Yerbilimleri, 2017, 38 (1), 33-56
Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni
Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University

Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması: KB Orta Anadolu'da daralma rejimiyle ilişkili bir Geç Senozoyik yapısı

Abdüsselam Pinched Crustal Wedge: a Late Cenozoic structure related to the contractional regime in the NW Central Anatolia

KORHAN ESAT[1]*, GÜROL SEYİTOĞLU[1], BERKAN ECEVİTOĞLU[2], BÜLENT KAYPAK[3]

[1]Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830 Ankara

[2]Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 26555 Eskişehir

[3]Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06830 Ankara

Geliş *(received)* : 12 Temmuz (*July*) 2016
Kabul *(accepted)* : 15 Aralık (*December*) 2016

ÖZ

KB Orta Anadolu'da yer alan Ankara'nın batısındaki Neojen öncesi temel birimler, kabuktaki daralmanın etkisiyle yükselerek Neojen ve daha genç sedimanter birimleri deforme eder ve kesit görüntüsünde bir tektonik kama yapısı oluşturur. Eş yaşlı olarak doğu kenarı bindirme/ters, batı kenarı ise normal faylarla sınırlı bu yapı Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması (AKTK) olarak isimlendirilmiştir. AKTK'nin çevresinde ve kuzey ve güney devamında yer alan Neojen ve daha genç birimlerdeki daralmayla ilişkili deformasyon yapıları, bölgede Orta Pliyosen'den günümüze KB-GD yönlü bir daralma rejiminin etkin olduğunu gösterir. Ankara şehir merkezinin batısında yer alan ve olasılıkla aktif olan bu kama yapısıyla ilişkili faylar, bölgedeki yoğun yapılaşma ve diğer önemli tesisler düşünüldüğünde deprem riski açısından dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Ankara, Daralma rejimi, Geç Senozoyik, KB Orta Anadolu, Tektonik kama.

ABSTRACT

The Neogene and younger sedimentary units, which are located in the W of Ankara, NW central Anatolia, have been uplifted and deformed by the pre-Neogene basement rocks due to the crustal contraction. Thus, a tectonic wedge structure has been formed in cross-section view. This structure having coeval thrust and normal faults at its eastern and western boundaries, respectively, is called as Abdüsselam Pinched Crustal Wedge (APCW). The contraction related deformation structures in the Neogene and younger sedimentary units around the APCW and along its northern and southern continuation show that the NW-SE-directed contractional regime has been active in the region since Middle Pliocene. Therefore, the faults related to the APCW located in the west of Ankara city center should be taken into consideration for the earthquake risk when considering the dense settlement and the other important facilities in the region.

Keywords: *Ankara, Contractional regime, Late Cenozoic, NW central Anatolia, Tectonic wedge.*

*K. Esat
e-posta: esat@ankara.edu.tr

GİRİŞ

KB Orta Anadolu Bölgesi, genel olarak doğudaki yaklaşık kuzey-güney yönlü daralma ile batıdaki yaklaşık kuzey-güney yönlü genişleme sistemlerinin arasında yer alır (Şengör vd. 1985). Doğrultu atımlı fay zonlarının etkisi altındaki KB Orta Anadolu Bölgesi'ni etkileyen başlıca yapılar Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu (KEFZ), Eskişehir Fay Zonu (EFZ), Tuzgölü Fay Zonu (TFZ), Eldivan-Elmadağ Kıstırılmış Tektonik Kaması (EKTK) ve Beypazarı Kör Bindirme Zonu (BKBZ)'dur (Şekil 1a). Günümüzde Türkiye ve yakın çevresinin ve dolayısıyla bu fay zonlarının tektonik gelişimini kontrol eden ana unsurlar ise Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca Arap ve Avrasya levhalarının çarpışması, Anadolu bloğunun batıya doğru hareketi ve Afrika levhasının Ege ve Kıbrıs yayları boyunca Anadolu bloğunun altına dalmasıdır (McKenzie, 1972; Şengör 1980) (Şekil 1b). Bu tektonik olayların etkisiyle Doğu Akdeniz bölgesinde şekillenen deformasyon yapıları, Türkiye'nin sıkça büyük depremlerin de görüldüğü tektonik olarak aktif bir bölge olmasına neden olmaktadır.

Bu neotektonik çerçeve içerisinde, makalenin inceleme alanını oluşturan ve KB Orta Anadolu'da yer alan Ankara'nın batısı, sağ yönlü doğrultu atımlı ana fay zonları olan KAFZ, EFZ ve KEFZ yapılarıyla çevrili yaklaşık üçgen şekilli bölge içerisinde yer alır (Şekil 1a). Bu bölge içerdiği KB-GD yönlü daralmayla ilişkili deformasyon yapıları nedeniyle "KB Orta Anadolu Daralma (Sıkışma) Bölgesi" olarak tanımlanmıştır (Esat ve Seyitoğlu, 2010; Esat 2011). Bununla birlikte, Ankara'nın batı bölümü ve yakın çevresinde yapılmış önceki çalışmalarda, ana doğrultu atımlı fay zonlarının çevrelediği bölgede günümüzde etkili olan tektonik rejimin niteliğiyle ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. İlerleyen bölümlerde bu görüşler özetlendikten sonra, jeolojik gözlemlerin ve sismik yansıma çalışmalarının ışığında tanımladığımız Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması (AKTK) ve ilişkili yapılarının, bölgenin güncel tektonik rejimiyle ilişkisi tartışılacaktır.

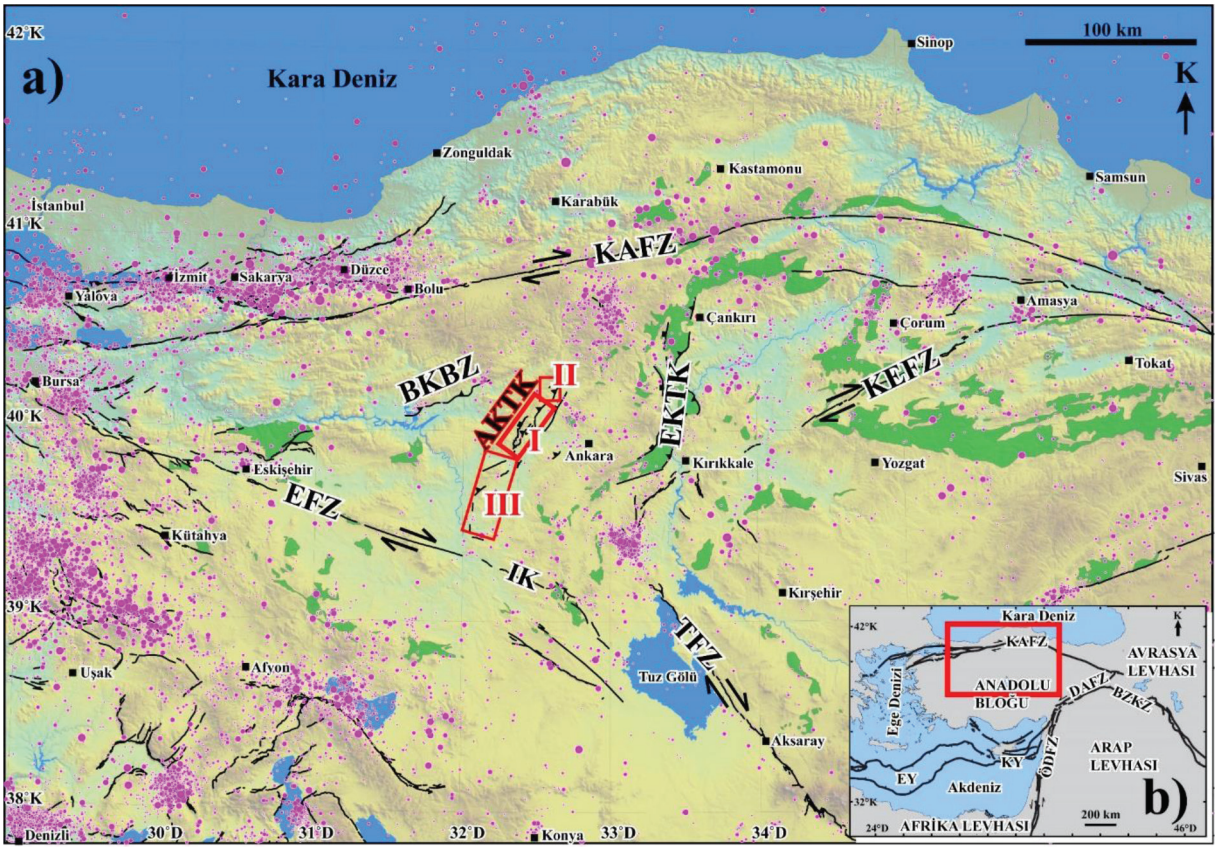
ANKARA ÇEVRESİNDE KB ORTA ANADOLU'YU ETKİLEYEN NEOTEKTONİK REJİMİN NİTELİĞİ ÜZERİNE GÖRÜŞLER

Önceki araştırmacıların, KAFZ'ın güneyinde KB Orta Anadolu'yu etkileyen neotektonik rejimin niteliğiyle ilgili Ankara çevresindeki gözlemlerine dayanarak vardıkları birbirini destekleyen ya da çelişen görüşlerin bir özeti aşağıda ve Şekil 2'de verilmektedir.

Gökten vd. (1988)'nin Ankara'nın kuzeybatısında Bağlum ve Kazan arasında gerçekleştirdikleri çalışmaya göre, Oligo-Miyosen ile Pliyosen aralığında daralmalı rejimin etkisindeki bölge, Pliyosen sonrasında graben oluşumu ile temsil olunan genişlemeli bir neotektonik rejimin etkisi altına girer. Bununla birlikte, Koçyiğit (1991) Ankara bölgesinin neotektoniğini incelediği çalışmasında bölgedeki yapıları KB-GD yönlü daralma etkisiyle gelişmiş Geç Pliyosen öncesi ve K-G yönlü daralmanın oluşturduğu Geç Pliyosen-Kuvaterner olarak iki gruba ayırır. Bu çalışmaya göre Geç Miyosen'den beri bölgeyi etkileyen KB-GD yönlü daralma rejimi Geç Pliyosen'de yerini K-G daralmaya bırakır ve günümüzde de etkin olan daralma yönü K-G'dir. Koçyiğit (1991)'in Ankara çevresinde Yuva Köyü civarı, Yakacık Köyü'nün kuzeydoğusu, Edige Köyü'nün 500 m güneydoğusu ve 2 km kuzeyinde incelediği bölgelerde Neojen öncesi temel birimler ile Neojen birimler arasında bindirme olarak gösterilen sınırlar, Seyitoğlu vd. (1997) tarafından yeniden gözden geçirilerek tartışılmıştır. Buna göre Seyitoğlu vd. (1997) bölgede çarpışma sonrası daralmalı tektonik rejimin Erken Miyosen'de sona erdiğini, Erken Miyosen-Pliyosen aralığında olasılıkla orojenik çökmeye bağlı genişlemeli bir tektonik rejimin geliştiğini ve Pliyosen'den günümüze de KAFZ'ın etkisiyle bölgede transpresyonel ya da transtansiyonel bir tektonik rejimin etkili olduğunu söyler.

Koçyiğit (1992)'in Ankara-Yuva Köyü'ndeki gözlemlerine göre, Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca çarpışma sonrası daralmalı rejim Ponsiyen (Geç Miyosen)'de sonlanmış ve sonrasında doğrultu atımlı faylanmayla ilişkili Pliyo-Kuvaterner yaşlı neotektonik bir döneme girilmiştir. Yuva Köyü'ndeki fayın türü ile ilgili farklı iki görüş olması nedeniyle (Koçyiğit, 1991; 1992; Seyitoğlu vd., 1997) Özsayın vd. (2005) Ankara-Yuva Köyü civarında gerçekleştirdikleri çalışmada, Koçyiğit (1992) tarafından K-G yönlü daralmanın kanıtı olarak gösterilen D-B doğrultulu bindirme faylarının varlığını arazi gözlemleriyle doğrulamıştır. Bu çalışma sonrasında Seyitoğlu vd. (2006), Ankara-Yuva Köyü çevresinde bindirme olarak haritalanan fayların (Koçyiğit, 1991; 1992; Özsayın vd., 2005) niteliğini jeolojik ve jeofizik yöntemlerle tekrar denetleyerek, normal fay karakterinde olduklarını belirlemiş, dolayısıyla bölgede K-G yönlü daralmayı kanıtlayacak bir veri olmadığını söylemiştir.

