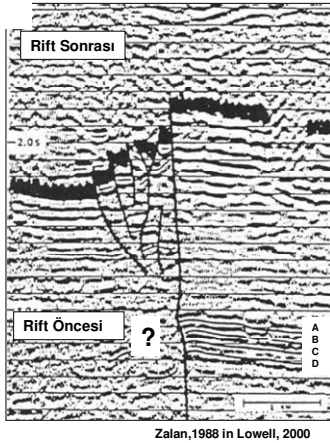


Şekil 11: Sinop-Boyabat baseninde Eriklı-Ekinveren fay zonlarının üzerinden geçen sismik kesit (Şekil 9'deki BB' hattı).
Figure 11: Seismic section passing through Eriklı-Ekinveren fault zones (Line BB' in figure 9) in Sinop-Boyabat Basin.



Şekil 10 : Sinop-Boyabat baseninde Ballıfakı-Erikli fay zonlarının üzerinden geçen sismik kesit (Şekil 6b'deki AA' hattı).

Figure 10 : Seismic section passing through Ballıfakı-Erikli fault zones (Line AA' in figure 6b) in Sinop- Boyabat Basin.



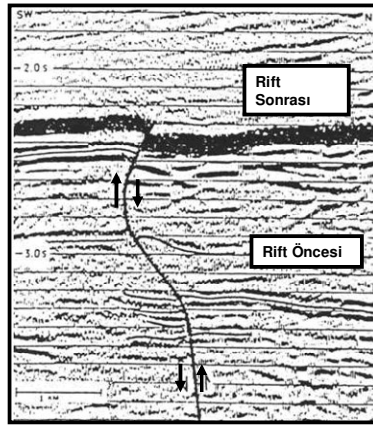
Şekil 14 : Doğrultu atımlı fay izinin karmaşık geometrisi, Piaul Baseni, Brezilya (Lowell,2000).

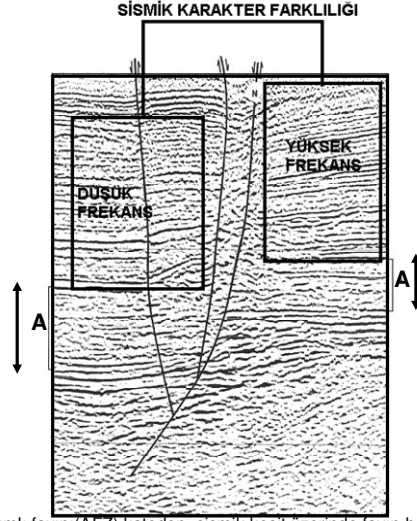
Figure 14 : Complex geometry of strike-slip fault trace, Piaul Basin, offshore Brezil (Lowell,2000).

Zalan, 1988 in Lowell, 2000

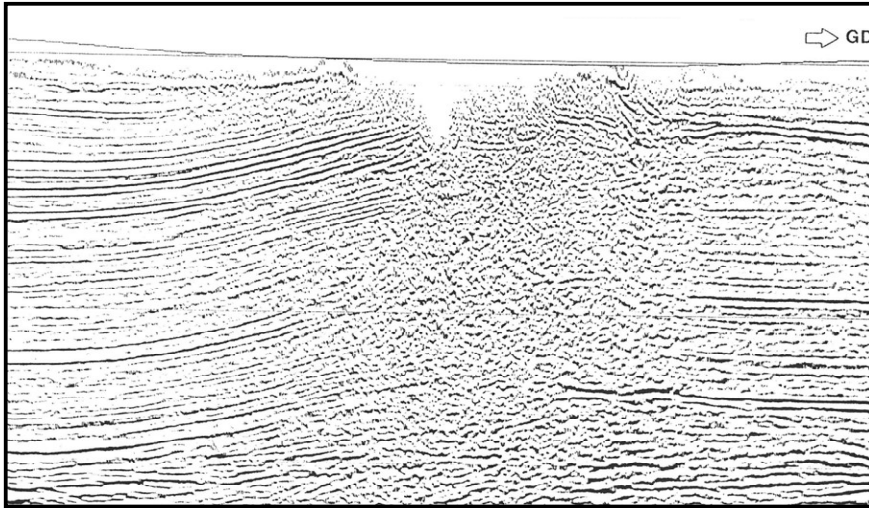
Şekil 13 : Sismik fasiyes kalınlığında ani değişiklik, Piaul Baseni, Brezilya. A,B,C,D seviyeleri fayın karşı bloğunda yer almamaktadır (Lowell,2000).

Figure 13 :Abrupt change in thickness of seismic facies in Piaul Basin, offshore Brezil. A,B,C,D horizons are missing across the fault (Lowell,2000).

