



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

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



KB İÇ ANADOLU'DAKİ ANA NEOTEKTONİK YAPILARDAN BİRİ: BEYPAZARI KÖR BİNDİRME ZONU VE İLİŞKİLİ FAY-İLERLEME KIVRIMLARI

ONE OF THE MAIN NEOTECTONIC STRUCTURES IN THE NW CENTRAL ANATOLIA: BEYPAZARI BLIND THRUST ZONE AND RELATED FAULT-PROPAGATION FOLDS

Gürol SEYİTOĞLU^{a*}, Korhan ESAT^a ve Bülent KAYPAK^b

^aAnkara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teknik Araştırma Grubu, Gölbaşı, Ankara

^bAnkara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Beypazarı, Kör Bindirme, Neotektonik, Deprem, İç Anadolu, Türkiye

Geliş Tarihi: 27.04.2016

Kabul Tarihi: 08.09.2016

ÖZ

Bu makalede Türkiye jeoloji literatüründe "Beypazarı fleksürü / monoklinali" olarak bilinen yapının "Beypazarı fay ilerleme kıvrımları" olarak anılmasının daha uygun olacağı önerilmektedir. Beypazarı, Kilci ve Başören kör bindirmeleri ile Erenler geri bindirmesinden meydana gelen Beypazarı Kör Bindirme Zonu (BKBZ), deprem etkinliğinin de gösterdiği üzere aktif neotektonik bir yapıdır. Kuzey Anadolu Fay Zonu, Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu ve Eskişehir Fay Zonu arasındaki etkileşimden doğan KB-GD daralma sonucu oluşan Eldivan-Elmadağ Kısırlanmış Tektonik Kaması, Abdüsselam Kısırlanmış Tektonik Kaması ile birlikte Beypazarı Kör Bindirme Zonu da Anadolu levhasının iç deformasyonunu karşılamaktadır.

Keywords:

Beypazarı, Blind Thrust, Neotectonics, Earthquake, Central Anatolia, Turkey

ABSTRACT

This paper suggests that the structure known as "Beypazarı flexure / monocline" in the Turkish geology literature should be named as "Beypazarı fault-propagation folds". Beypazarı, Kilci and Başören blind thrusts together with Erenler back thrust constitute the Beypazarı Blind Thrust Zone which is an active neotectonic structure as indicated by earthquake activity. NW-SE contraction created by the interaction between the North Anatolian Fault Zone, the Kırıkkale-Erbaa Fault Zone and the Eskişehir Fault Zone produced the Eldivan-Elmadağ Pinched Crustal Wedge, the Abdüsselam Pinched Crustal Wedge and the Beypazarı Blind Thrust Zone. These structures take up the internal deformation of the Anatolian Plate.

1. Giriş

Beypazarı fleksürü (Rondot, 1956; Kalafatçıoğlu ve Uysallı, 1964; Kavuşan, 1993a) daha sonraki adıyla Beypazarı monoklinali (Yağmurlu vd., 1988; Demirci, 2000) KB İç Anadoluda önemli yapılardan biridir. Beypazarı-Çayırhan arasındaki bölge içerdiği linyit ve trona yatakları ve jeotermal kaynaklar nedeniyle daha çok jeokimya ağırlıklı çalışmalar yapılarak incelenmiştir (Helvacı vd., 1981; Özpeker vd., 1991; Suner, 1993; Kavuşan 1993b; Karadenizli 1995; Bürküt vd., 1998; Orti vd., 2002; Özçelik, 2002; Özgüm vd., 2003; Özçelik ve Altınsoy, 2005; Karakaş ve Kadir, 2006; Diker vd., 2006; Şener, 2007; Garcia-Veigas vd., 2013; Bechtel vd., 2014; Pehlivanlı vd., 2014). Beypazarı-Çayırhan Neojen havzasında bulunan trona yataklarının işletilmesi sırasında kaya mekaniği ve hidrojeolojik problemler de araştırmalara

konu olmuştur (Aksoy vd., 2006; Apaydın, 2010). Bu çalışmalar ile karşılaştırıldığında bölge hakkındaki yapısal jeoloji / tektonik temelli araştırmalar oldukça sınırlı sayıdadır (Yağmurlu vd., 1988; İnci, 1991; Kavuşan, 1993a; Demirci, 2000).

Yağmurlu vd. (1988) Beypazarı-Çayırhan Neojen havzasının Erken Miyosen'de genişlemeli tektonik rejim altında gelişmeye başladığını ve erken Pliyosen'den sonra Kuzey Anadolu Fayı ve Eskişehir Fayı arasındaki etkileşim nedeniyle oluşan KB-GD sıkışmalı rejim altında deforme olduğunu belirtir. Bu sıkışmalı rejimin KD-GB doğrultulu bindirme fayları ve aynı doğrultuya sahip kıvrım eksenleri ve monoklinaller oluşturduğu belirtilmiş olup, Beypazarı-Çayırhan monoklinali en büyükleri arasındadır. Kavuşan (1993a) ise Beypazarı-Çayırhan havza oluşumunun her döneminde KB-GD daralmanın

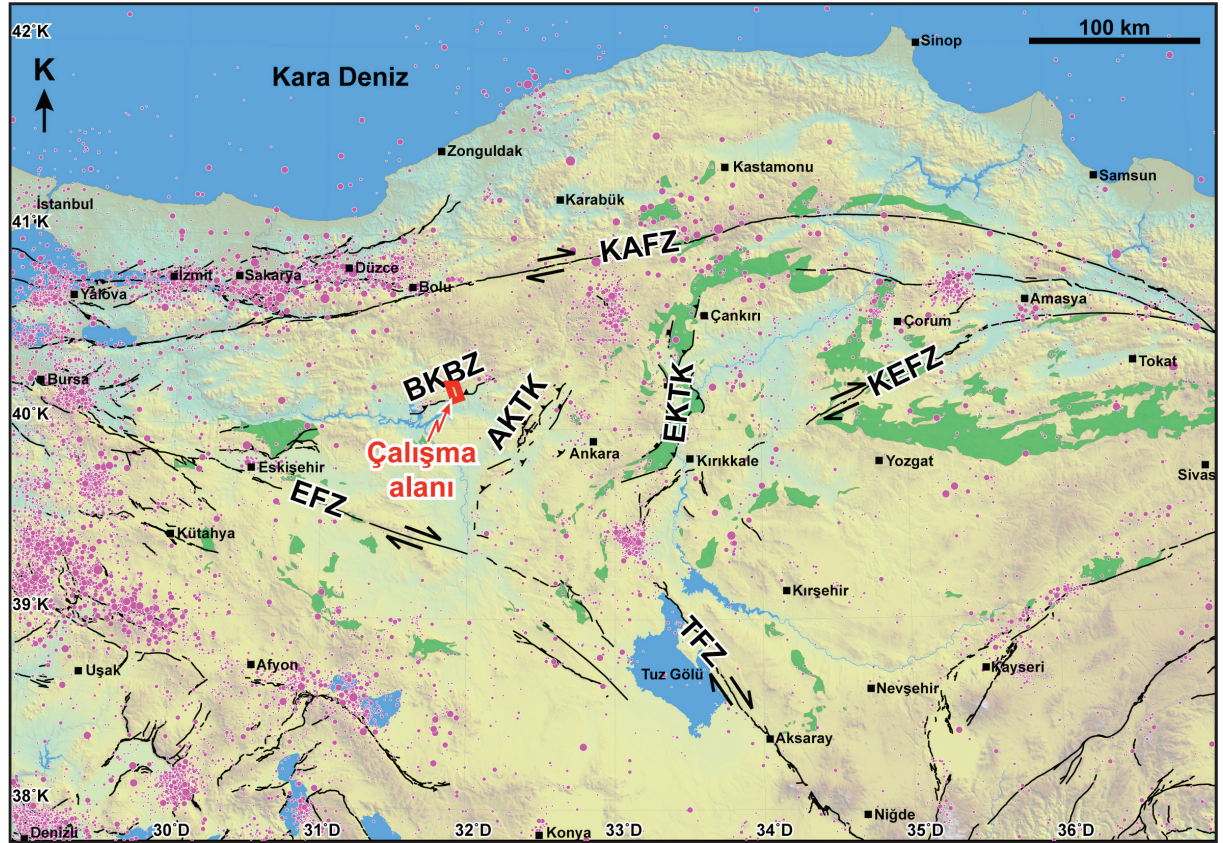
* Başvurulacak yazar: Gürol Seyitoğlu, seyitoglu@ankara.edu.tr
<http://dx.doi.org/10.19076/mta.30800>

etkin olduğunu belirterek, kırıkların daha genç tortulara doğru giderek söntümlendiğini ve kıvrımlara dönüştüğünü not etmiştir.

Demirci (2000) bölgede yaptığı incelemede birbirinden farklı üç tektonik faz tanımlamaktadır. D-B yönlü daralma, K-G yönlü daralma ve son olarak gelişen genişlemeli faz. Ancak Beypazarı çevresinde son genişlemeli fazın etkilerinin gözlenmediği belirtilmiştir (Demirci, 2000).