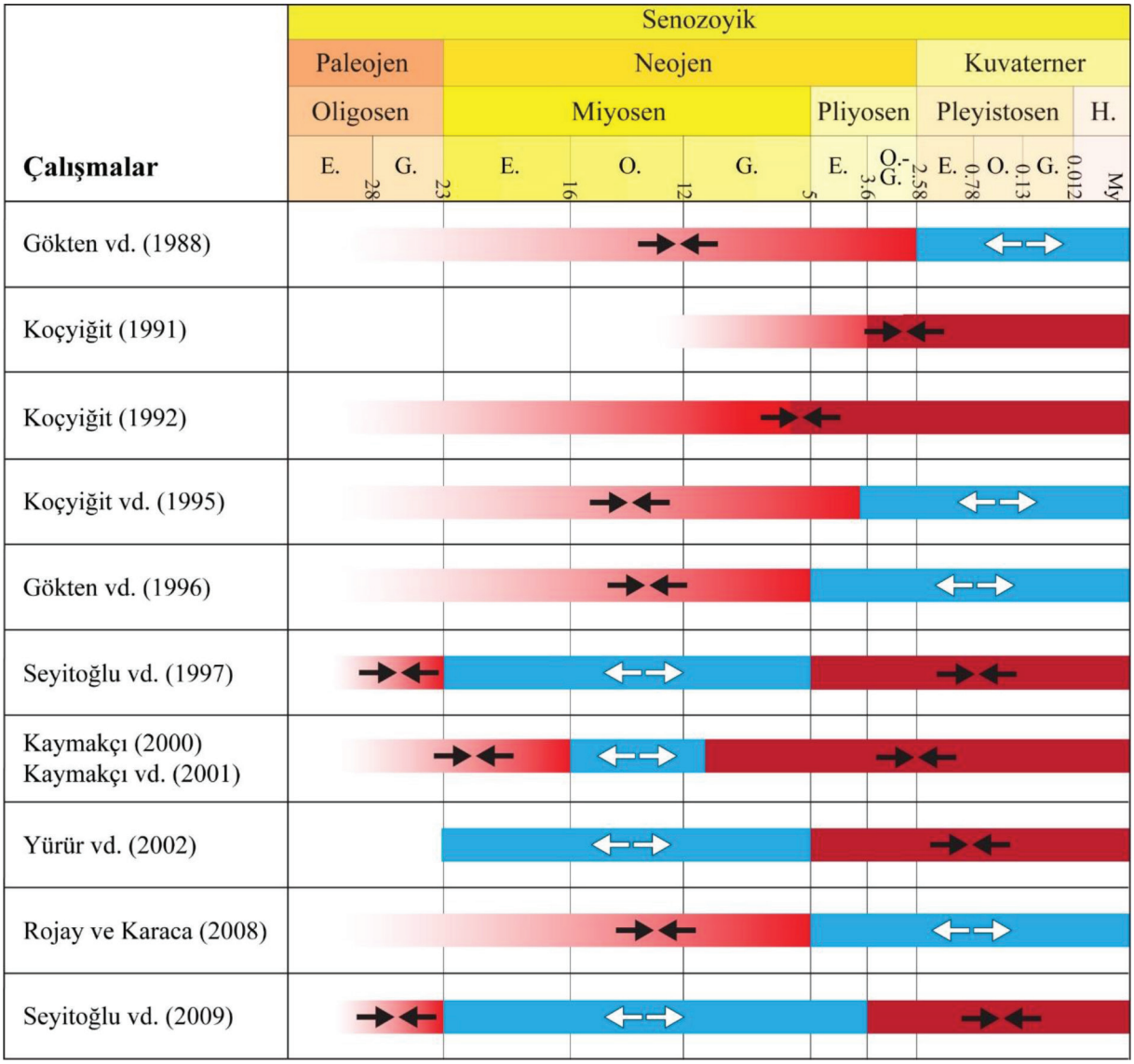
Koçyiğit vd. (1995), "Ankara Orojenik Safhası" olarak tanımladıkları çarpışma sonrası daralmalı rejimin geç-Erken Pliyosen'de sonlandığını, sonrasında ise



Şekil 1. a) Siyah hatlar KB Orta Anadolu'nun önemli neotektonik yapılarını (Emre vd., 2013; Esat vd., 2016; Seyitoğlu vd., 2009; Seyitoğlu vd. 2017'den yararlanılarak çizilmiştir), pembe daireler ise aletsel dönemdeki deprem dağılımını gösterir (B.Ü. Kandilli Rasathanesi UDİM kataloğundan alınmıştır). Kırmızı çerçeveler inceleme alanlarını gösterir: I: Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması (AKTK), II: Çalta ve Sinap Tepe bölgeleri, III: Çiledağ, Şabanözü, Dua Tepe ve Sakarya bölgeleri. BKBZ: Beypazarı Kör Bindirme Zonu, EFZ: Eskişehir Fay Zonu, EKTK: Eldivan-Elmadağ Tektonik Kaması, IK: Ilıca Kolu, KEFZ: Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu, TFZ: Tuz Gölü Fay Zonu. Yeşil alanlar İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonunu oluşturan ofiyolitik melanj kayaçlarını gösterir. b) Doğu Akdeniz'in önemli neotektonik unsurları. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, BZKZ: Bitlis-Zagros Kenet Zonu, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, EY: Ege Yayı, KY: Kıbrıs Yayı.

Figure1. a) Black lines represent the major neotectonic structures (after Emre et al., 2013; Esat et al., 2016; Seyitoğlu et al., 2009; Seyitoğlu et al., 2017). Pink circles show the earthquake distribution in the instrumental period (obtained from the earthquake catalogue of B.U. KOERI). Red frames show the study areas: I: Abdüsselam Pinched Crustal Wedge (AKTK), II: Çalta and Sinap Tepe areas, III: Çiledağ, Şabanözü, Dua Tepe and Sakarya areas. BKBZ: Beypazarı Blind Thrust Zone, EFZ: Eskişehir Fault Zone, EKTK: Eldivan-Elmadağ Pinched Crustal Wedge, IK: Ilıca branch, KEFZ: Kırıkkale-Erbaa Fault Zone, TFZ: Tuz Gölü Fault Zone. Green areas indicate the ophiolitic mélange rocks of the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone. b) Major neotectonic elements of Eastern Mediterranean. KAFZ: North Anatolian Fault Zone, DAFZ: East Anatolian Fault Zone, BZKZ: Bitlis-Zagros Suture Zone, ÖDFZ: Dead Sea Fault Zone, EY: Aegean Arc, KY: Cyprus Arc.

gravite çökmesine bağlı yeni bir tektonik rejimin egemen olduğunu öne sürmektedir. Benzer şekilde Rojay ve Karaca (2008) da, Galatya Volkanik Bölgesi'nin güneyinde yaptıkları gözlemlere dayanarak bölgede Pliyosen'den itibaren yönü KB-GD'dan KKD-GGB'ya değişen genişlemeli bir rejimin etkili olduğunu söylemektedir. Gökten vd. (1996) de Ayaş - Güdül - Çeltikçi bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmaya göre Miyosen sonuna kadar KB-GD yönlü daralmalı, Erken Pliyosen'den sonra ise KB-GD yönlü genişlemeli bir rejimin bölgede var olduğunu belirtir. Buna karşılık Seyitoğlu vd. (2000; 2009), Ankara'nın doğu-



Şekil 2. Geç Senozoyik'te KB Orta Anadolu'yu etkileyen neotektonik rejimin niteliğiyle ilgili görüşler. Kırmızı daralmalı, mavi ise genişlemeli tektonik rejimin etkin olduğu zaman aralığını gösterir. Detaylı bilgi için metne bakınız.

Figure 2. Views on the character of the neotectonic regime of the NW central Anatolia in Late Cenozoic. Red and blue areas show periods of contractional and extensional tectonic regime, respectively. See text for details.

kuzeydoğusunda yer alan EKTK ile ilgili yaptıkları çalışmalarda günümüzde KAFZ ile KEFZ arasında kalan bölgenin KB-GD yönünde daralmaya uğradığını söylemektedir. Kaymakçı (2000) ve Kaymakçı vd. (2001) de Ankara'nın doğu-kuzeydoğusundaki Çankırı Havzası'nda Orta Miyosen'e kadar daralmanın, Orta-erken Geç Miyosen'de genişlemenin ve erken Geç Miyosen'den günümüze de transpresyonel bir rejimin etkili olduğunu söyler. Yürür vd. (2002) de Galatya Volkanik Bölgesi'nin güneyinden elde ettikleri verilere göre Miyosen'de etkili olan genişlemeli rejimin Pliyosen'de sonlandığını belirtir.

Yukarıda özetlenen görüşlere bakıldığında bölgede günümüzde etkin olan rejimin niteliği hakkında farklı görüşlerin olduğu görülmektedir. Kiratzi (1993)'nin, depremsellik parametrelerini kullanarak hesapladığı yamulma eksenlerinin konumları, Ankara'nın kuzeyinde KAFZ üzerinde K49°B yönünde 14 mm/yıl'lık bir daralmayı gösterir. Ayrıca, Reilinger vd. (2006)'nin GPS veri seti kullanılarak hesaplanmış yamulma

eksen konumlarının (Allmendinger vd., 2007; Seyitoğlu vd., 2009), KAFZ ve KEFZ arasında kalan bölgenin KB-GD yönlü bir daralma etkisi altında olduğunu göstermesi de önemlidir.

Tektonik gelişimle ilgili tartışmalar dikkate alındığında, bölgedeki önemli deformasyon yapılarından biri olan Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması'nın bu çalışma kapsamında tanımlanmış olması, bölgenin neotektonik rejiminin aydınlatılması adına önemli bir katkı sağlamaktadır.

ABDÜSSELAM KISTIRILMIŞ TEKTONİK KAMASI (AKTK)

Bir tektonik kamanın (pinched crustal wedge: Fossen, 2000) her iki tarafını sınırlayan yapılar olarak eş yaşlı gelişen normal ve bindirme faylarına büyük ölçekli olarak Himalayalarda (Burg vd., 1984; Burchfiel ve Royden, 1985; Burchfiel vd., 1992) ve EKTK (Seyitoğlu vd., 2009) örneklerinde rastlanır. Sıkışmayla oluşan tektonik kamalarda (elastik-kırılgan özellikte) eş yaşlı normal fayların gelişimi elastik bir model üzerinde teorik olarak tanımlandığı gibi (Yin, 1993), fiziksel modeller üzerinde de gelişimi izlenmiştir (Chemenda vd., 1995). Bu normal faylar "daralmaya ilişkin normal faylar" olarak adlandırılmıştır (Ring ve Glodny, 2010). AKTK de mevcut geometrik yapısıyla küçük ölçekli bir bindirme kamasıdır.

AKTK, Ankara şehir merkezinin 35 km batısında Yenikent ile Ayaş arasında yer alır ve Mürted ovasının (Kazan havzasının) batı sınırını oluşturur. KD-GB yönünde yaklaşık 30 km boyunca bir sırt şeklinde doğrusal olarak uzanan ve 6 km genişliğe sahip bu yükseltinin en yüksek noktası 1610 m'dir ve topoğrafik haritalarda Abdüsselam Dağı olarak isimlendirilir. Yükseltinin doğu kenarı bindirme-ters faylarla, batı kenarı ise normal faylarla sınırlanır (Şekil 3). Orta Miyosen-Pliyosen karasal sedimanter birimleri deforme eden eş yaşlı bu fayların oluşturduğu yükselti, bu yapısal özelliği nedeniyle tektonik bir kama olarak tanımlanmıştır.

Yükseltinin özellikle doğu bölümündeki deformasyon yapıları Kutluay (2007) tarafından çalışılmıştır. Yapıyı KD-GB doğrultulu büyük bir antiklinal olarak tanımlayan (Abdüsselam antiklinali) bu çalışmaya göre, inceleme alanında Neojen öncesi temel birimler (Galatya Volkanik Yay Karmaşığı'na ait volkanik-volkanoklastik kayaçlar ile ofiyolitik melanja ait bloklar) ve örtü birimler (Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı Pazar formasyonu, Geç Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Etimesgut formasyonu ve Kuvaterner-alüvyon çökelleri) bulunmaktadır.