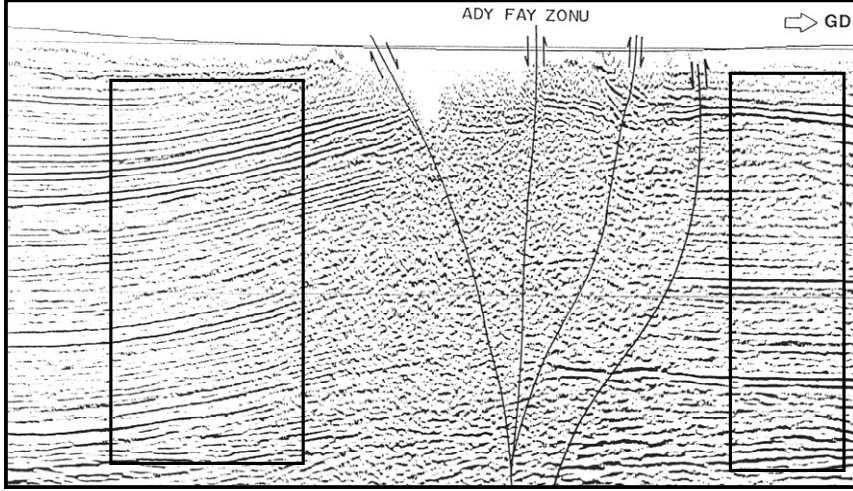




Şekil 15: Adıyaman doğrudu atımlı fayını(AFZ) kateden sismik kesit üzerinde fayın her iki tarafındaki fasiyes değişiklikleri
Figure 15: Facies change both side of AdıyamanStrike-slip fault (ADZ)on migration seismic section



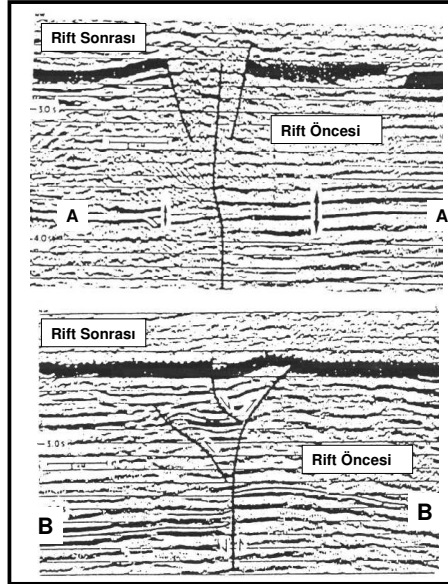
Şekil 16a:Adıyaman (ADY) fay zonunu kesen migrasyonlu sismik kesit (yorumuz) (Şekil- 1'deki II Nolu hat).
Figure 16a:Migrated seismic section across Adıyaman (ADY) fault zone (uninterpreted) (Line-II in figure 1).



Şekil 16 b :Adiyaman (ADY) fay zonunu kesen migrasyonlu sismik kesit (yorumlu). (Şekil-1' deki Hat no II)
Figure 16 b: Migrated seismic section across Adiyaman (ADY) fault zone (interpreted). (Line-II in Figure-I)

Şekil 17 : Sismik fasiyes kalınlığında ani değişiklik, Piaul Baseni, Brezilya (Lowell, 2000).

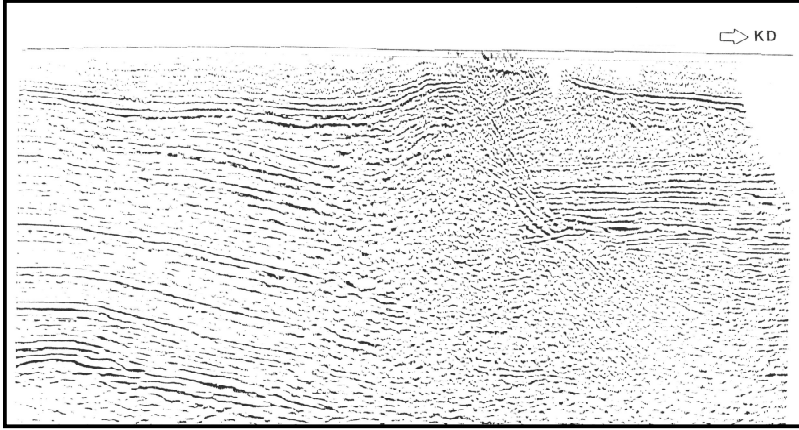
Figure 17 :Abrupt change in thickness of seismic facies in Piaul Basin, offshore Brazil (Lowell, 2000).



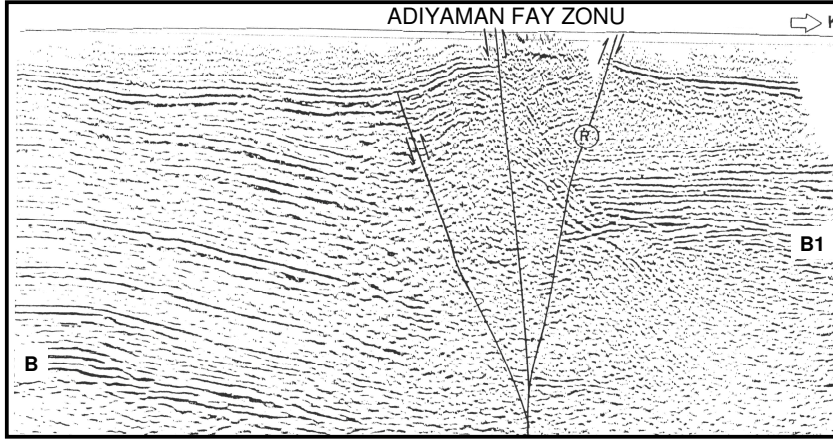
Şekil 18 : Çiçek yapısı örneği, Piaul Baseni, Brezilya (Lowell, 2000).