Esat ve Seyitoğlu (2010), Esat (2011), Esat vd. (2016), Esat vd. (2017) Kuzey Anadolu Fay Zonu,

Eskişehir Fay Zonu ve Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu arasında kalan üçgene benzeyen alanda bu fayların etkileşimi sonucu KB-GD daralmalı bir neotektonik rejim meydana geldiğini belirtmiştir (Şekil 1). Bu alandaki yapılardan Eldivan-Elmadağ Kısırılmış Tektonik Kaması Seyitoğlu vd. (2000; 2009) tarafından ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Abdüsselam Kısırılmış Tektonik Kaması ise daha yakın zamanda tanımlanmış olup (Esat, 2011; Esat vd. 2017), bu alan içinde gözlenen üçüncü yapı olan Beypazarı Kör Bindirme Zonu bu makalede ele alınacaktır (Şekil 1).



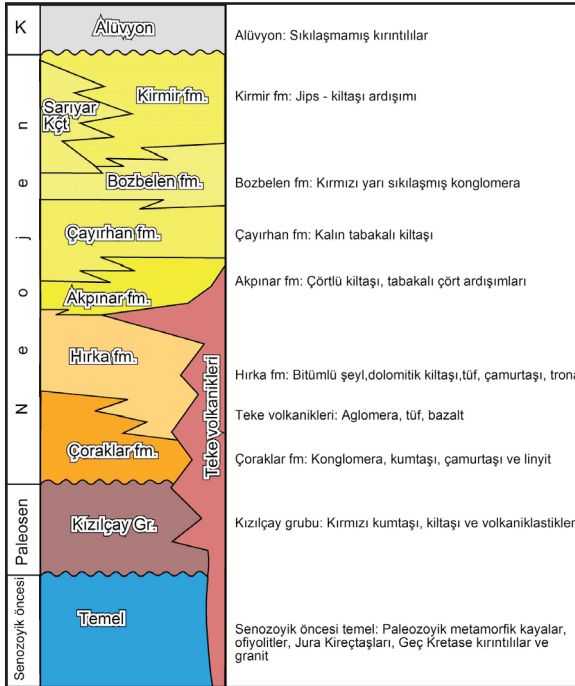
Şekil 1- KB İç Anadolu'nun ana neotektonik elemanları ve depremselliği ile çalışma alanının bulduru haritası. KAFZ: Kuzey Anadolu Fayı Zonu; BKBZ: Beypazarı Kör Bindirme Zonu; AKTK: Abdüsselam Kısırılmış Tektonik Kaması; EKTK: Eldivan-Elmadağ Kısırılmış Tektonik Kaması; KEFZ: Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu; EFZ: Eskişehir Fay Zonu; TFZ: Tuzgölü Fay Zonu. Fay hatları Emre vd. (2013), Seyitoğlu vd. (2000; 2009; 2015), Özsayın ve Dirik (2007; 2011), Esat ve Seyitoğlu (2010), Esat (2011), Esat vd. (2014; 2016)'dan alınmıştır. Pembe daireler 1900-2013 yılları arasında kaydedilmiş, büyüklüğü 3 ve üzeri olan depremlerin dış merkez dağılımlarını göstermektedir (Veri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü deprem Kataloğundan alınmıştır). Yeşil alanlar kenet zonunu oluşturan ofiyolitik melanj kayalarını göstermektedir.

2. Beypazarı - Çayırhan Neojen Havza Strati-grafisi

Önceki çalışmalarını yeni bilgilerle yakın zamanda güncelleyen Helvacı (2010)'ya göre bölgedeki Geç Senozoyik stratigrafisi altta Paleosen yaşlı kırmızı

konglomera, kıltaşlarından oluşan Kızılcay grubu ile başlar. Bunun üzerine uyumsuzluk ile alt ve üst linyit seviyeleri içeren Çoraklar formasyonu volkanoklastik konglomera, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Bunun üzerine gelen Hırka formasyonu çamurtaşı, kıltaşı, bitümlü şeyl, trona, gri şeyl,

kalkerli şeyl, dolomitik kireçtaşı, siltaşı, formasyon içi konglomera ve tuf'den oluşmaktadır. Hırka formasyonu içindeki tuf seviyesi 21.5 ± 0.9 My (Erken Miyosen) olarak tarihlenmiştir. Hırka formasyonu ile geçişli olarak görülen Akpınar formasyonu silisli kireçtaşı, çört, tuf, kiltası ve çamurtaşı ardışımından oluşur. Akpınar formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Çayırhan formasyonu yeşilimsi kiltaları, çamurtaşı, marn ve yersel kumtaşlarından oluşur. Çamur çatlakları, tuz kristalleri sıkça gözlenir. Bozbelen formasyonu kırmızımsı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Kirmir formasyonu jipsli yeşil kiltası ve tabakalı jipslerden meydana gelir, yatay ve düşey yönde Bozbelen formasyonu ve Sarıyar Kireçtaşı ile geçişlidir. Sarıyar Kireçtaşı, beyaz kalın tabakalı mikritik kireçtaşıdır. Teke volkanikleri Beypazarı Miyosen istifi ile parmaklanmaktadır (Helvacı, 2010) (Şekil 2).



Şekil 2- Beypazarı havzasının stratigrafisi (Ölçeksiz olarak Helvacı, 2010'dan basitleştirilerek alınmıştır).

3. Fay-İlerleme Kıvrımları

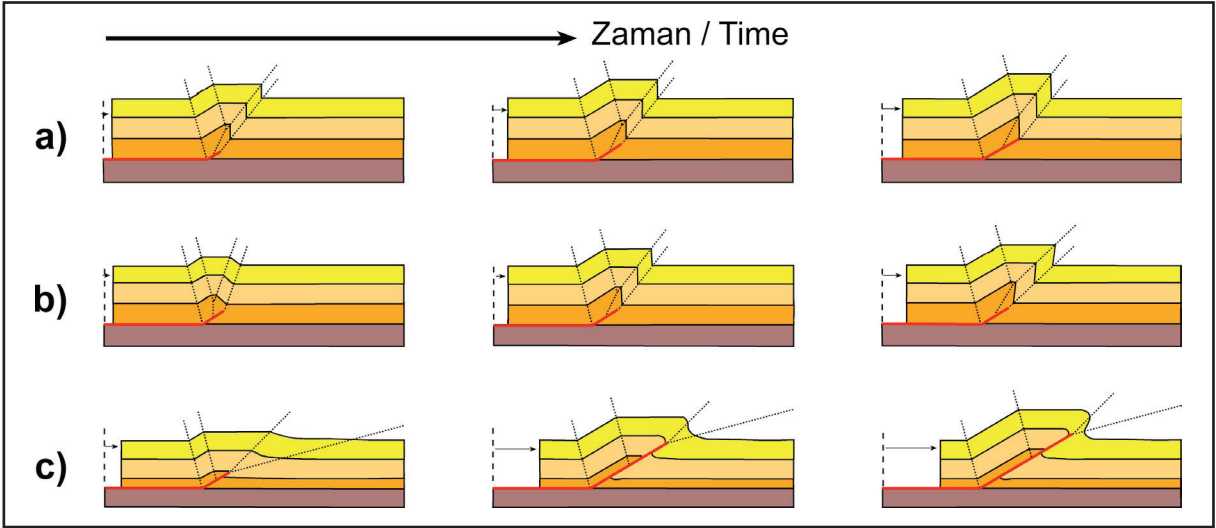
Beypazarı kuzeyinde yapılan arazi gözlemlerine geçmeden önce fay-ilerleme kıvrımları üzerine yapılan çalışmaların özetlenmesinde fayda görülmektedir. Bindirme kuşaklarında faylanma ile ilişkili kıvrımlanma mekanizmaları iki grup altında toplanabilir. (1) Fay-bükülme kıvrımları (fault-

bend folding): Bindirme düzleminin rampa-düzlük geometrisine bağlı olarak gelişir (Suppe, 1983). (2) Fay-ilerleme kıvrımları (fault-propagation folding): Gelişen bindirme fayının atımını kaybetmesi ve üste doğru sonlanması ile fayın karşıladığı daralmanın kör bindirme rampasının ucunda gelişen kıvrıma aktarılması ile oluşur (Suppe, 1985; Mitra, 1990; Suppe ve Medwedeff, 1990). Fay-bükülme kıvrımlarında ön-kanat (forelimb, front-limb) az eğime sahipken, fay-ilerleme kıvrımlarında ön-kanat eğimi oldukça yüksek hatta devriktir ve bu bir kör bindirme rampasının ucunda gelişmiştir (Calamita vd., 2012). Fay-ilerleme kıvrımları üç model altında toplanabilir (Jabbour vd., 2012). Öz-benzeş (self-similar) modelde kıvrımlanma sırasında ön-kanatta dönme olmadığı düşünülür. Kıvrım geometrisi antiklinal büyürken sabit kalacaktır, kanatlar arası açı sabittir (Suppe, 1985). Zamanla değişen (time variant) modelde ön-kanatta dönme vardır. Gittikçe daralan kanatlar arası açı değişkendir (Mitra, 1990). Üçgen makaslama zonu (trishear) modelinde kıvrım, fay ucundan açılan bir üçgen zon içinde geçişli olarak gelişir (Erslev, 1991; Hardy ve Ford, 1997; Allmendinger, 1998) (Şekil 3).