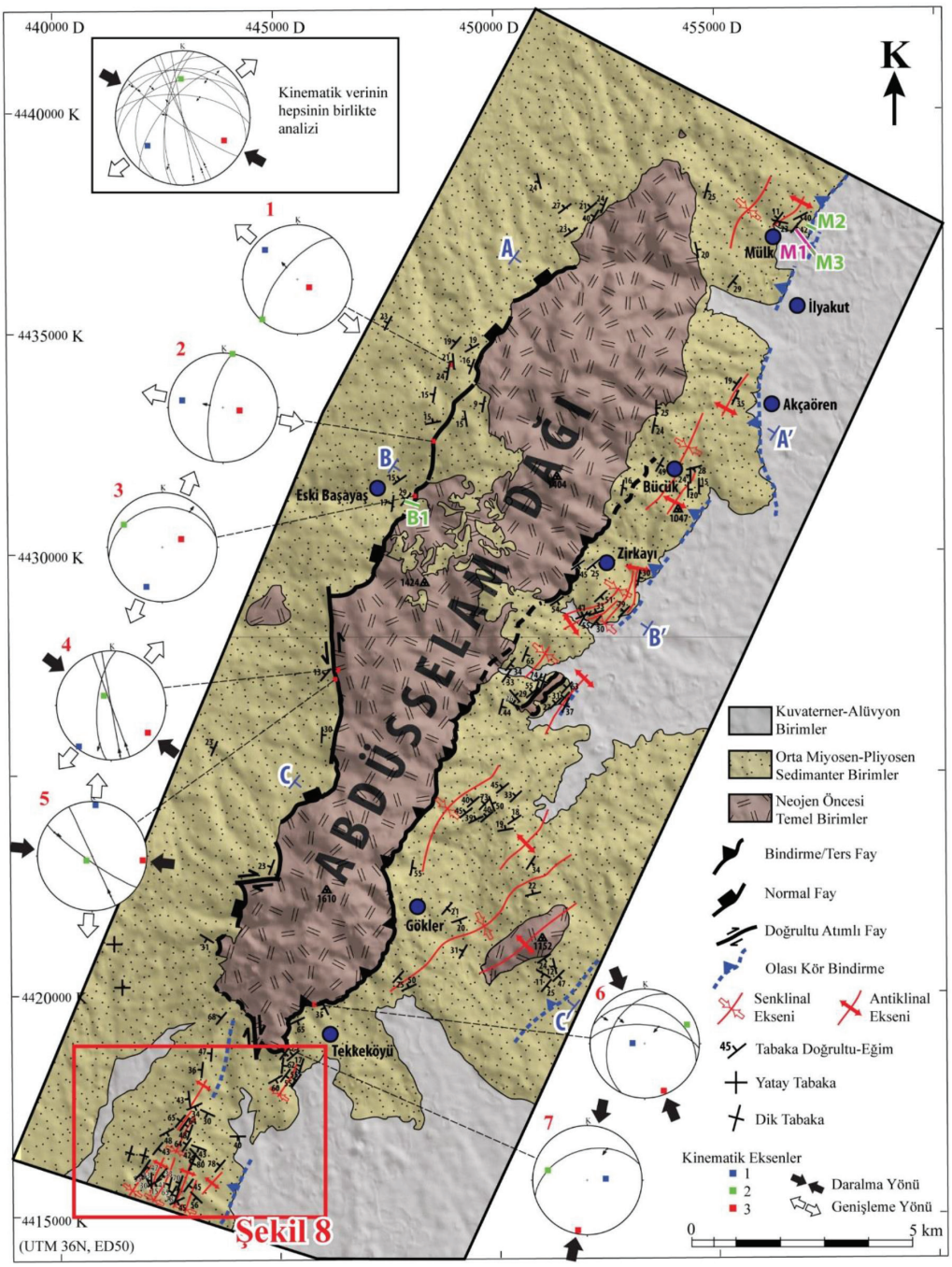
Bölgede gerçekleştirdiğimiz arazi çalışmaları sonucunda jeolojik birimler ve yapısal unsurlar haritalanmıştır (Şekil 3). Bölgedeki kaya birimleri Neojen öncesi temel birimler, Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimler ve Kuvaterner-alüvyon birimler olarak üç grup altında haritalanmıştır. Jeoloji haritası hazırlanırken arazi çalışmalarının yanı sıra görünür yakın kızılötesi bantları kullanılan ve dekorelasyon germesi uygulanmış ASTER uydu görüntüsü de birimleri ayırt etmede destekleyici ve yardımcı bir araç olarak kullanılmıştır.

Bölgedeki Neojen öncesi temel birimler, ağırlıklı olarak volkanikler, volkanoklastikler, kireçtaşları ve metamorfik kayaçlardan oluşur. Dönmez vd. (2009)'ne göre Abdüsselamdağ volkanitleri olarak isimlendirilen volkanik-volkanoklastik kayaçların yaşı Orta Eosen'dir.

Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimler kireçtaşı, marn, kumtaşı, kiltaşı ve tüf ardalanmasından oluşur. Kömürlü seviyeler de içerir. Neojen öncesi temel birimlerle arasında faylı ya da uyumsuz sınırlara sahip bu birimin yaşı, AKTK'nin doğu ve batı bölümlerinden elde edilmiş fosil verileriyle belirlenmektedir. Eski Başayaş Köyü'nün kuzeyinde memeli fosillerine dayanılarak elde edilmiş yaş Geç Miyosen'dir (Saraç, 1994). Brelie (1957), Bücük köyü civarındaki kömürlü seviyelerde bulunan polen ve sporlardan Geç Miyosen yaşını önermektedir. Nebert (1957) Bücük köyü civarında yaptığı çalışmada kömürlü seviyenin üzerine en az 700 m kalınlığa sahip sedimanların gelmesine dayanarak bu istifin en üst kesimlerinde Alt Pliyosen birimlerinin olma ihtimalinin yüksek olduğunu, dolayısıyla birimin yaşının Geç Miyosen-Erken Pliyosen olması gerektiğini önermektedir. Bununla birlikte, Benda (1971) Bücük köyündeki linyit oluşumlarından elde edilen sporomorf topluluğunun Yeni Eskihisar olduğunu belirtmiş olup, bu topluluğun yaş aralığı 11-14 My'dır (Benda vd., 1974; Benda ve Meulenkamp, 1990). Buna göre Bücük kömürlerini içeren istif Orta Miyosen yaşındadır.

Bölgedeki en genç birimler olan Kuvaterner-alüvyon birimleri ise Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter kayaçların üzerine uyumsuz olarak gelen az pekişmiş-pekişmemiş kırıntılılardan meydana gelir.

AKTK'nin doğu ve batı bölümleri farklı yapısal özellikler göstermektedir. Doğu bölümde Neojen öncesi



Şekil 3. AKTK ve yakın çevresinin jeoloji haritası. Daireler fay düzlemlerinin alt yarıküre eşit alan stereografik izdüşümlerini gösterir. Kinematik eksenler FaultKin (Marrett ve Allmendinger, 1990; Allmendinger vd., 2012) yazılımıyla belirlenmiştir. Kinematik veri için Çizelge 1'e bakınız. En üstte kinematik verinin tamamının değerlendirildiği, bölgesel daralma yönüyle uyumlu olduğu gözlenen bir analiz sunulmuştur. A-A', B-B' ve C-C' jeolojik kesit hatlarını (Şekil 7), M1, M2, M3 ve B1 (Şekil 9, 10, 11 ve 12) sismik yansıma hatlarını gösterir.

Figure 3. Geological map of the APCW and adjacent areas. Circles represent lower hemisphere equal area stereographic projections of the fault planes. Kinematic axes were determined with FaultKin software (Marrett and Allmendinger, 1990; Allmendinger et al., 2012). See Table 1 for the kinematic data. An analysis of the all kinematic data, which is compatible with the regional shortening direction, is presented on the top. A-A', B-B', and C-C' are the geological cross-section lines (Figure 7). M1, M2, M3, and B1 (Figure 9, 10, 11 and 12) are the seismic reflection lines.

temel birimler ile Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimler arasındaki sınır bindirme-ters faylı ya da uyumsuz olarak gözlenir (Şekil 3 ve 4a,b,c,d). Bu bölümde bindirme önündeki sedimanter birimler kıvrımlanarak deforme olmuştur (Şekil 4a,e). Sedimanter birimlerin kendi içinde de ters faylar gözlenir (Şekil 4d). Kıvrım eksenleri bindirme doğrultularına paralel ve yaklaşık KD-GB gidişlidir (Şekil 3).

AKTK'nin batı bölümünde ise Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimlerin tabakalarında batıya doğru hafif eğimlenmeler olmakla birlikte doğu bölümdeki gibi kıvrımlar gözlenmemektedir (Şekil 3 ve 5a,b). Bu bölümde Neojen öncesi temel birimler ile Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimleri arasındaki ilişki normal faylı ya da uyumsuzdur (Şekil 3 ve 5a,b,c). Ayrıca normal faylar bu iki birim arasındaki sınırı izler şekilde, sedimanter birimleri de keser(Şekil 3 ve 5d). Bu durum, normal fayların Orta Miyosen-Pliyosen sonrasında geliştiğini gösterir. Bazı yerlerde normal fayların doğrultu atımlı faylarla ötelendiği de görülmektedir (Şekil 3 ve 5e).

Bölgedeki Neojen öncesi temel birimler yaklaşık KB-GD yönlü bir daralmanın etkisiyle üzerinde bulunan Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimleri deforme ederek KD-GB doğrultusunda kama geometrisine sahip olarak yükselmiştir. AKTK'nin doğusu ve batısındaki Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimlerin aynı litolojik özellikte ve yaşta olmaları ve temel birimlerin üzerinde de aynı sedimanter birimlerin uyumsuz olarak gözlenmesi, her ne kadar bölgede sintektonik sedimanter bir oluşum bulunmasa da bu kamayı sınırlayan normal ve bindirme faylarının —temel birimlerin kama geometrisinde yükselmesinin mekanik bir sonucu olarak— aynı yaştaki sedimanter birimleri deforme ederek eş zamanlı geliştiğini gösterir (Şekil 6). Bölgede normal ve bindirme faylarının farklı tektonik rejimler altında ve farklı zamanlarda oluştuğunu söyleyebileceğimiz bir veri yoktur. Diğer bir deyişle batı bölümdeki normal fayları kesen bindirme fayları ya da doğu bölümdeki bindirme/ters fayları kesen normal faylar gözlenmez. Sedimanter birimlerde saptanan KD-GB uzanımlı kıvrım eksenleri bölgede KB-GD doğrultulu bir sıkışmanın varlığını göstermektedir (Şekil 3).

Daralma ile birlikte yükselen Neojen öncesi temel birimler, doğu bölümde ters faylar-bindirmelerle Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimleri deforme ederek kıvrımlara neden olmuş, batı bölümde ise bu birimleri üzerinde taşıyarak, tabakaları batıya doğru eğimli olacak şekilde normal faylarla daha az deforme etmiştir (Şekil 7). Bu yapısal özelliği nedeniyle AKTK'nin, Ankara'nın doğusunda benzer şekilde KB-GD daralma etkisiyle oluşmuş EKTK'nin (Şekil 1a) (Seyitoğlu vd., 2009) bir benzeri olduğu söylenebilir. EKTK ve AKTK'nin uzanımlarına bakıldığında birbirlerine yaklaşık paralel yapılar olması da dikkat çekmektedir (Şekil 1a).

AKTK'nin güney bölümünde Tekkeköy'ün hemen güneybatısında Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimler yoğun bir kıvrımlanmaya uğramıştır (Şekil 3 ve 8). Bu kıvrımlanmanın bir kör bindirmeyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu bölümdeki olası kör bindirmenin konumu jeoloji haritası ve uydu görüntüsünde kesikli mavi çizgiyle gösterilmiştir (Şekil 3 ve 8).

AKTK'nin doğu bölümünde Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimlerin içinde gelişmiş çoğunlukla bir antiklinal yapının Kuvaterner birimlerle sınır oluşturduğu gözlenir (Şekil 3). AKTK'nin kuzey bölümünde Mülk Köyü civarında Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimin tabakaları kıvrımlıdır. Burada da genel gidişe uygun olarak Neojen birimiyle Kuvaterner-alüvyon arasındaki sınırda Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter biriminin tabakaları asimetrik bir antiklinal oluşturur (Şekil 4e). Arazide gözlenen bu durum burada kör bindirmelerin varlığının öngörülmesine neden olmuştur. Bu öngörü Neojen öncesi temel ile Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimleri arasında ve içerisinde açıkça izlendiğinden bölgesel yapıya uygunluk göstermektedir.