Figure 18 : Flower structure in Piaul Basin, offshore Brazil (Zalan, 1988 in Lowell, 2000).

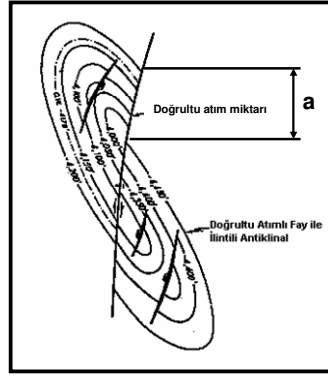
Zalan, 1988 in Lowell, 2000



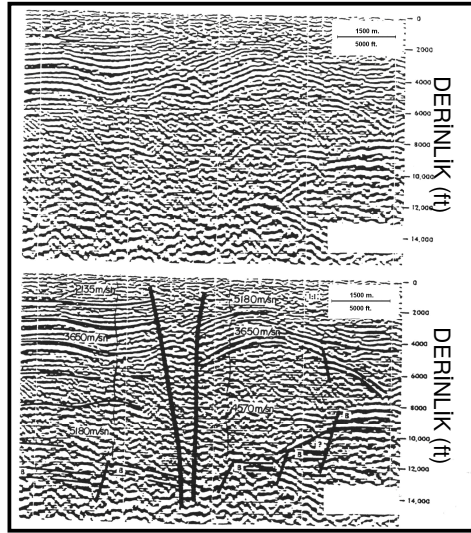
Şekil 12 a : Adiyaman fay zonunu (AFZ) kateden yorumuz migrasyonlu sismik kesit (Şekil 1'deki 1 nolu hat)
Figure 12 a : Uninterpreted migrated seismic section across Adiyaman fault (AFZ) (Line-I in figure 1).



Şekil 12 b : Adiyaman fay zonunu kateden yorumlu migrasyonlu sismik kesit (Hat no-I).
Figure 12 b : Interpreted migrated seismic section across Adiyaman fault zone (Line-I in Figure-1).



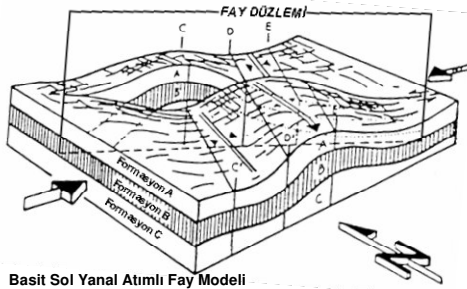
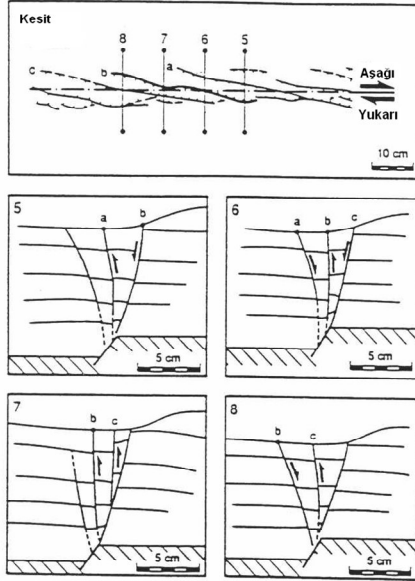
Şekil 19: Doğrultu atımlı fayların derinlik haritasındaki görünümü (Tearpock ve Bischke, 1991).
Figure 19: Typical wrench fault system with associated anticlines (Tearpock and Bischke, 1991)



Şekil 20: Doğrultu atımlı fayın iki tarafındaki litoloji değişiminden kaynaklanan yanar hız değişimi (Lowell, 2000).
Figure 20: Seismic section shows a fault zone suspected of wrench motion on the basis of mismatched seismic reflections and velocities (Lowell, 2000).

Şekil 21: Doğrultu atımlı faylar ile ilişkili yapıların üç boyutlu geometrilerinden dolayı karşılaşılan korelasyon problemlerinin gösterimi (Lowell,2000)

Figure 21: Illustration of the problem in correlating sections that arises from the three-dimensional geometry of strike-slip related structures (Lowell, 2000)



Şekil 22 : Basit sol yanal atımlı fay modeli: Blok diagram (üst), harita görüntüsü (orta), dikine kesit (alt).D. J. Tearpock and R.E.Bischke-1991

Figure 22 : Ceneptual model of simple left lateral strike-slip fault: Blok diagram (top),map view (middle), cross section (bottom). D. J. Tearpock and R.E.Bischke-1991