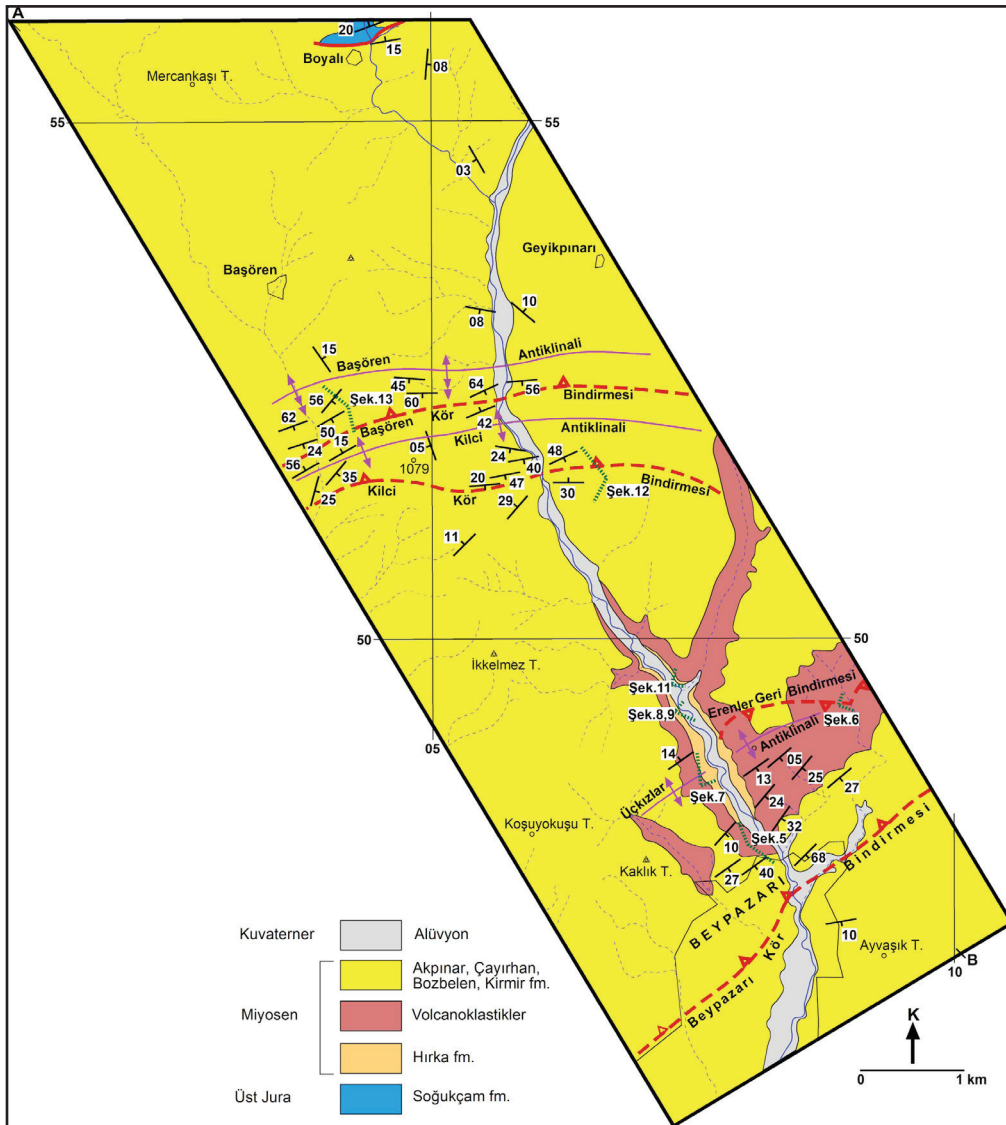
4. Arazi Gözlemleri

Beypazarı kuzeyinde İnözü vadisi civarında ayrıntılı jeolojik haritalama ile literatürde Beypazarı monoklinali / fleksürü olarak adlandırılan yapının kör bindirmeler ile ilişkili gelişen fay-ilerleme kıvrımları olduğu ortaya konmuştur (Şekil 4). Beypazarı kuzeyinde jeolojik haritada yapıyı ortaya koymak üzere Neojen istif içinde arazide koyu sarı rengi ve dayanımı ile herkesin kolayca ayırd edebileceği volkanoklastik seviye haritalanmıştır. Volkanoklastik birim, kötü boylanmalı lav bloklarını tuf matrisi içinde bulundurması ile karakterize edilen, dayanımlı, sert, kumtaşı boyutunda da volkanik malzeme içeren tabakalanması belirgin bir birimdir. Haritalanan bu volkanoklastik birimin üst ve altında bulunan beyaz renkli marn, kiltası, silisli kireçtaşı, tuf birimleri ve önceki çalışmalar dikkate alındığında volkanoklastik birimin Hırka formasyonunun üzerinde yer aldığı söylenebilir (Helvacı, 2010; Apaydın, 2010).

Beypazarı yerleşiminin bulunduğu alanda, Neojen istifinde tabakalar 70° kadar GD'ya eğimli iken, eğimler kuzeye doğru gidildikçe geçişli olarak azalır 30° 'ye iner ve Üçkızlar tepe civarında 10° 'ye kadar düşer (Şekil 4 ve 5). Üçkızlar tepe kuzeyinde



Şekil 3- Fay ilerleme kıvrımlarına ait 3 model (Jabbour vd., 2012'den değiştirilerek alınmıştır).

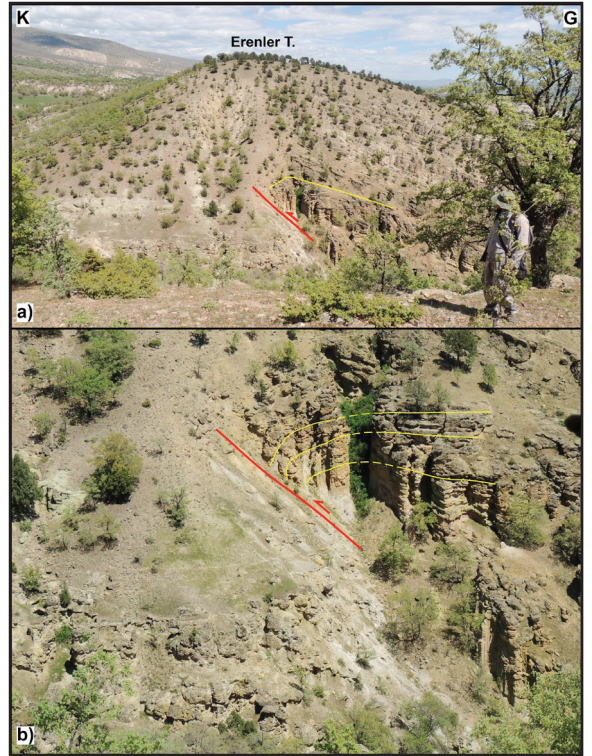


Şekil 4- Beypazarı KB'sının ayrıntılı jeolojik haritası.

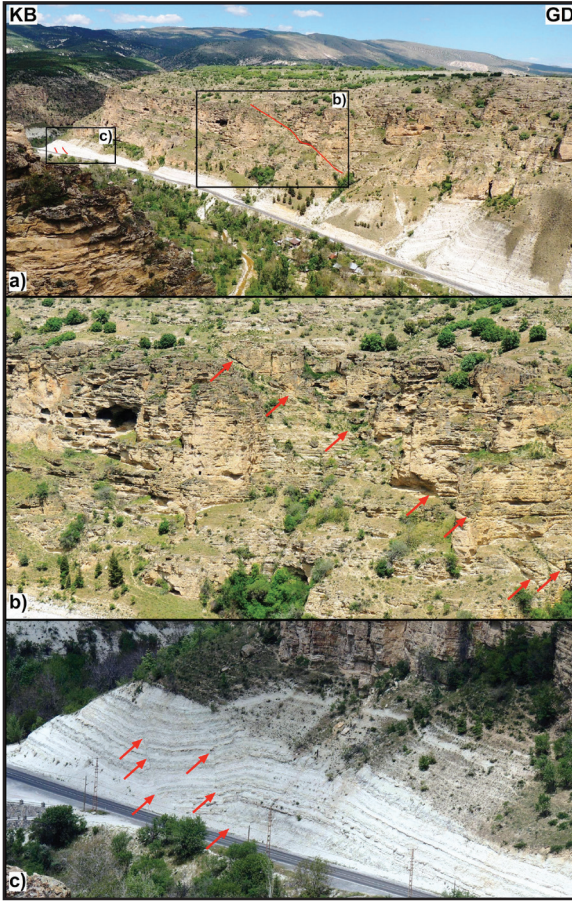


Şekil 5- a) İnözü vadisi GD'sunda yer alan Üçkızlar antiklinalinin panoramik görüntüsü ve (b) Beypazarı kör bindirmesinin konumu. Foto lokasyonu için şekil 4'e bakınız.

ise tabakalar KB'ya yaklaşık 15° eğimlidir. Bu gözlemler işaret etmektedir ki literatürde “Beypazarı monoklinali” olarak tanımlanan yapı aslında bir asimetrik antiklinaldir ve bir monoklinal olarak yorumlanması için yatay ya da yataya yakın bir kıvrım kanadı içermez. Bu yapının oluşmasından sorumlu olan fay sisteminin bir parçası Erenler Tepe'nin batı yamacında net olarak gözlenir (Şekil 6). Burada GD'ya eğimli fay düzlemi boyunca tavan bloğun KB'ya doğru itildiği çekme kıvrım geometrisinden anlaşılmaktadır. Bu fayın BKB'ya devamı İnözü vadisi içindeki yolun doğu yamaçlarında en az üç, birbirine yarı paralel, GD'ya eğimli fay düzlemi olarak gözlenmektedir (Şekil 7). Haritalanan volkanoklastik birimin altındaki beyaz marn, tuf ve kilaşlarında gelişen çekme kıvrımlarının konumu itilmenin KB'ya doğru olduğunu net olarak göstermektedir (Şekil 8). Bu bindirme faylarının üste doğru devamlılıkları bazı durumlarda izlenemez ve kör bindirmeler olarak gelişmişlerdir (Şekil 9). Beypazarı kuzeyinde esas ana yapının GD'ya verjanslı asimetrik bir antiklinal olduğu düşünüldüğünde, gözlenen GD'ya eğimli bindirme düzlemi üzerindeki KB'ya itilmelerin geriye bindirme (back-thrust) oldukları ortaya çıkar. Buradan hareketle, Üçkızlar asimetrik antiklinalinin, esas olarak KB'ya eğimli bir kör bindirme ile ilişkili



Şekil 6- a) Erenler geriye bindirmesinin volkaniklastik birimi etkilemesi. b) çekme kıvrımlarının ayrıntılı görüntüsü. Foto lokasyonu için şekil 4'e bakınız.