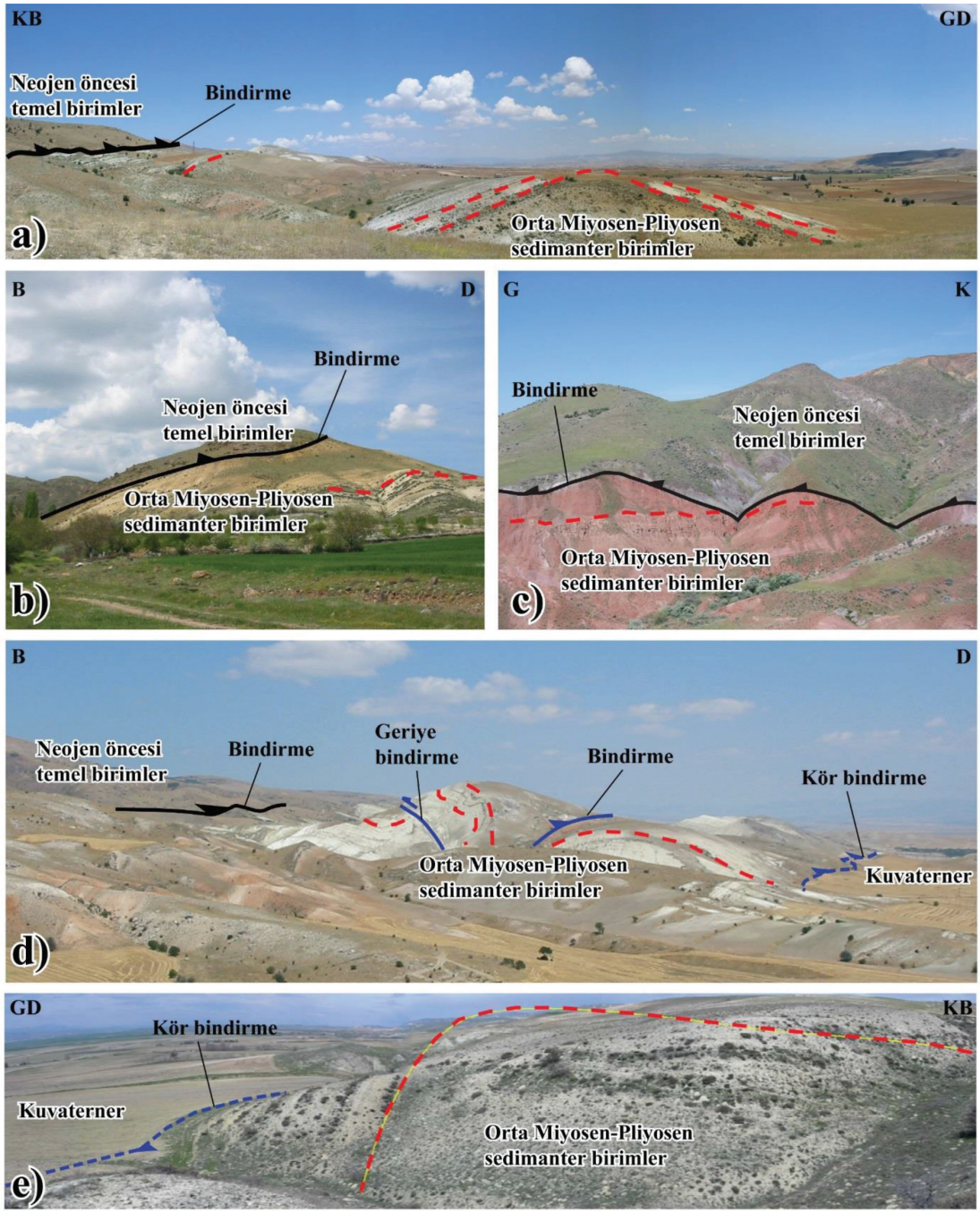
AKTK ile ilişkili faylara ait kinematik veri Çizelge 1'de verilmiştir. Fay düzlemleri ve kinematik eksenlerin konumları bölgesel daralma yönüyle uyumludur (Şekil 3).

AKTK'nin Doğu ve Batı Kenarlarında Gerçekleştirilen Sismik Yansıma Çalışmaları

Mülk sismik yansıma kesitleri (Doğu kenar)

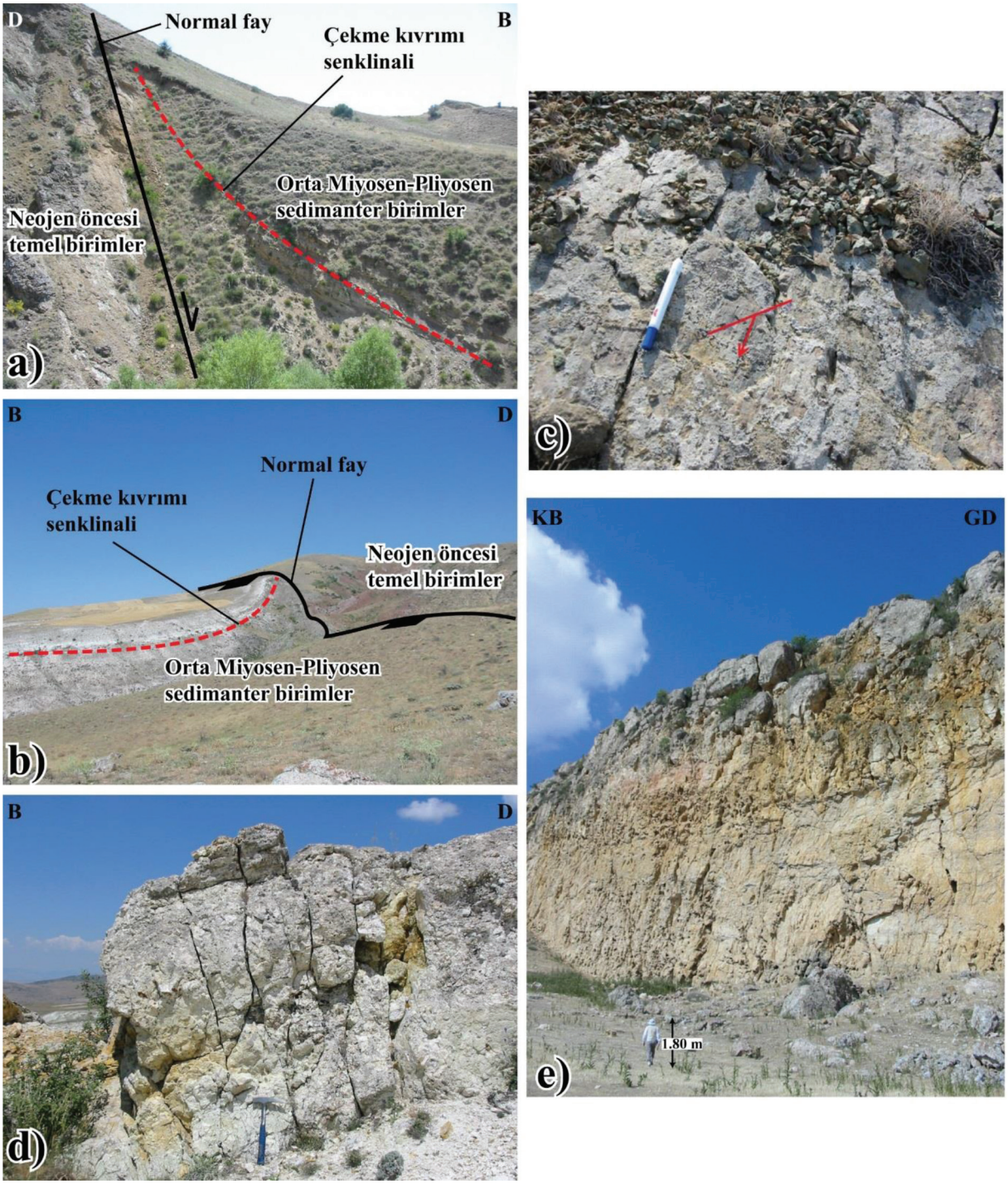
Bu bölümde, 'Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimleri ile Kuvaterner birimler arasındaki sınırın niteliği nedir?', 'Kuvaterner birimler deformasyona uğramış mıdır?' sorularına yanıt aramak amacıyla Mülk Köyü civarında sismik yansıma çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

AKTK'nin doğu kenarında gerçekleştirilen 'Mülk hattı' (Şekil 3'teki M1 hattı) iki parçadan oluşmaktadır.



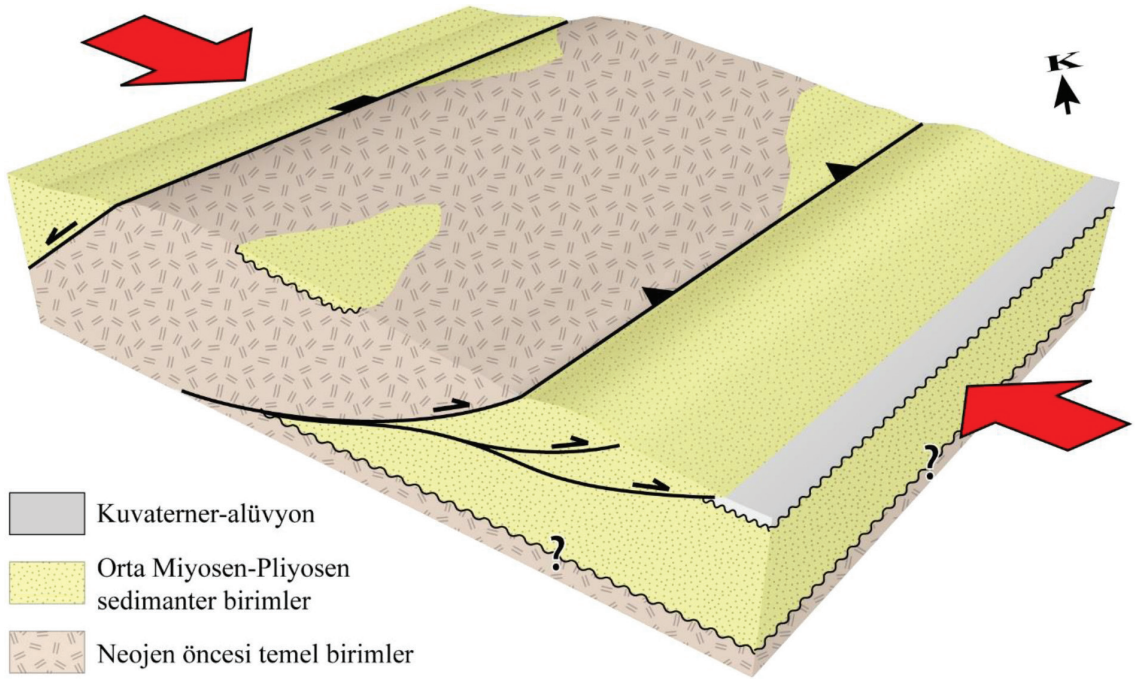
Şekil 4. AKTK'nin doğu bölümünde gözlenen bindirme ve kıvrım yapıları.
Figure 4. Thrusts and folds which are observed in the eastern part of the APCW.

Enerji kaynağı olarak 'P-gun' sistemi kullanılmıştır. 425 m kesit uzunluğuna sahip ilk hat boyunca jeofonlar 10'ar metre aralıklarla yerleştirilmiştir. 'P-gun'ın içine yerleştirilmesi için yine 10'ar metre aralıklarla toplam 20 adet çukur açılmıştır. Hat başından itibaren ateşlenmeye başlanan 'P-gun', sırasıyla diğer çukurlara aktarılarak toplamda 20 atış gerçekleştirilmiştir. Normal yürüme tekniğinin kullanıldığı çalışmada Jeofon sayısı 48, CDP aralığı 5 m, örnekleme aralığı 1 ms ve kayıt süresi 4 s'dir. Enerji kaynağı olarak yine 'P-gun' sistemi kullanılan Mülk hattının 680 m'lik ikinci parçası ise kablo boyunca yürüme tekniği ile atış aralığı 50 m, atış sayısı 15, jeofon aralığı 10 m, jeofon sayısı 66, CDP aralığı 5 m, örnekleme aralığı 1 ms ve kayıt süresi 4 s olacak şekilde düzenlenmiştir.