Şekil 7- a) İnözü vadisinde geriye bindirmeler. b) Erenler geriye bindirmesinin İnözü vadisindeki devamı volkaniklastik seviyeyi etkilemiştir. c) Erenler geriye bindirmesinin taban bloğunda ona paralel gelişen geriye bindirmelerin konumu. Bindirme düzlemleri kırmızı oklar ile gösterilmiştir. Ayrıntı için şekil 8 ve 9'a, foto konumu için şekil 4'e bakınız.

fay-ilerleme kıvrımı (fault-propagation fold) olduğu söylenebilir (Şekil 10). Beypazarı Kör Bindirmesi adı verilen bu fay yüzeyde izlenemez, ancak geriye bindirmelerini İnözü vadisi içindeki yol yarmalarında ve Erenler Tepe batı yamacında yukarıda açıklandığı üzere izlemek mümkündür. Bu nedenle “Beypazarı monoklinalı” terimi, “Beypazarı fay-ilerleme kıvrımı” olarak değiştirilmelidir (Şekil 10).

İnözü vadisi içinde Yediler türbesi civarında marnlar içinde bulunan silis seviyelerinde gözlenen küçük yapılar $K70^{\circ}D$, $15^{\circ}KB$ doğrultulu bindirme sistemlerinde hareketin GD 'ya doğru olduğunu göstermektedir (Şekil 11). Bu minyatür yapıların bölgedeki ana yapı olan Beypazarı Kör Bindirmesi'ni taklit ettikleri düşünülmektedir.

İnözü vadisinde daha kuzeye doğru Beypazarı soda işletmesine yaklaşıldığında Neojen istifte kıvrımlı

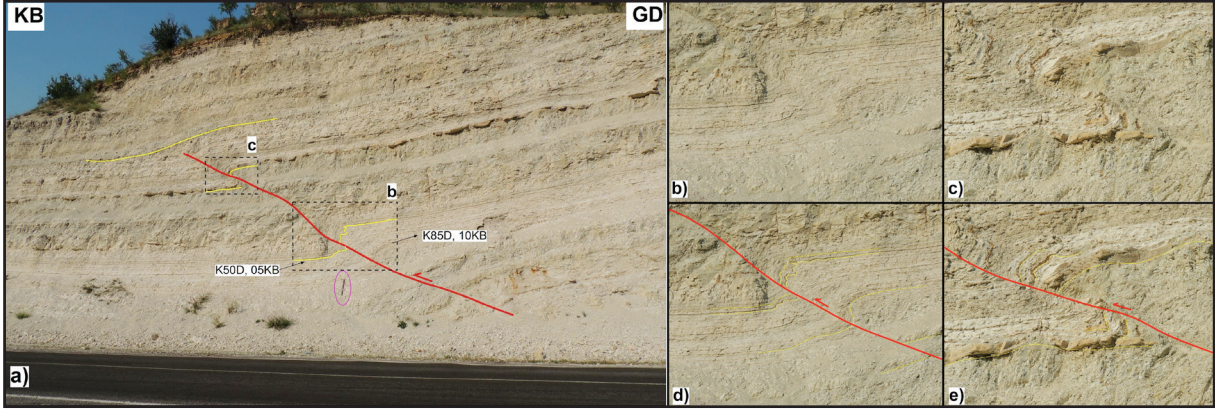
yapılar ortaya çıkar. Birbirini yakından izleyen iki farklı antiklinalden güneydeki daha küçük olup, Kilci antiklinali adını alır (Şekil 10 ve 12). Kuzeydeki antiklinal boyut olarak daha büyüktür ve güneydeki kanat kuzey kanada göre daha dik eğime sahiptir. Bu belirgin asimetrik antiklinale, Başören antiklinali adı verilmiştir. Başören ve Kilci antiklinallerinin devamı İnözü vadisinin batısındaki Alan dere vadisinde de net olarak izlenebilir (Şekil 10 ve 13). Bu alanda Başören antiklinalinin daha dik eğimli olan güney kanadı yakından incelendiğinde, istifin alt kesimine yani antiklinalin iç bölümündeki tabakaların eğimi dışa doğru giderek dereceli olarak azalmaktadır (Şekil 14). Bu durum bu asimetrik antiklinali oluşturan fayın bir kör bindirme olduğunu göstermekte olup, derinde kör bindirme üzerindeki yer değiştirmenin fazla olması içteki tabakaların daha çok dikleşmesine yol açarken, yer değiştirmenin yüzeye doğru azalması antiklinalin dışına doğru tabaka eğimlerinin daha az olmasına yol açtığı düşünülmektedir. İstifin üst seviyelerinde de deformasyonun görece olarak azaldığı gözlenmektedir. Bu özellik yapıların fay-ilerleme kıvrımları olduğunu göstermektedir (Şekil 10 - 14).

Çalışma alanında Beypazarı Kör Bindirmesi, Erenler Geri Bindirmesi, Kilci Kör Bindirmesi ve Başören Kör Bindirmesi birlikte Beypazarı Kör Bindirme Zonu'nu oluşturmaktadır (BKBZ) (Şekil 10).

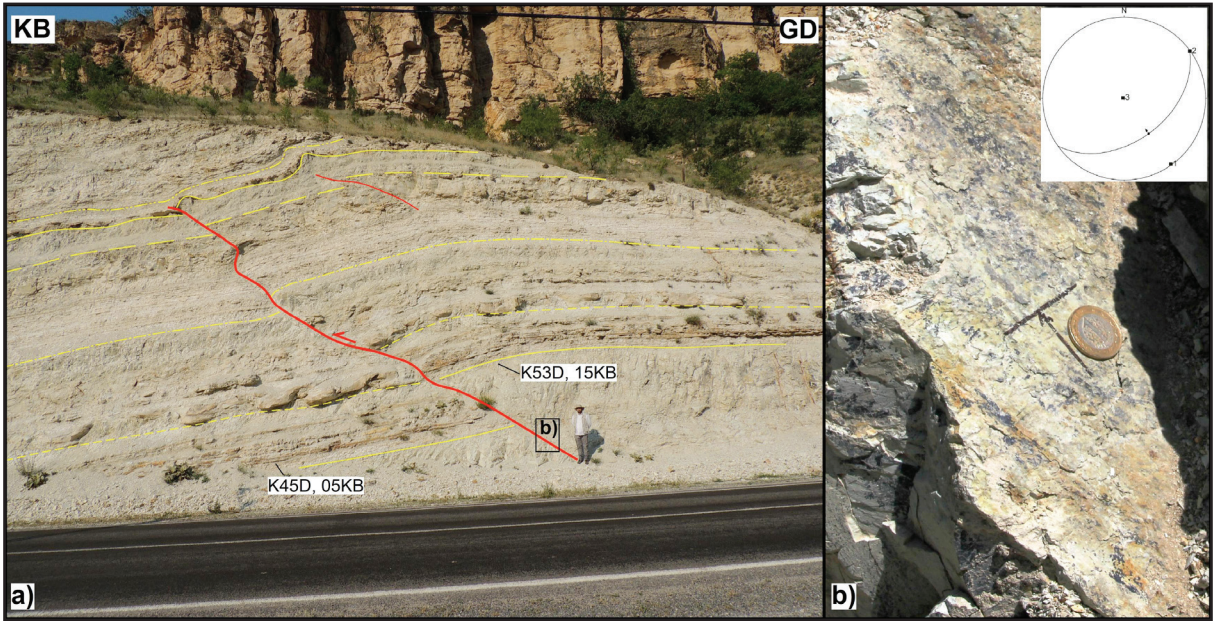
Daha kuzeyde Boyalı köyünde Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarının oluşturduğu temel ile Neojen istif normal faylı / üzerlemeli ilişki göstermektedir. Normal fayın ilksel konumu daha sonra bozulmuş olsa da Neojen istifinin çökmesi sırasında normal fayın varlığını işaret etmektedir. Benzer durum Yağmurlu vd. (1988)'de öne sürülmüştür (Şekil 10).