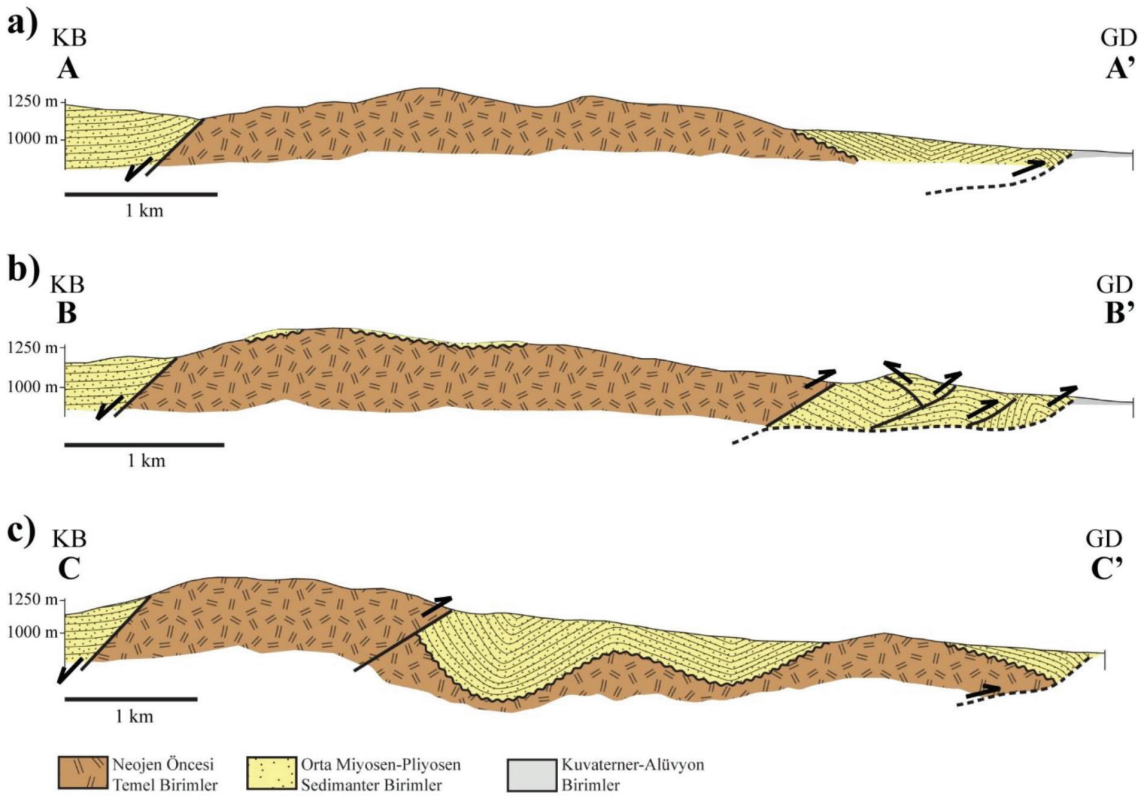


Şekil 5. AKTK'nin batı bölümünde gözlenen normal (a-d) ve doğrultu atımlı faylar (e) ve ilişkili yapılar.
Figure 5. Normal (a-d) and strike-slip (e) faults and related structures in the western side of the APCW.

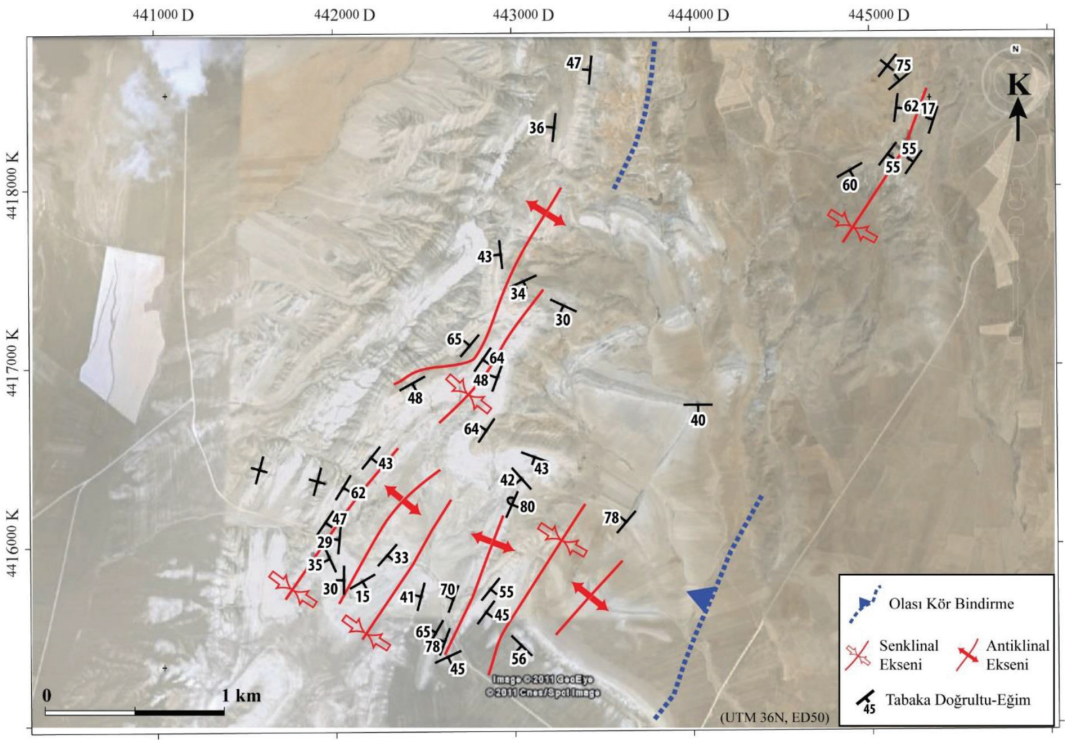
Mülk hattına ait sismik yansıma kesitinin birinci ve ikinci parçalarının yorumsuz ve yorumlanmış hali Şekil 9'da verilmiştir. Mülk sismik yansıma kesitinde ters/bindirme faylarının belirgin sismik seviyeleri ötelediği ve genel olarak asimetrik rampa antiklinallerinin tipik olarak gözlendiği fark edilmiştir. En belirgin bindirme/ters faylanma, kesitin ortasında yeşil sismik seviyenin ötelenmesi ile saptanmıştır. Bu lokasyon arazide ani topoğrafik değişime karşılık gelmektedir ve 100 m derinliğe kadar izlenebilmektedir (Şekil 9).



Şekil 6. AKTK'nin yapısını gösteren üç boyutlu model.
Figure 6. A 3D model showing the structure of the APCW.



Şekil 7. AKTK'nin yapısını gösteren jeolojik enine kesitler. Kesit hatlarının konumu için Şekil 3'e bakınız.
Figure 7. Geological cross-sections showing the structure of the APCW. See Figure 3 for locations of the section lines.



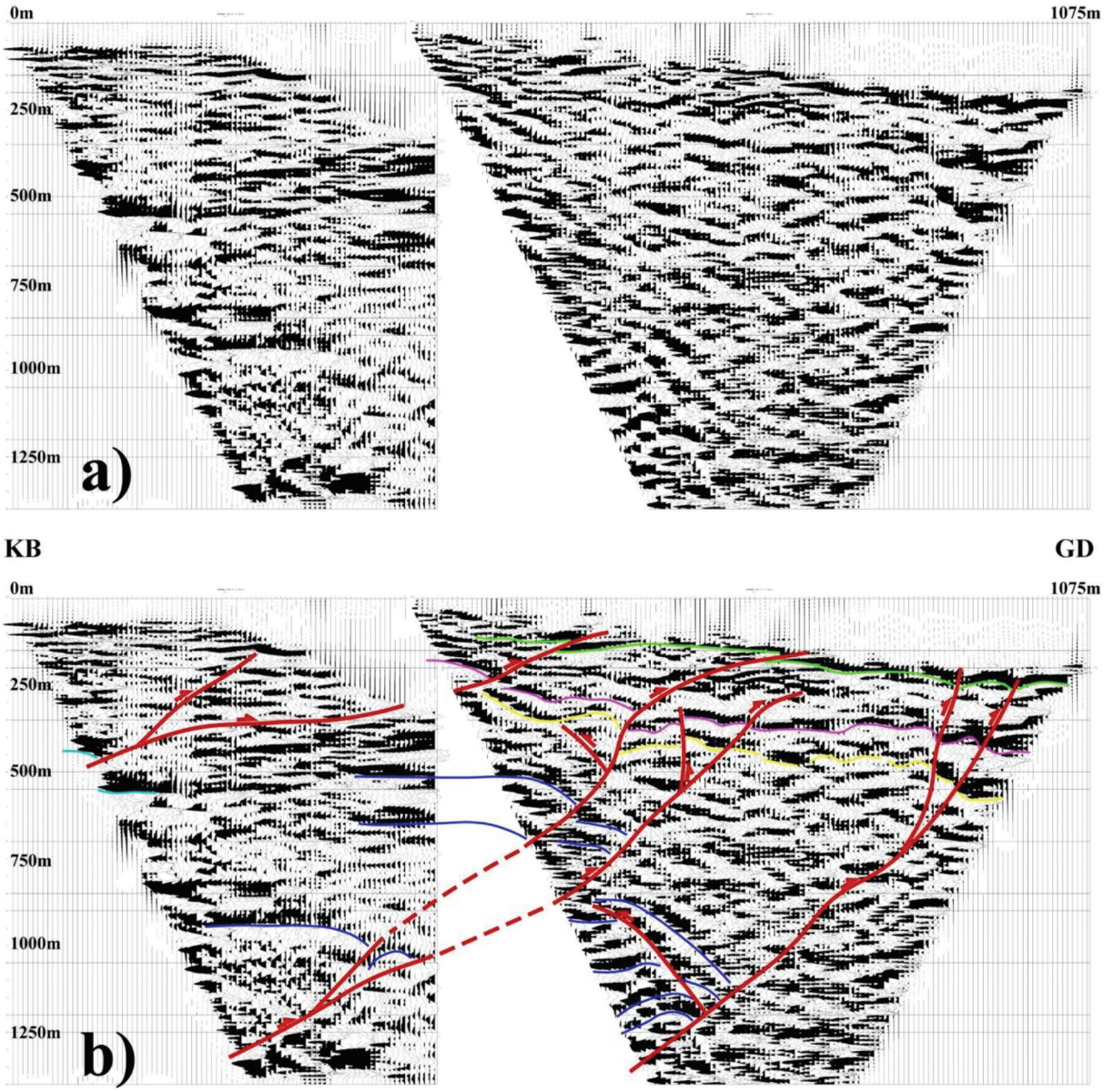
Şekil 8. Üzerinde yapısal unsurların gösterildiği, AKTK'nin güney bölümüne ait Google Earth görüntüsü. Konum için Şekil 3'e bakınız.

Figure 8. Google Earth image of the southern part of the APCW with structural features. See Figure 3 for location.

Çizelge 1. AKTK'ye ait fay kinematik verisi. Konum için Şekil 3'e bakınız.

Table 1. Fault kinematic data of the APCW. See Figure 3 for location.

No	Koordinat (UTM 36N-ED50)		Doğ.	Eğim	Yan yat.	Türü	Kinematik Eksenler					
							S3		S2		S1	
	D	K					Gidiş (°)	Dalım (°)	Gidiş (°)	Dalım (°)	Gidiş (°)	Dalım (°)
1	0449018	4434249	K40°D	66°KB	87°K	Normal	124	69	221	3	312	21
2	0448584	4432522	K10°D	70°KB	90°	Normal	100	65	10	0	280	25
3	0448150	4431276	K79°D	28°KB	45°K	Normal	67	59	300	19	202	23
4	0446487	4427257	K20°B	90°	15°G	Sol yan.	127	17	323	72	218	5
			K10°B	90°	7°G	Sol yan.						
			K05°D	69°KB	30°G	Normal						
5	0446365	4427141	K25°B	90°	20°G	Sol yan.	95	8	232	79	4	7
			K55°B	82°GB	20°K	Ters						
6	0445766	4419845	K25°D	35°KB	74°K	Ters	158	8	66	16	272	72
			K85°B	62°KD	72°G	Ters						
			K70°B	32°KD	14°K	Ters						
7	0445161	4418795	K73°D	44°KB	50°K	Ters	190	8	284	27	86	62



Şekil 9. Mülk sismik yansıma kesiti (M1 hattı): a) yorumsuz, b) yorumlanmış. Konum için Şekil 3'e bakınız.
Figure 9. Mülk seismic reflection section (M1 line): a) uninterpreted, b) interpreted. See Figure 3 for location.