5. Depremsellik ve Odak Mekanizması Çözümleri

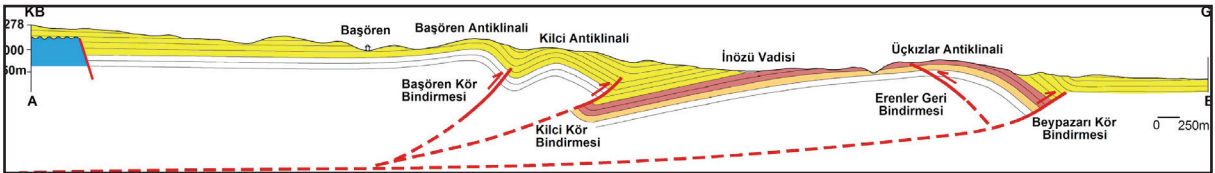
Beypazarı Kör Bindirmesi, Çayırhan GB'sından Beypazarı KD'suna kadar tabakalarda meydana getirdiği eğim farklılıkları kullanılarak net bir şekilde izlenebilmektedir (Şekil 15a). Beypazarı Kör Bindirmesinin de içinde yer aldığı, Kilci, Başören Kör Bindirmeleri ile Erenler geri bindirmesinden oluşan Beypazarı Kör Bindirme Zonu'nun uzanımı bölgedeki deprem etkinliği ile örtüşmektedir (Şekil 15a). Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünün (KRDAE) verilerine göre bölgenin deprem etkinliği



Şekil 8- a) İnözü vadisinde Erenler geriye bindirmesinin taban bloğunda ona paralel gelişen yüzeye ulaşmayan kör geriye bindirme. Kazma uzunluğu 80 cm'dir. b ve c) Kör geriye bindirme ile gelişen çekme kıvrımı detayları. d ve e) Çekme kıvrımlarının yorumlanmış hali.



Şekil 9- İnözü vadisinde Erenler geriye bindirmesinin taban bloğunda ona paralel gelişen yüzeye ulaşmayan kör geriye bindirme. b) Bindirme üzerindeki kayma düzlemi ve çizikleri ile bunların alt yanküre stereografik izdüşüm gösterimi.



Şekil 10- Beypazarı KB'sında enine jeolojik kesit. Taban bindirmesinin pozisyonu yoruma dayalıdır. Konum için şekil 4'e bakınız.

2.5 ile 4.2 arasında değişen büyüklüklerde sismik olaylar içermektedir. Konumları ve büyüklükleri KRDAE tarafından hesaplanan 2002-2013 yılları arasında bölgede meydana gelmiş depremlerin odak mekanizması çözümleri ise bu çalışma kapsamında belirlenmiştir. Bunun için P- fazı ilk hareket yönlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada bu tekniğe göre çözüm yapan PPFIT algoritması (Reasenber ve

Oppenheimer, 1985) kullanılmıştır. Çözümleri yapılan depremlere ait odak mekanizması parametreleri çizelge 1'de verilmektedir.

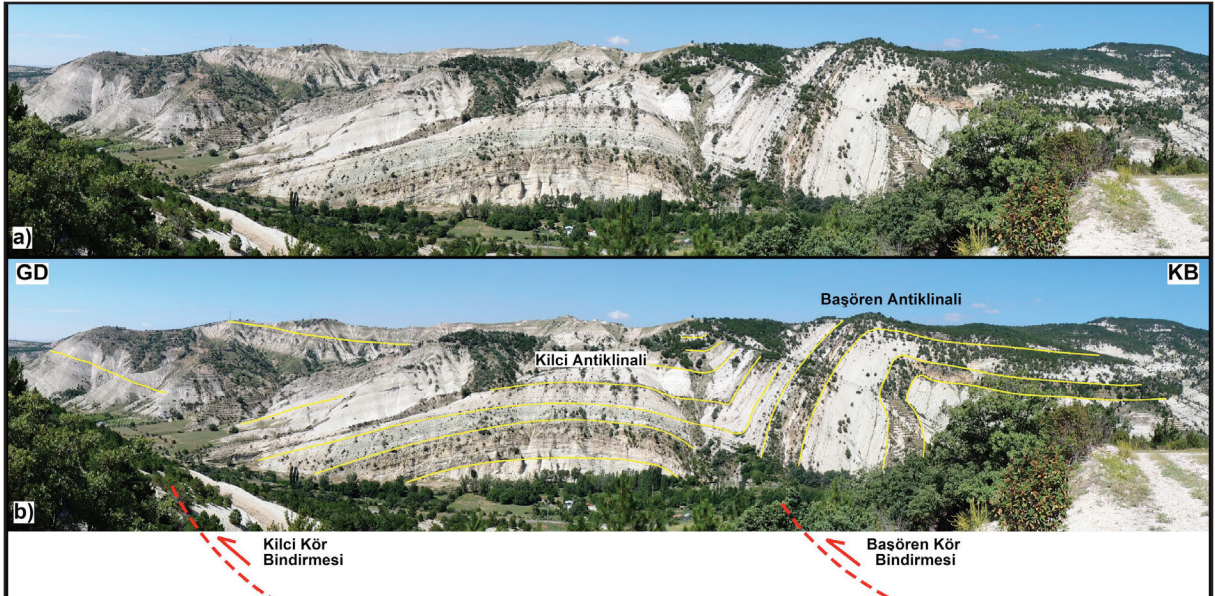
Yakın zamanda meydana gelen bu depremlerin odak mekanizması çözümleri sismik aktivitenin bir bölümünün bindirme fayları ile ilişkili olduğunu göstermektedir (deprem no: 10, 12, 15, 16, 19,



Şekil 11- İnözü vadisinde Yediler türbesi yakınlarında gelişmiş küçük ölçekli kör bindirmeler ve fay-ilerleme kıvrımları. Bu küçük ölçekli yapı, tamamı bu ayrıntıda gözlenemeyen büyük ölçekli yapı (Beypazarı kör bindirme zonu) için ipucu vermektedir. Şekil 10'daki büyük ölçekli yapı ile karşılaştırmız.

20) (Çizelge 1; Şekil 15a). Elde edilen odak mekanizmalarının diğer bölümü ise doğrultu atımlı faylanmaya işaret etmektedir (deprem no: 1, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 18). Bu çözümler sağ veya sol yönlü olup, hangi düzlem dikkate alınırsa alınsın ağırlıklı olarak belli bir yön tercihi bulunmamaktadır (Çizelge 1; Şekil 15a). Buradan hareketle doğrultu atımlı faylanmayı gösteren odak mekanizmalarının bindirmeli sistemlerde gelişen yırtılma faylarına ait olması kuvvetle muhtemeldir. Arazi çalışmasında İnözü vadisi yamaçlarında görülen ancak dik ve yüksek konumları nedeniyle ölçülemeyen doğrultu atımlı fay yüzeyleri yırtılma fayları olarak görev yapıyor olmalıdırlar. Odak mekanizmalarının üçüncü bölümü normal faylanmalar ile ilişkilidir (deprem no: 3, 9, 17). Bu normal faylanma Eldivan-Elmadağ Kısırlanmış Tektonik Kaması'nın batı kenarında olduğu gibi (Seyitoğlu vd. 2000; 2009) bindirme düzlemine yarı paralel gelişen daralma ile ilişkili normal faylar (compression induced normal faults) (Ring ve Glodny, 2010) olarak değerlendirilmektedir.

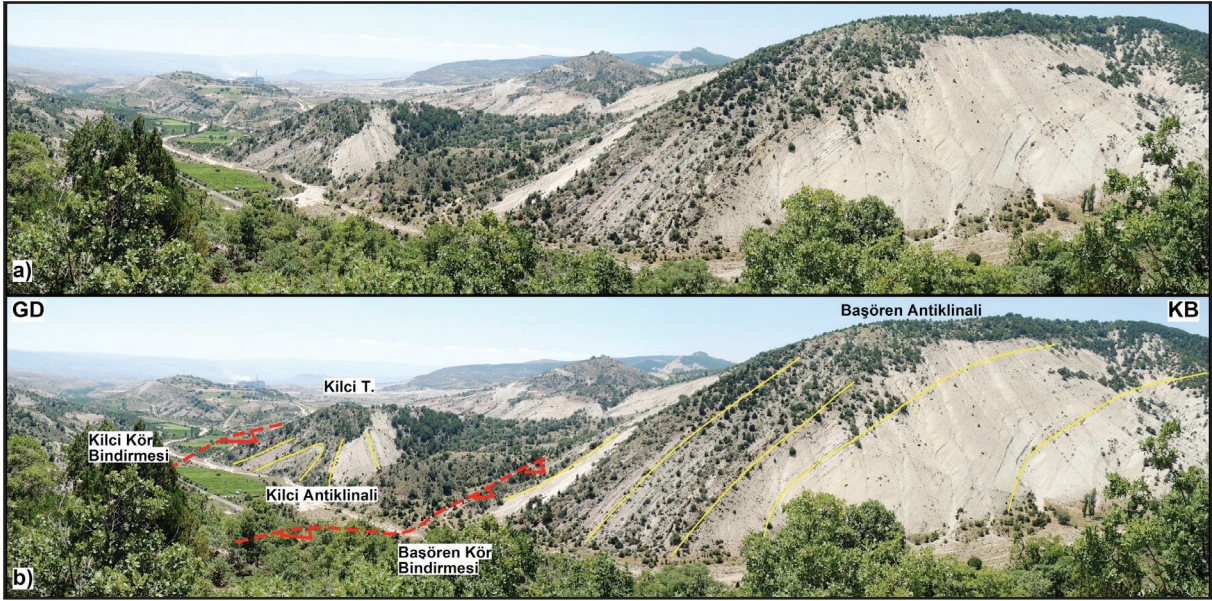
Sismik verilerden elde edilen odak mekanizma çözümlerinin yapısal analiz sonucu bir bütün olarak BKBZ ile uyum içindedir. Odak mekanizmalarının tümünden elde edilen fay verisinin kinematik analiziyle bulunan ana düzlemin doğrultusu, bu makalede ortaya konan kör bindirmelerin doğrultuları ile paralellik göstermekte ve en büyük gerilme eksenini kıvrım eksenlerine dik konumda bulunmaktadır (Şekil 15b).



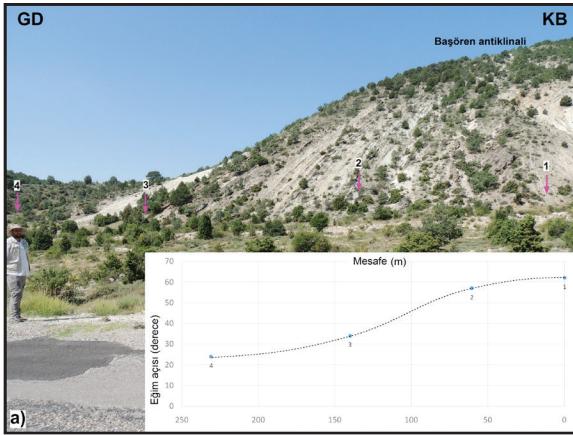
Şekil 12- İnözü vadisinde Beypazarı soda fabrikası yakınlarında Başören ve Kilci antiklinallerinin panoramik fotoğrafı. a) yorumuz b) yorumlu hali. Tabakaların istifin üstüne doğru eğimlerini azalttığına dikkat ediniz. Kör bindirmelerin konumları şekil 11'deki küçük ölçekli yapılarından yararlanılarak çizilmiştir. Fotoğraf konumu için şekil 4'e bakınız.

Çizelge 1 - Beypazarı - Çayırhan arasındaki sismik etkinliğe ait içmerkez ve odak mekanizması çözümleri.

#	Tarih (yyyy.aa.egg)	İÇMERKEZ ÇÖZÜMLERİ											ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİ										
		Zaman (ss:dd:ss.s)	Enlem K (°)	Boylam D (°)	Derinlik (km)	Büy.	Ns	Gap (°)	Dmm (km)	Rms (s)	Erh (km)	Erz (km)	Nfm	Düzlem 1			Düzlem 2			P-ekseni		T-ekseni	
														Doğ. (°)	Eğ. (°)	Kay. (°)	Doğ. (°)	Eğ. (°)	Kay. (°)	Gidiş (°)	Dalım (°)	Gidiş (°)	Dalım (°)
1	2002.11.27	02:06:05.66	40.2692	32.0803	12.17	3.20	13	130	77.0	0.42	2.6	0.8	11	295	75	150	33	61	17	347	9	251	32
2	2006.08.28	18:54:19.97	40.2622	32.1530	12.91	3.19	13	142	70.0	0.60	2.4	0.4	9	5	70	100	158	22	64	87	24	291	64
3	2006.12.07	22:59:21.50	40.2637	32.1140	5.00	3.14	22	60	73.0	0.48	1.2	0.4	13	350	10	-20	100	87	-99	360	48	199	41
4	2008.01.26	04:00:22.62	40.2485	32.1133	5.00	3.32	31	49	68.0	0.34	0.8	0.3	20	125	65	0	35	90	155	83	17	347	17
5	2009.01.11	01:51:40.29	40.2988	32.1360	5.00	4.00	77	51	70.0	1.05	2.0	0.9	23	85	75	140	187	52	19	141	15	39	38
6	2009.01.11	02:04:46.43	40.2500	32.1133	5.00	3.30	32	49	68.0	0.76	1.8	0.7	22	50	70	130	162	44	30	112	15	3	49
7	2009.01.11	02:21:34.95	40.2478	32.1142	5.00	3.52	45	49	68.0	0.61	1.2	0.5	16	0	90	40	270	50	180	127	27	233	27
8	2009.01.30	15:43:14.02	40.2452	32.0817	6.81	3.18	26	49	70.0	0.37	1.1	0.2	13	40	55	-10	136	82	-145	4	30	263	18
9	2009.02.09	00:06:31.69	40.2962	32.1603	9.12	3.30	15	70	69.0	0.31	1.0	0.3	8	120	65	-90	300	25	-90	30	70	210	20
10	2009.02.09	08:23:25.26	40.2542	32.1298	5.00	3.50	41	50	68.0	0.68	1.5	0.6	22	200	25	40	73	74	110	147	27	8	56
11	2009.06.09	01:56:08.45	40.1448	31.6782	5.00	3.18	32	44	55.0	0.24	0.6	0.2	13	130	80	150	226	61	12	181	13	84	28
12	2009.07.19	00:54:51.92	40.2075	32.1205	5.00	2.77	16	92	65.0	0.31	1.2	0.4	8	75	85	90	255	5	90	165	40	345	50
13	2009.07.21	19:01:25.24	40.1157	31.6732	8.05	3.07	21	80	57.0	0.47	1.5	0.3	10	180	55	-30	288	66	-141	148	44	52	7
14	2010.08.28	01:03:19.67	40.1777	31.8363	5.00	3.29	12	132	63.0	0.81	3.9	1.3	7	345	85	80	229	11	153	84	39	244	49
15	2010.11.11	23:03:27.42	40.0487	31.6355	7.70	2.97	12	125	60.0	1.08	4.9	0.9	6	160	50	110	310	44	68	236	3	135	74
16	2010.11.20	17:23:03.15	40.1820	31.7265	5.00	2.91	11	165	55.0	0.32	1.8	0.6	7	135	50	130	262	54	53	18	2	112	60
17	2010.12.02	23:01:46.32	40.1240	31.6802	9.83	2.92	13	81	56.0	0.35	1.7	0.3	6	75	30	-120	289	64	-74	228	67	7	18
18	2011.01.12	10:31:34.60	40.1482	31.7363	5.00	3.30	20	85	58.0	0.28	0.8	0.3	9	145	65	170	239	81	25	10	11	105	24
19	2011.09.20	07:34:59.26	40.3032	32.1113	8.52	3.20	27	91	72.0	0.61	1.7	0.4	18	145	55	120	280	45	54	214	6	112	65
20	2013.11.17	20:28:00.36	40.1967	32.1308	5.00	3.10	25	48	64.0	0.42	1.0	0.4	13	25	45	70	232	48	109	309	2	212	76



Şekil 13- Alandere’de Eti Soda işletmesi kuzeyinde Başören ve Kilci antiklinallerinin panoramik fotoğrafı. a) Yorumuz b) Yorumlu halı. Fotoğraf konumu için şekil 4’e bakınız.

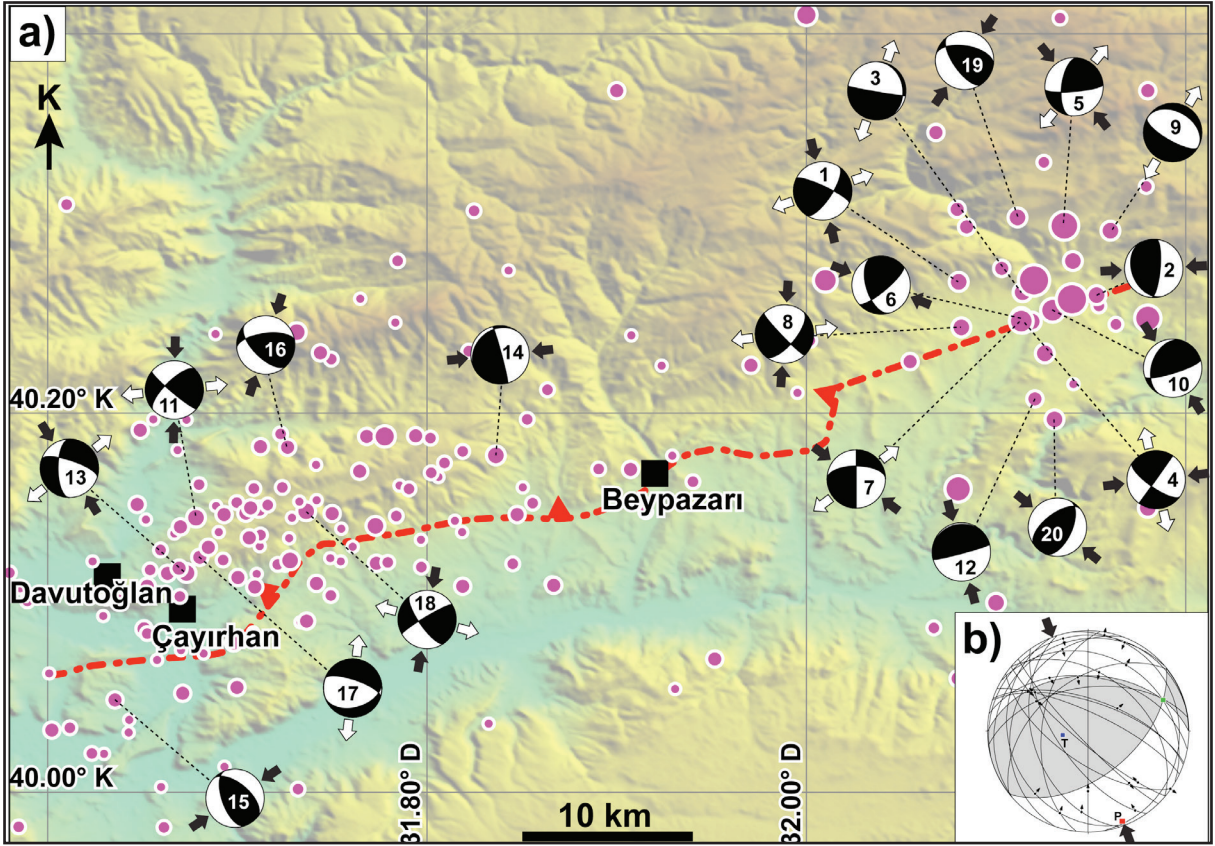


Şekil 14-a) Alandere’de Başören asimetrik antiklinalinin ön kanadında tabaka eğimlerinin GD’ya doğru giderek azalması b) Eğimdeki bu değişimlerin alttaki kör bindirme üzerindeki atım farklılıkları ile olan olası ilişkisi. Yarımların boylarının azaldığına dikkat ediniz.