Diğer belirgin bindirme/ters faylanmalar kesitin sağ üst bölümünde yeşil, mor ve sarı sismik seviyelerdeki deformasyon ile belirlenmiştir ve 1200 m derinliğe kadar net olarak izlenmektedir. Yeşil, mor, sarı olarak renklendirilen sismik seviyelerdeki deformasyonun normal faylardaki çekme kıvrımları ile açıklanması mümkün olmayıp, deformasyona neden olan fay düzlemleri KB'ya eğimli çizilmek zorundadır. Seviyelerdeki deformasyon, birbirine yakın iki ters fay hattının yaklaşık 750 m derinde birleşerek tek hat olarak devam ettiğini göstermektedir. Bu bindirme fayının tavan bloğunda 1000-1250 m derinlik aralığındaki maviyle renklendirilmiş sismik seviyelerde tipik rampa antiklinalleri gözlenir (Şekil 9).

Mülk sismik yansıma kesitinde orta kesimde yeşil sismik seviyelerin yer değiştirmesi ile saptanan bindirme fayı, topoğrafyadaki ani değişikliğe karşılık gelmektedir. Bu kesimden daha detay veri alınması, buna ek olarak sismik kesitin GD ucunda çift bindirmenin görüldüğü alandan yüzeye yakın daha net veri alınması amacıyla, sismik enerji kaynağı olarak balyozun kullanıldığı iki

adet de sığ sismik yansıma çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3'teki M2 ve M3 hatları).

Balyoz kullanılarak yapılan sığ sismik çalışma sonucunda 250 m derinliğe kadar ayrıntılı görüntü almak mümkün olmuştur. 'Mülk ek-kenar (M2)' sismik yansıma çalışmasında kablo boyunca yürüme tekniği kullanılmıştır ve atış aralığı 4 m, atış sayısı 25, jeofon aralığı 2 m, jeofon sayısı 48, CDP aralığı 1 m, örnekleme aralığı 0.5 ms ve kayıt süresi 2 s'dir. Sismik kesitte AKTK'nin doğu kenarının yeraltı jeolojisi ayrıntılı olarak gözlenmektedir (Şekil 10). Asimetrik antiklinal şeklinde deforme olmuş Neojen birimler ile Kuvaterner örtü birimlerinin sınırına karşılık gelen ve topoğrafik yükseklik farklılığı gözlenen alanda çok belirgin bindirme yapıları görülmektedir. Bindirmelerin yüzeye yaklaştıkları net olarak bellidir (Şekil 10).

Mülk sismik yansıma kesitinin GD ucunda Kuvaterner dolgu içinde gözlenen çift bindirme üzerinde (Şekil 9) yapılan 'Mülk ek-ova (M3)' sığ sismik yansıma çalışmasının (kablo boyunca yürüme tekniği, atış aralığı 4 m, atış sayısı 25, jeofon aralığı 2 m, jeofon sayısı 48, CDP aralığı 1 m, örnekleme aralığı 0.5 ms ve kayıt süresi 2 s) sonuçları Şekil 11'de verilmiştir. Bu kesitte çift bindirmenin yarattığı antiklinaller açık olarak izlenmekte olup bindirme faylarının yüzeye yakınlığı 50 m'ye kadar sorunsuz izlenmektedir.

AKTK'nin doğusunda gerçekleştirilen tüm sismik yansıma çalışmalarının sonucunda tektonik kamanın doğu kenarını oluşturan bindirmenin net olarak Kuvaterner örtüyü etkilediği ve bu nedenle de aktif bir yapı olduğu öne sürülebilir.

Başayaş sismik yansıma kesiti (Batı kenar)

AKTK'nin batı bölümünde normal faylı kenar üzerinde gerçekleştirilen Başayaş sismik yansıma çalışmasının konumu Şekil 3'te görülebilir (B1 hattı). Bu çalışmada sismik enerji kaynağı olarak balyozdan yararlanılmıştır ve kablo boyunca yürüme tekniği ile atış aralığı 2 m, atış sayısı 49, jeofon aralığı 2 m, jeofon sayısı 48, CDP aralığı 1 m, örnekleme aralığı 0.5 ms ve kayıt süresi 2 s'dir. Elde edilen sismik kesitte batıya eğimli normal faylar ile bunların sintetik ve antitetik kolları, sismik seviyelerin yer değiştirmelerinden faydalanılarak yorumlanmıştır (Şekil 12).

AKTK'NİN KUZEYDOĞUSU

AKTK'nin hemen kuzeydoğu devamı olan ve önemli omurgalı fosil lokaliteleri içeren Çalta Köyü ve Sinap Tepe bölgeleri de bu çalışma kapsamında incelenmiştir (Şekil 1a'da II numaralı alan). Bu alanlardaki gözlemler KB Orta Anadolu'da etkili olan neotektonik rejimin yaşını ve özelliğini anlamak bakımından önemlidir.

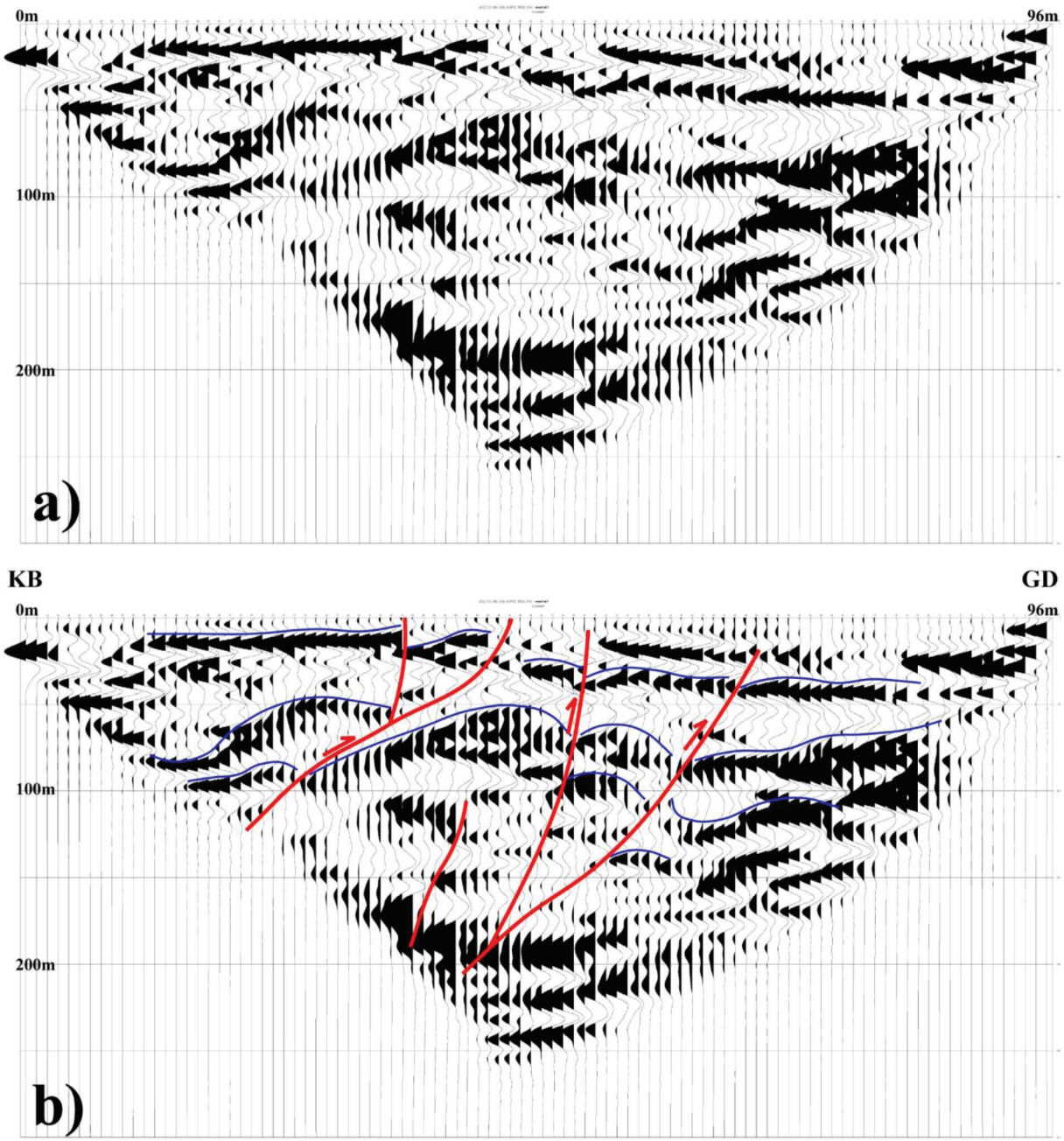
Çalta Bölgesi

Bu bölgede Miyosen sedimanter birimler, Pliyo-Kuvaterner klastikler ile teras konglomerası ve alüvyondan oluşan Kuvaterner birimleri bulunur (Karaca, 2004; Rojay ve Karaca, 2008). Rojay ve Karaca (2008), aralarında açısal uyumsuzluk olduğunu belirttikleri Pliyo-Kuvaterner ve Miyosen birimlerde yaklaşık KD-GB gidişli kıvrım eksenleri tanımlar ve Miyosen birimlerin daha fazla deforme olduğunu söyler. Rojay ve Karaca (2008)'nın bölge için önerdikleri model, Miyosen yaşlı birimlerdeki kıvrımlar ve KD-GB doğrultulu ters faylara dayanarak Geç Miyosen sonrasında KB-GD yönlü daralma, Pliyo-Kuvaterner birimleri sınırlayan ve ters fayları kesen normal faylara dayanarak da Pliyosen'den itibaren KB-GD'dan KKD-GGB'ya değişen bir genişleme rejimidir. Bununla birlikte, Sinap Tepe'nin 8 km batısında, Çalta Köyü'nün hemen güneyinde yer alan Çalta memeli fosil lokalitesi Erken Pliyosen (MN15) olarak yaşlandırılmıştır (Şen vd., 1998) (Şekil 13). Bu lokaliteyi içeren fosilli sedimanter birim, kanatları yüksek açılı ve kıvrım ekseni KD-GB gidişli bir antiklinal oluşturur (Lunkka vd., 1998). Erken Pliyosen yaşlı sedimanter birimde gözlenen bu daralma yapısı, bölgedeki KB-GD yönlü daralmanın yaşının Erken Pliyosen sonrası olarak değerlendirilmesi gerektiğini gösterir. Bölgedeki kıvrımlarla ilişkili kör bindirmelerin olası konumu Şekil 13'te kesikli mavi hat olarak çizilmiştir.