6. Tartışma

“Beypazarı Monoklinali” yerine “Beypazarı fay-ilerleme kıvrımları” önerisi: Monoklinal’in değişik tanımlarının hemen hepsinde dikçe eğimli tabakaların her iki tarafında yataya yakın tabakalardan bahsedilir. Buradan hareketle Türkiye jeoloji literatüründe “Beypazarı fleksürü” (Rondot, 1956; Kalafatçıoğlu ve Uysallı, 1964; Kavuşan, 1993a) ve daha sonra kullanılan “Beypazarı monoklinali” terimi (Yağmurlu vd., 1988; Demirci, 2000) Beypazarı civarındaki yapıyı temsil etmemektedir. Çünkü bu makalede verilen ayrıntılı jeolojik harita ve yapısal gözlemler, dikçe eğimli tabakaların asimetrik antiklinalin bir kanadını oluşturduğunu belgelemiştir. Diğer kanat monoklinal tanımındaki gibi yatay olmayıp 15° kadar aksi yönde eğimlidir (Üçkızlar antiklinali). Bu makalede ayrıca Üçkızlar antiklinalinin Beypazarı Kör Bindirmesi ile Erenler geri-bindirmesi arasında yer aldığı belgelenmektedir (Şekil 4 ve 10). Bunlara ilave olarak Kilci ve Başören antiklinalleri tanımlanmış ve kör bindirmelerle ilişkili oldukları önerilmiştir. Bu nedenle bölgedeki yapıya “Beypazarı monoklinali” yerine “Beypazarı fay-ilerleme kıvrımları” adı verilmesi daha uygun olacaktır.

Deformasyonun nedeni: KB İç Anadolu’da yakın zamanda tanımlanan Eldivan-Elmadağ Kısırılmış Tektonik Kaması (EKTK), Neojen birimleri etkileyen deformasyonun neotektonik karakterde olduğunu ve Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Kırıkkale-Erbaa Fay



Şekil 15- a) Beypazarı çevresindeki sismik etkinlik ve bu çalışmada üretilmiş odak mekanizması çözümleri. Pembe daireler, aletsel dönemde kaydedilmiş depremlerin dışmerkez dağılımlarını göstermektedir. Depremlerin büyüklükleri 2.5 ile 4.2 arasında değişmektedir. Veri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü deprem kataloğundan alınmıştır. Odak mekanizması çözümlerinin ayrıntısı için çizelge 1'e bakınız. Kırmızı noktalı çizgi Beypazarı Kör Bindirmesini temsil etmektedir. b) Odak mekanizması çözümlerinden elde edilen fay verisi kullanılarak gerçekleştirilmiş yapısal analiz. P daralma, T genişleme ekseninin konumunu göstermektedir.

Zonu arasındaki etkileşim nedeniyle oluşan KB-GD daralma sonucu geliştiğini ortaya koymaktadır (Seyitoğlu vd., 2000; 2009). Daha sonra benzer karakterde Abdüsselam Kısırılmış Tektonik Kamasi (AKTK) tanımlanmış ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Eskişehir Fay Zonu (EFZ) ve Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu (KEFZ) arasında kalan ters üçgen benzeri alanın KB-GD daralma altında olduğu belirtilmiştir (Esat ve Seyitoğlu, 2010; Esat, 2011; Esat vd., 2016; Esat vd., 2017). Bu üçgen benzeri alan içinde ana sıkışma yapılarına bakılacak olursa bunların değişik konumlarda olduğu görülür (Şekil 1). ETKK Ankara ve Çankırı arasında genel olarak KKD-GGB doğrultulu olarak uzanır (Seyitoğlu vd., 2009). Ankara batısında AKTK, KD-GB doğrultuludur (Esat, 2011; Esat vd. 2017). Ayrıntıları bu makalede verilen Beypazarı Kör Bindirme Zonu (BKBZ) ise DKD-BGB doğrultulu olarak yer almaktadır. KB İç Anadolu'da üçgene benzer alan içinde sıkışmalı yapıların doğrultuları geçişli olarak KKD'dan BGB'ya

dönme göstermekte olup, bu durum üçgen alanının batıya doğru daralması ile ilişkili olmalıdır. KB İç Anadolu'da KAFZ, EFZ ve KEFZ arasında kalan alan için önerilen KB-GD yönlü daralma önerisi, Yağmurlu vd. (1988)'de belirtilen Beypazarı civarındaki sıkışma nedeninin Kuzey Anadolu Fayı ile Eskişehir Fayı arasındaki etkileşim olduğu görüşü ile uyum içindedir.

Deprem etkinliği ve Beypazarı Kör Bindirme Zonu ilişkisi: Bu çalışmada sunulan odak mekanizması çözümlerinin genel değerlendirmesi Beypazarı Kör Bindirme Zonu'nun aktif bir yapı olduğunu göstermektedir (Şekil 15a ve b). BKBZ'nun yüzeyde etkilerinin en rahat izlendiği Beypazarı Kör Bindirmesi'nin GD'sunda deprem etkinliğinin dışmerkez dağılımı bulunmaktadır. Bu veri BKBZ'nun bir taban bindirme düzlemi ile GD'ya devam ettiğini işaret etmektedir. Bu taban bindirmesi 12 nolu depremin odak mekanizmasının gösterdiği gibi (Çizelge 1, Şekil 15 a) KB'ya eğimli ve oldukça düşük açılı olmalıdır.

Odak mekanizma çözümleri arasında bindirme faylarını işaret edenler olduğu gibi, doğrultu atımlı faylanmayı gösterenler de bulunmaktadır. Doğrultu atımlı faylanmanın baskın olarak sol veya sağ yönlü olmayışı inceleme alanındaki doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili sismik aktivitenin yırtılma fayları ile ilgili olabileceğini göstermektedir. Benzer biçimde, çalışma alanının KD'sunda meydana gelen 2000.08.22 Uruş depreminin (M: 4.3) ana ve artçı şokuna ait doğrultu atımlı fay ve bindirme fayını işaret eden iki farklı çözümü rapor edilmiştir. Bu çözümler yanal sıkışmalı KD-GB doğrultulu sol yanal Uruş (Çeltikçi) fay zonuna atfedilmiştir (Kaplan, 2004), ancak bu sismik aktiviteyi Beypazarı Kör Bindirme Zonu (BKBZ) ve onunla ilişkili gelişen KB-GD doğrultulu sağ yanal yırtılma fayı olarak da değerlendirmek mümkündür.

7. Sonuçlar

Türkiye jeoloji literatüründe “Beypazarı fleksürü” veya “Beypazarı monoklinali” olarak bilinen yapının aslında kör bindirmeler ile ilişkili fay-ilerleme kıvrımları olduğu belirlenmiş olup, bölgedeki yapı için “Beypazarı fay-ilerleme kıvrımları” adı önerilmektedir. Bu yapının oluşumunda rol oynayan kör bindirmelerin tümü “Beypazarı Kör Bindirme Zonu (BKBZ)” olarak tanımlanmış olup, sismik aktivite ve odak mekanizması çözümleri bu zonun aktif bir neotektonik eleman olduğunu göstermektedir. KB İç Anadolu'nun neotektonik çerçevesinde KAFZ, EFZ ve KEFZ arasında kalan ters üçgen şeklindeki alanın içinde gelişen EKTK ve AKTK'dan sonra Beypazarı Kör Bindirme Zonu (BKBZ), Anadolu levhasının iç deformasyonunu karşılayan önemli neotektonik yapılardan biridir.

Katkı belirtme

Bu çalışmanın arazi gözlemleri İleri Jeolojik Harita Alımı dersi uygulaması sırasında yapılmıştır. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığına destekleri için teşekkür ederiz. 2014-2015 arazi çalışmalarına özveri ile katılan Yüksek Lisans öğrencileri, özellikle Tektonik Araştırma Grubundan Anıl Ardahanlıoğlu ile Efe Demirci'ye arazideki yararlı tartışmalar için müteşekkirimiz. Beypazarı havzasının jeolojisi hakkında deneyimlerini cömertçe paylaşan Gültekin Kavuşan'a teşekkür ederiz. Çalışmada kullanılan deprem verileri, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi'nden temin edilmiştir. Makale Dr. Shah Faisal ve diğer isimsiz hakemlerin eleştirel görüşlerinden faydalanmıştır, bunlar için kendilerine teşekkür ederiz.

Değinilen Belgeler

- Aksoy, C.O., Onargan, T., Yenice, H., Küçük, K., Köse, H. 2006. Determining the stress and convergence at Beypazarı trona field by three-dimensional elastic-plastic finite element analysis: A case study. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 43, 166-178.
- Allmendinger, R.W. 1998. Inverse and forward numerical modeling of trishear fault-propagation folds. *Tectonics*, 17, 640-656.
- Apaydın, A. 2010. Relation of tectonic structure to groundwater flow in the Beypazarı region, NW Anatolia, Turkey. *Hydrogeology Journal*, 18, 1343-1356.
- Bechtel, A., Karayığit, A.İ., Sachsenhofer, R.F., İnaner, H., Christanis, K., Gratzer, R. 2014. Spatial and temporal variability in vegetation and coal facies as reflected by organic petrological and geochemical data in the Middle Miocene Çayırhan coal field (Turkey). *International Journal of Coal Geology*, 134/135, 46-60.
- Bürküt, Y., Suner, F., Esenli, V. 1998. Çayırhan-Beypazarı bölgesi (Ankara) Tenardit-Trona yatakları oluşum koşulları. *Yerbilimleri Geosound*, 32, 191-198.
- Calamita, F., Pace, P., Satolli, S. 2012. Coexistence of fault-propagation and fault-bend folding in curve-shaped foreland fold-and-thrust belts: examples from the Northern Apennines (Italy). *Terra Nova*, 24, 396-406.
- Demirci, C.Y. 2000. Structural Analysis in Beypazarı-Ayaş-Kazan-Peçenek Area, NW of Ankara (Turkey). PhD thesis Middle East Technical University.
- Diker, S., Çelik, M., Kadioğlu, Y.K. 2006. Fingerprints of the formation of geothermal springs on the granitoids: Beypazarı-Ankara, Turkey. *Environmental Geology*, 51, 365-375.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. Active fault map of Turkey with an explanatory text 1:1,250,000 scale. Special Publication Series 30, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara-Turkey. ISBN: 978-605-5310-56-1

- Erslev, E.A. 1991. Trishear fault-propagation folding. *Geology*, 19, 617-620.
- Esat, K. 2011. Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniği ve deprenselliği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s.
- Esat, K., Seyitoğlu, G. 2010. Neotectonics of North Central Anatolia: A strike-slip induced compressional regime. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia*, Abstracts with Programs (14-6), p.38, Middle East Technical University, Ankara.
- Esat, K., Çıvgın, B., Kaypak, B., Işık, V., Ecevitöğlu, B., Seyitoğlu, G. 2014. The 2005-2007 Bala (Ankara, central Turkey) earthquakes: a case study for strike-slip fault terminations. *Geologica Acta* 12, 1, 71-85.
- Esat, K., Kaypak, B., Işık, V., Ecevitöğlu, B., Seyitoğlu, G. 2016. Eskişehir Fay Zonu'nun güneydoğu bölümünü oluşturan Ilıca kolu: Orta Anadolu'da sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir yapı. *Maden Tetkik Arama Dergisi* 152. Ankara.
- Esat, K., Seyitoğlu, G., Ecevitöğlu, B., Kaypak, B. 2017. Abdüsselam Kısırlanmış Tektonik Kaması: KB Orta Anadolu'da daralma rejimiyle ilişkili bir Geç Senozoyik yapısı. *Yerbilimleri*, 38, 33-56.
- Garcia-Veigas, J., Gündoğan, İ., Helvacı, C., Prats, E. 2013. A genetic model for Na-carbonate mineral precipitation in the Miocene Beypazarı trona deposits, Ankara province, Turkey. *Sedimentary Geology*, 294, 315-327.
- Hardy, S., Ford, M. 1997. Numerical modeling of trishear fault propagation folding. *Tectonics*, 16, 841-854.
- Helvacı, C. 2010. Geology of the Beypazarı trona field, Ankara, Turkey. *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia*, Ankara, Turkey. Mid-congress field excursions guide book, 1-33.
- Helvacı, C., Yılmaz, H., İnci, U. 1981. Beypazarı (Ankara) yöresi Neojen tortullarının kil mineralleri ve bunların dikey ve yanal dağılımı. *Jeoloji Mühendisliği*, 32/33, 33-42.
- İnci, U. 1991. Miocene alluvial fan-alkaline playa lignite-trona bearing deposits from an inverted basin in Anatolia: sedimentology and tectonic controls on deposition. *Sedimentary Geology*, 71, 73-97.
- Jabbour, M., Dhont, D., Hervouet, Y., Derooin, J-P. 2012. Geometry and kinematics of fault-propagation folds with variable interlimb angle. *Journal of Structural Geology*, 42, 212-226.
- Kalafatçıoğlu, A., Uysallı, H. 1964. Beypazarı-Nallıhan-Seben civarının jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 62, 1-11.
- Kaplan, T. 2004. Neotectonics and seismicity of the Ankara region: A case study in the Uruş area. MSc Thesis, Middle East Technical University, 84p.
- Karadenizli, L. 1995. Beypazarı havzası (Ankara batısı) üst Miyosen-Pliyosen jipsli serilerinin sedimentolojisi. [Sedimentology of the Upper Miocene-Pliocene gypsum series of the Beypazarı basin, west of Ankara, Central Anatolia, Turkey]. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38, 63-74.
- Karakaş, Z., Kadir, S. 2006. Occurrence and origin of analcime in a Neogene volcano-sedimentary lacustrine environment, Beypazarı-Çayırhan basin, Ankara, Turkey. *N. Jb. Miner. Abh.* 182/3, 253-264.
- Kavuşan, G. 1993a. Beypazarı-Çayırhan kömür havzası linyitlerinin yataklanmasında tektonizmanın önemi. *Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi / Turkish Journal of Earth Sciences*, 2, 135-145.
- Kavuşan, G. 1993b. Beypazarı-Çayırhan linyitleri hümik asitlerin IR-Spektrofotometrik incelenmesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 115, 91-98.
- Mitra, S. 1990. Fault-propagation folds: Geometry, kinematic evolution and hydrocarbon traps. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74, 921-945.
- Orti, F., Gündoğan, İ., Helvacı, C. 2002. Sodium sulphate deposits of Neogene age: the Kirmir Formation, Beypazarı basin, Turkey. *Sedimentary Geology*, 146, 305-333.
- Özçelik, O. 2002. Beypazarı (Ankara) kuzeyinde Miyosen yaşlı bitümlü birimlerin organik jeokimyasal özellikleri. [Organic geochemical characteristics of Miocene bituminous units, north of Beypazarı (Ankara)]. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1-17.
- Özçelik, O., Altunsoy, M. 2005. Organic geochemical characteristics of Miocene bituminous units in the Beypazarı basin, central Anatolia, Turkey. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 30, 181-194.

- Özgüm, C., Gökmenoğlu, O., Erduran, B. 2003. Ankara, Beypazarı doğal soda (trona) sahası izotop hidrolojisi çalışmaları. [Isotope Hydrology studies of Beypazarı trona mine area, Ankara]. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 27, 3-16.
- Özpeker, I., Çoban, F., Esenli, F., Eren, R.H. 1991. Miyosen yaşlı Hırka Formasyonundaki (Beypazarı-Ankara) dolomitlerin minerolojik özellikleri [Mineralogical features of dolomite in the Hırka Formation (Beypazarı-Ankara)]. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 34, 23-26.
- Özsayın, E., Dirik, K. 2007. Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba Fault Zones: İnönü-Eskişehir Fault System, central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences* 16, 471-492.
- Özsayın, E., Dirik, K. 2011. The role of oroclinal bending in the structural evolution of the Central Anatolian Plateau: evidence of a regional changeover from shortening to extension. *Geologica Carpathica* 62, 4, 345-359.
- Pehlivanlı, B.Y., Koç, Ş., Sarı, A., Engin, H. 2014. Factors controlling low Uranium and Thorium concentrations in the Çayırhan Bituminous shales in the Beypazarı (Ankara) area, Turkey. *Acta Geologica Sinica*, 88, 248-259.
- Randot, J. 1956. 1/100.000 lik 39/2 (Güney kısmı) ve 39/4 nolu paftaların jeolojisi. Seben-Nallıhan-Beypazarı ilçeleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no: 2517 (yayımlanmamış), Ankara.
- Ring, U., Glodny, J. 2010. No need for lithospheric extension for exhuming (U)HP rocks by normal faulting. *Journal of Geological Society London*, 167, 225-228.
- Reasenber, P. Oppenheimer, D. 1985. Fpfit, fpplot, and fpage: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault plane solutions. Technical Report. Reston, VA, USA: US Geological Survey.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B., Karabıyıköğlü, T. 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı basin: Implications for the post-collisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova*, 12, 245-251.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B., Karabıyıköğlü, T. 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı basin: Implications for the post-collisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova*, 12, 245-251.
- Seyitoğlu, G., Aktuğ, B., Karadenizli, L., Kaypak, B., Şen, Ş., Kazancı, N., Işık, V., Esat, K., Parlak, O., Varol, B., Saraç, G., İleri, İ. 2009. A Late Pliocene - Quaternary Pinched Crustal Wedge in NW Central Anatolia, Turkey: A neotectonic Structure Accommodating the Internal Deformation of the Anatolian Plate. *Geological Bulletin of Turkey*, 52(1), 121-154.
- Suner, M.F. 1993. The Beypazarı trona deposits. *Földtani Közlöny*, 123/3, 271-282.
- Suppe, J. 1983. Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of Science*, 283, 684-721.
- Suppe, J. 1985. Principles of structural geology. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Suppe, J., Medwedeff, D.A. 1990. Geometry and kinematics of fault-propagation folding. *Eclogae geol. Helv.*, 83, 409-454.
- Şener, M. 2007. Depositional conditions of the coal-bearing Hırka Formation beneath Late Miocene explosive volcanic products in NW central Anatolia, Turkey. *Journal of Earth System Science*, 116, 125-135.
- Yağmurlu, F., Helvacı, C., İnci, U., Önal, M. 1988. Tectonic characteristics and structural evolution of the Beypazarı and Nallıhan Neogene basin, central Anatolia. *METU Journal of Pure and Applied Sciences*, 21, 127-143.