Sinap Tepe Bölgesi

AKTK'nin kuzeydoğusunda yer alan ve içerdiği memeli fosilleriyle yaşı çok iyi bilinen (Orta Miyosen-Geç Pliyosen) (Ozansoy, 1957; Tekkaya, 1970; Kostopoulos ve Şen, 1999; Bernor vd., 2003, Kappelman vd., 2003a; Kappelman vd., 2003b; Sarıca ve Şen, 2003; Şen, 2003) Sinap Tepe ve civarındaki sedimanter birimlerin deformasyonu da bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

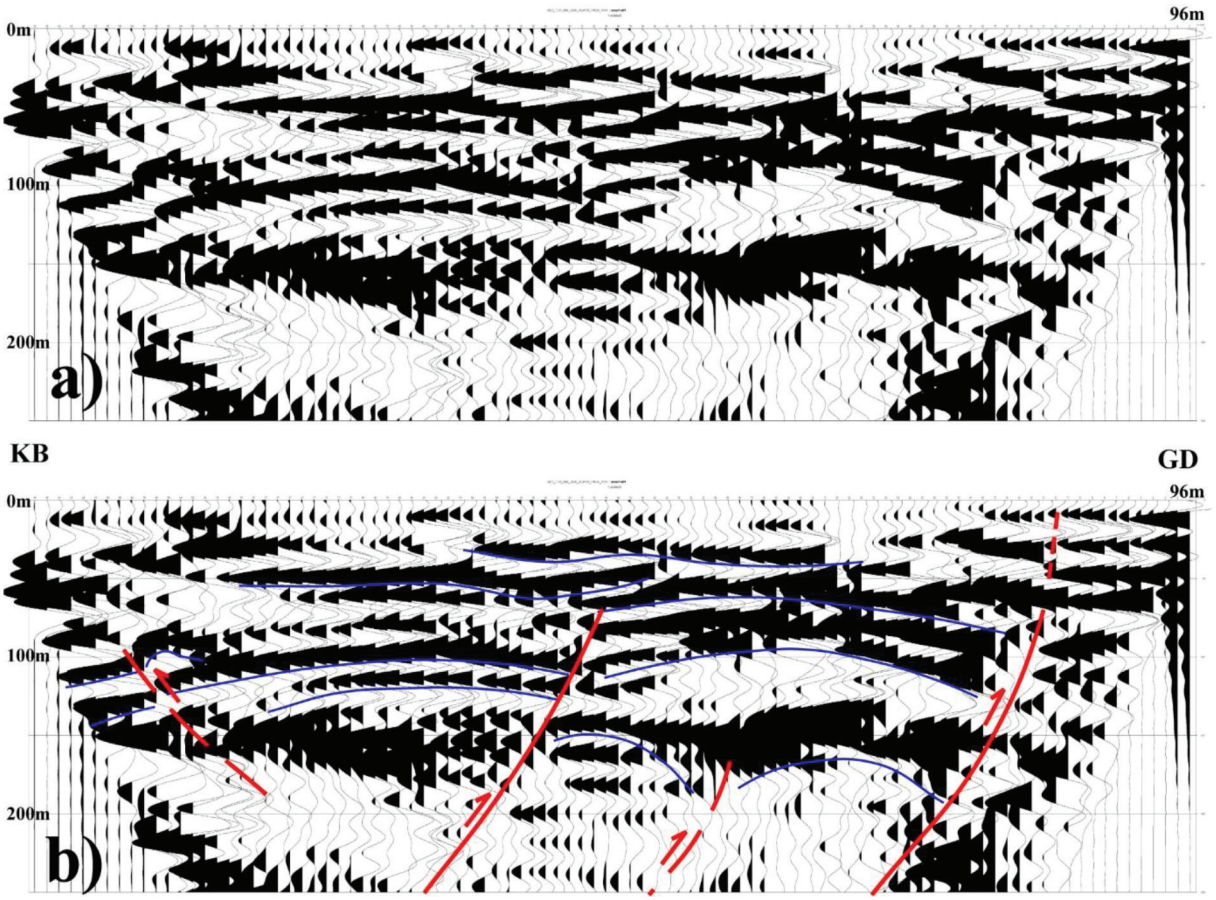
Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafisine bakıldığında (Şekil 14) volkanoklastik birimlerden oluşan Pazar formasyonu üzerine gelen 15.7-16 My yaşındaki bazalt akıntısının üzerinde yaşları memeli fosilleri



Şekil 10. Mülk-ek kenar sismik yansıma kesiti (M2 hattı): a) yorumsuz, b) yorumlanmış. Konum için Şekil 3'e bakınız.

Figure 10 Mülk-addition (edge) seismic reflection section (M2 line): a) uninterpreted, b) interpreted. See Figure 3 for location.

ve manyetostratigrafik çalışmalarla belirlenmiş Orta Miyosen-Orta Pliyosen (MN 7,8-MN 15) yaşlı kırıntılı sedimanter kayaçlardan oluşan Sinap formasyonu yer alır (Kappelman vd., 2003a; Lunkka vd., 2003). Sinap formasyonunun üzerinde Geç Pliyosen (MN 17) yaşlı Sarıkol Tepe memeli fosil lokalitesini içeren üst sedimanter birim, aşınmalı uyumsuzlukla ince bir konglomera seviyesi olarak bulunur (Kostopoulos ve Şen, 1999). Stratigrafide en üstte ise alüvyon birim yer alır. Bölgenin, üzerinde tabaka doğrultu-eğim ve kıvrım eksenleri gösterilmiş uydu görüntüsü Şekil 15a'da, görüntü üzerindeki X-X' hattından alınan jeolojik kesit de Şekil 15b'de verilmiştir.



Şekil 11. Mülk-ek ova sismik yansıma kesiti (M3 hattı): a) yorumsuz, b) yorumlanmış. Konum için Şekil 3'e bakınız.
Figure 11. Mülk-addition (plain) seismic reflection section (M3 line): a) uninterpreted, b) interpreted. See Figure 3 for location.

Bölgede Sinap formasyonu yaklaşık KD-GB gidişli kıvrım eksenlerine sahip olacak şekilde kıvrımlanmıştır. Sedimanter birimin tabakaları jeolojik kesitin güneydoğu ucunda da görüldüğü gibi Kuvaterner birimle olan sınırında 29-36° ile eğimlenerek sonlanır. Güneybatıda Mülk Köyü civarında olduğu gibi burada da büyük olasılıkla kıvrımların gömülü bindirme(ler) ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

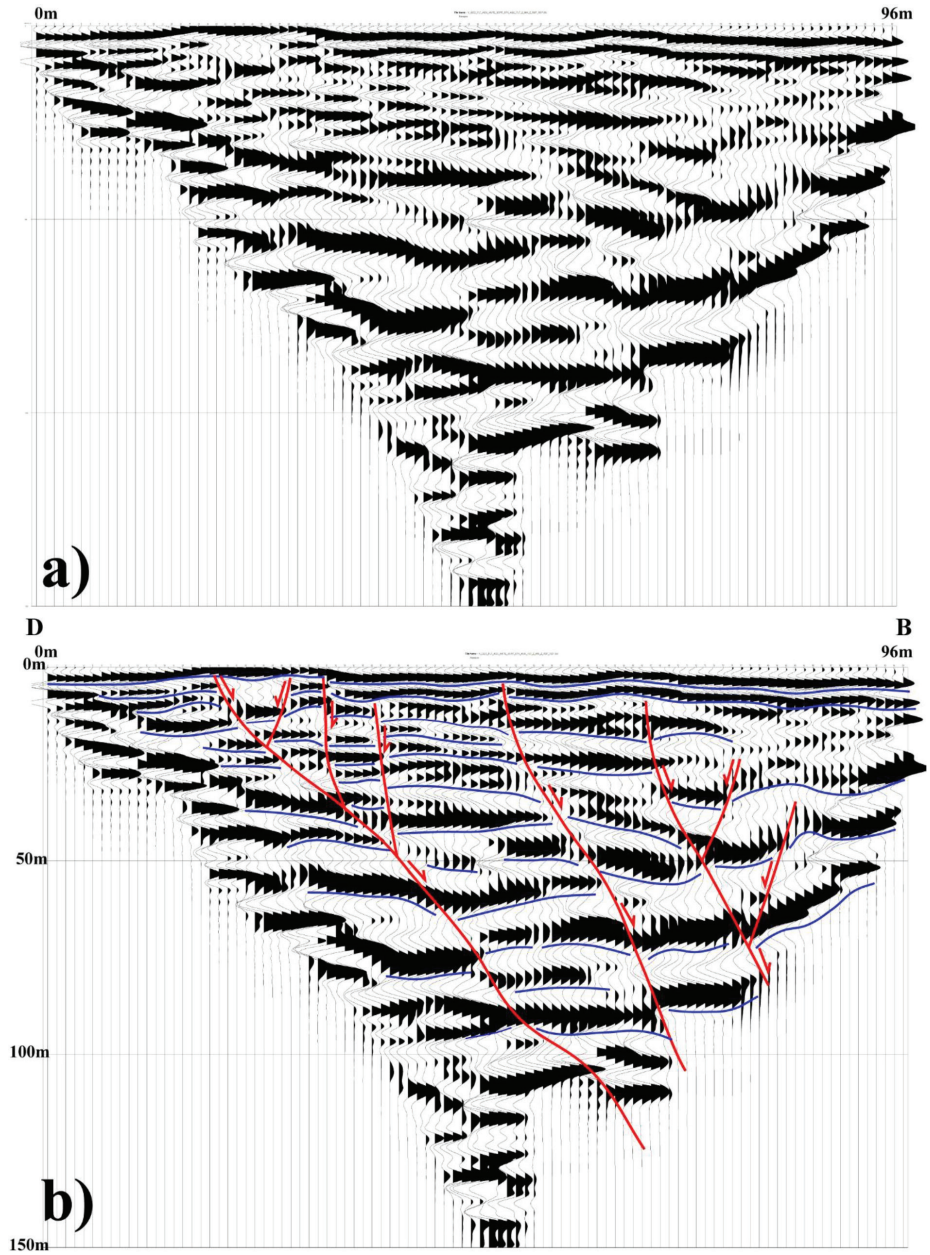
Sinap formasyonunun üzerinde yer alan ve Sarıkol Tepe fosil lokalitesini içeren Geç Pliyosen (MN 17) yaşlı üst sedimanter birim arazide küçük bir alanda gözlenir (Şekil 15a). Kostopoulos ve Şen (1999)'in de belirttiği üzere bu birim ile arazide hemen altında yer alan Sinap formasyonuna ait çökellerin arasında önemli bir zaman boşluğu vardır. 9° ile 17° arasında tabaka eğimlerine sahip üst birimin, Sinap formasyonunu deforme eden daralma rejiminden etkilenip etkilenmediğini sınırlı mostra olanakları ile söyleyebilmek güç olup, bu birimin çökelimini denetleyen herhangi bir yapının varlığı da gözlenememiştir. Bununla birlikte Çankırı Havzası'nda bu üst birimle aynı yaşta olan (MN 17) Deyim formasyonu bindirmeyle eş yaşlı gelişmiş kırıntılı bir birimdir (Seyitoğlu vd., 2009).

AKTK'NİN GÜNEYBATISI

AKTK'nin güneybatısında bindirme ve KD-GB ile K-G arasında değişen eksenlere sahip kıvrım yapıları Polatlı'nın güneyine kadar izlenir (Şekil 1a'da III numaralı alan ve Şekil 16a). Bu kıvrım yapılarının AKTK'nin doğu bölümünde gözlendiği şekilde kör bindirmelerle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 16a). Çiledağ, Şabanözü güneyi, Dua Tepe ve Sakarya bölgelerindeki gözlemler aşağıda sunulmaktadır:

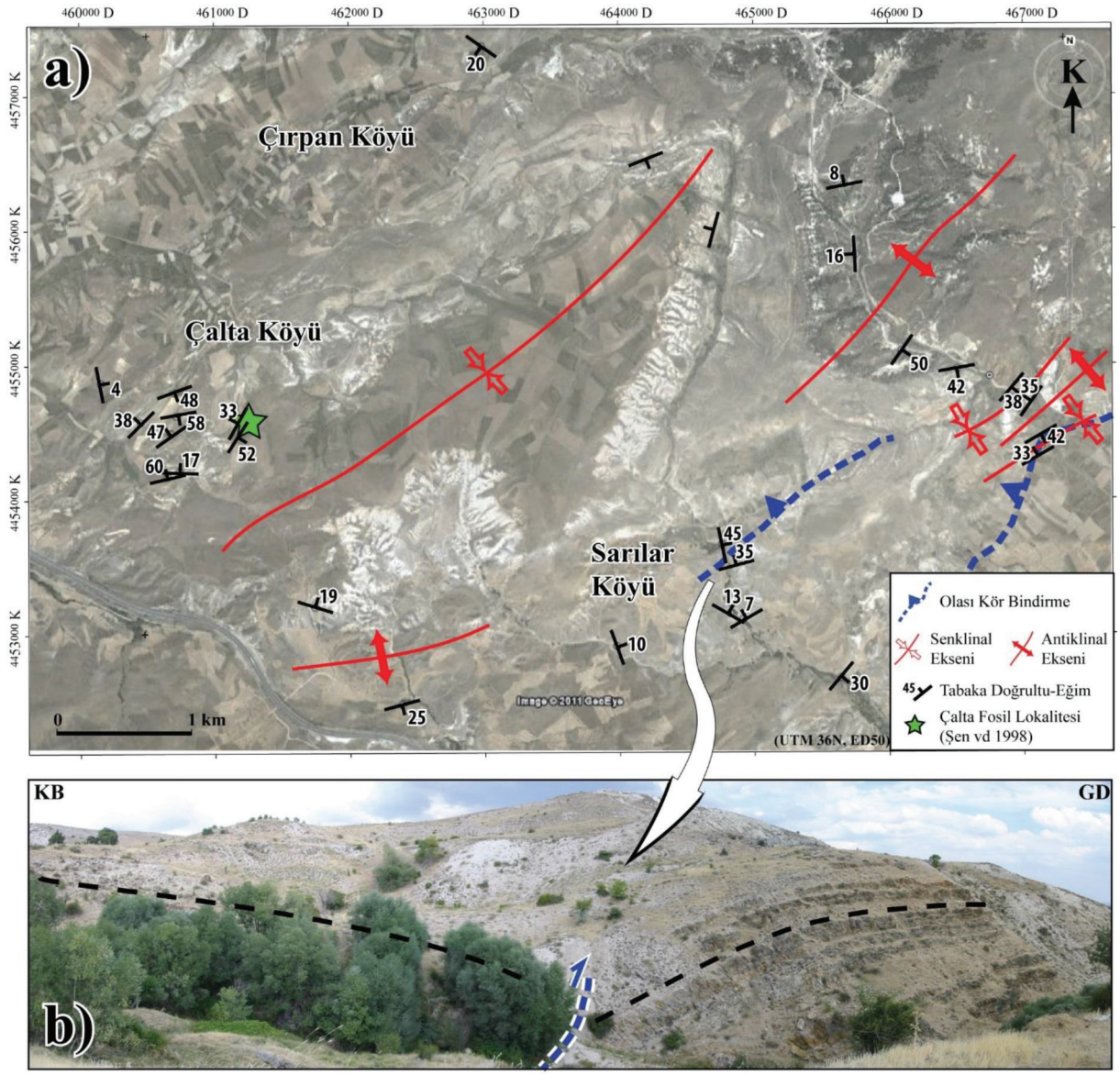
Çiledağ Bölgesi

Çiledağ, AKTK'nin hemen güneybatısında yer alan bir yükseltidir (Şekil 16a). Bu bölümde Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı volkanik kayaçlar (Dönmez



Şekil 12. Başayaş sismik yansıma kesiti (B1 hattı): a) yorumsuz, b) yorumlanmış. Konum için Şekil 3'e bakınız.
Figure 12. Başayaş seismic reflection section (B1 line): a) uninterpreted, b) interpreted. See Figure 3 for location.

vd., 2009), Neojen yaşlı marn-kumtaşı-konglomera ile Kuvaterner-alüvyon birimleri bulunur (Demirbağ, 2005; Temel vd., 2010). Neojen birimler volkanik kayaçları çevreler. Genelleştirilmiş jeolojik enine kesit Şekil 16b'de görülmektedir. Kuzey bölümde volkanik kayaçlar Neojen birimlerin üzerine KD-GB doğrultulu bir hat boyunca bindirirken (Şekil 16b'de A-A' kesiti ve Demirbağ, 2005), güney bölümde bu iki birim arasındaki ilişki uyumsuzdur (Şekil 16b'de B-B' kesiti). B-B' (Şekil 16b) kesitinde de görüleceği gibi güney bölümde volkanik kayaçlar üzerine yaklaşık 35° eğim ile uyumsuz olarak gelen Neojen birim tabakaları, doğuya doğru Kuvaterner-alüvyon birim sınırında 55-56° eğime sahiptir. Bu eğim artışı kuzeyde aynı hat üzerinde yer alan Abdüsselam ve Sinap Tepe bölgelerinde görüldüğü gibi olasılıkla gömülü bindirme(ler) ile ilişkilidir (Şekil 16a).



Şekil 13. a) Üzerinde yapısal unsurların gösterildiği, AKTK'nin kuzeydoğu devamında Çalta Köyü civarının Google Earth görüntüsü. Konum için Şekil 1a'ya bakınız. b) Neojen birim tabakalarındaki olası kör bindirmeyle ilişkili deformasyon.

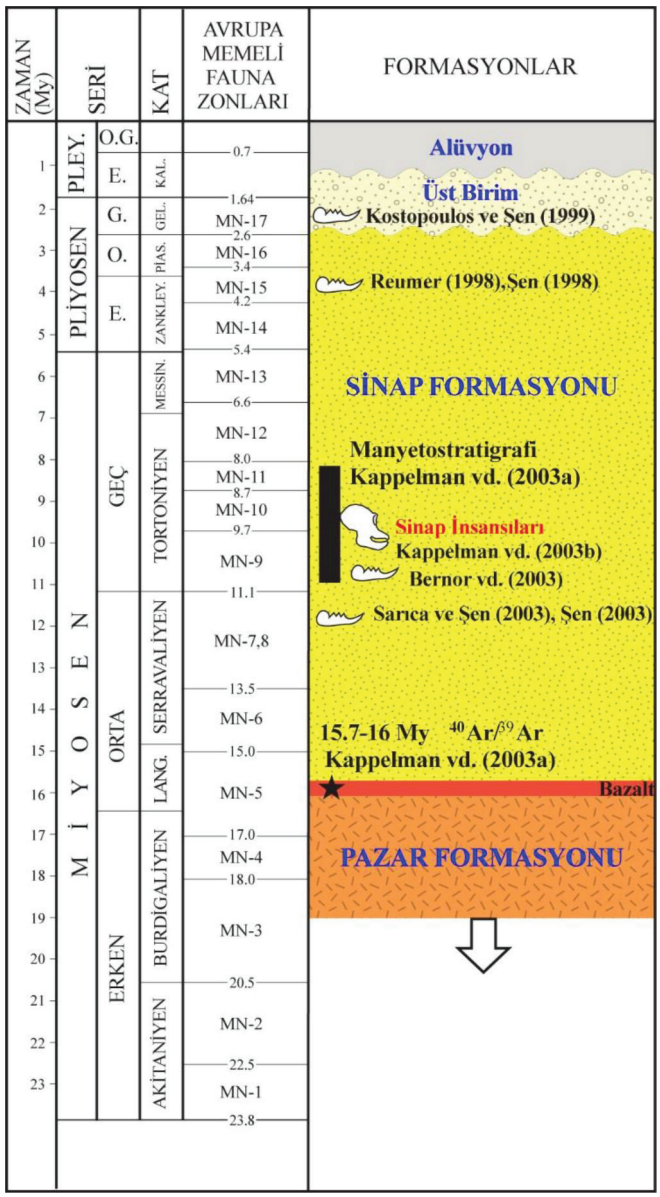
Figure 13. a) Google Earth image of the northern continuation of the APCW around Çalta village with structural features. See Figure 1a for location. b) Deformation of the Neogene strata related to the probable blind thrust.

Şabanözü Güneyi

Çiledağ'ın hemen güneybatısında yer alan bu bölümde (Şekil 16a) Neojen birimlerin (Temel vd., 2010) tabakaları bir antiklinal oluşturacak şekilde kıvrımlanmıştır (Şekil 16c). Kıvrım ekseninin konumu KB-GD sıkışma yönü ile uyumlu olarak yaklaşık KD-GB'dır ve bir bindirme ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 16c).

Dua Tepe Bölgesi

Polatlı'nın hemen batısında yer alan bölgede (Şekil 16a) Neojen birim içerisinde (Temel vd., 2010) kıvrım ekseni yaklaşık KKD-GGB olan bir antiklinal gözlenir (Şekil 16d). Bu antiklinalin doğu kanadı aniden dikleşir ve beyaz renkli Neojen birim tabakaları izlenemez. Olası bindirme hattının bu bölümden geçtiği düşünülmektedir (Şekil 16d).



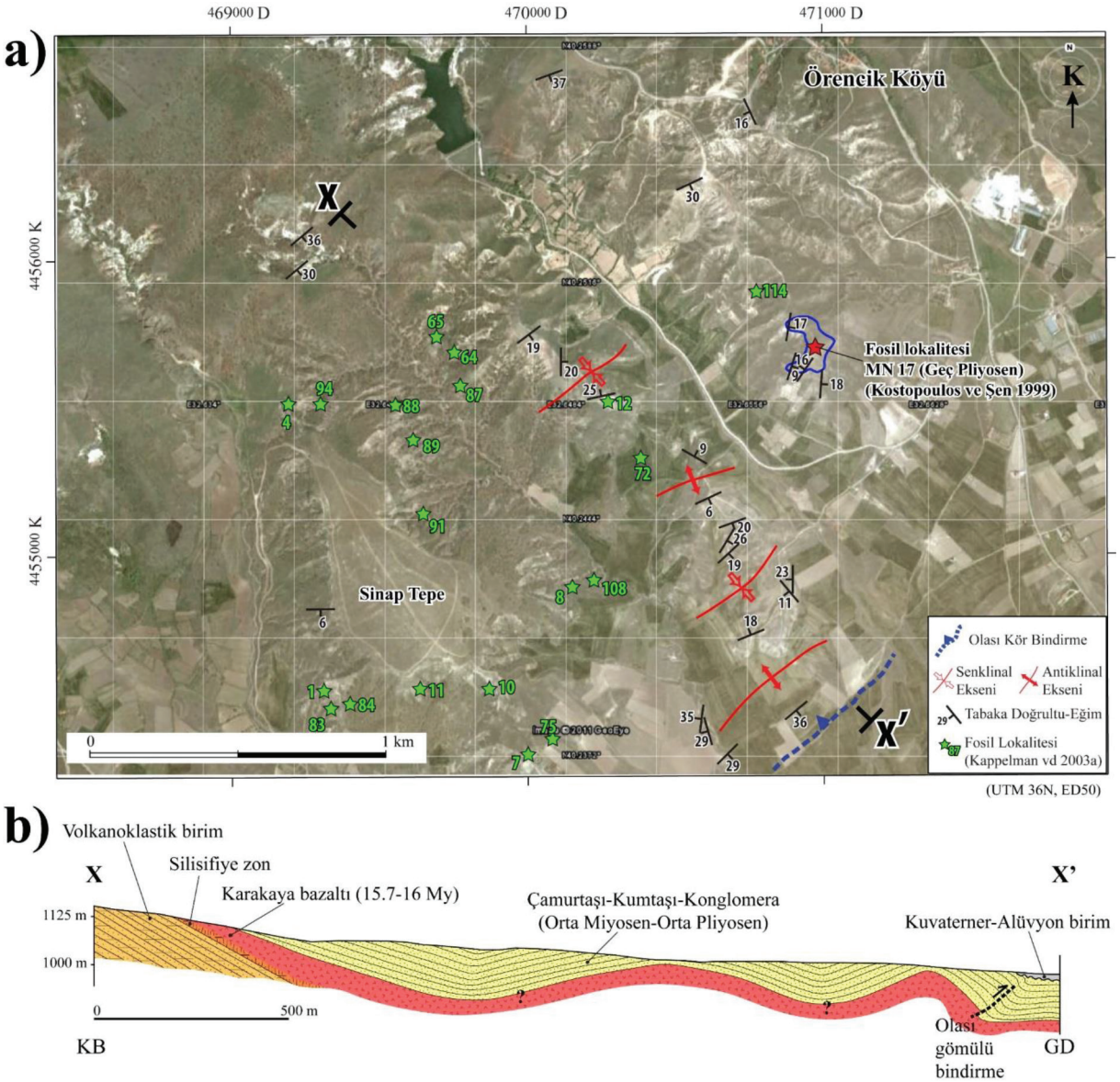
Şekil 14. Sinap Tepe bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Bernor vd., 2003; Kappelman vd., 2003a; 2003b; Kostopoulos ve Şen, 1999; Reumer, 1998; Sarıca ve Şen, 2003; Şen, 1998; 2003'den yararlanılarak oluşturulmuştur)

Figure 14. Generalized stratigraphic section of the Sinap Tepe area (It was prepared using the data from Bernor et al., 2003; Kappelman et al., 2003a; 2003b; Kostopoulos and Şen, 1999; Reumer, 1998; Sarıca and Şen, 2003; Şen, 1998; 2003).

Sakarya Bölgesi

Bu bölüm Polatlı'nın güneybatısında Sakarya Köyü civarında yer alır (Şekil 16a). Paleosen ve Eosen sedimanter birimlerin (Sirel, 1975) KKD-GGB gidişli eksene sahip bir antiklinal şeklinde kıvrımlandığı görülür (Şekil 16e). Bu antiklinal olasılıkla bir gömülü bindirmeyle ilişkilidir. Antiklinalin batı kanadı da olasılıkla bir fayla kesilmiş durumdadır (Şekil 16e).

Kazan-Sinap Tepe'den itibaren güneybatıya doğru 100 km'lik bir mesafede izlenen, eksenleri yaklaşık KD-GB gidişli kıvrım ve bindirme yapıları, Polatlı'nın güneyinde Sakarya Köyü civarında EFZ'nin Ilıca Kolu ile sonlanır (Şekil 1a) (Esat vd., 2016).

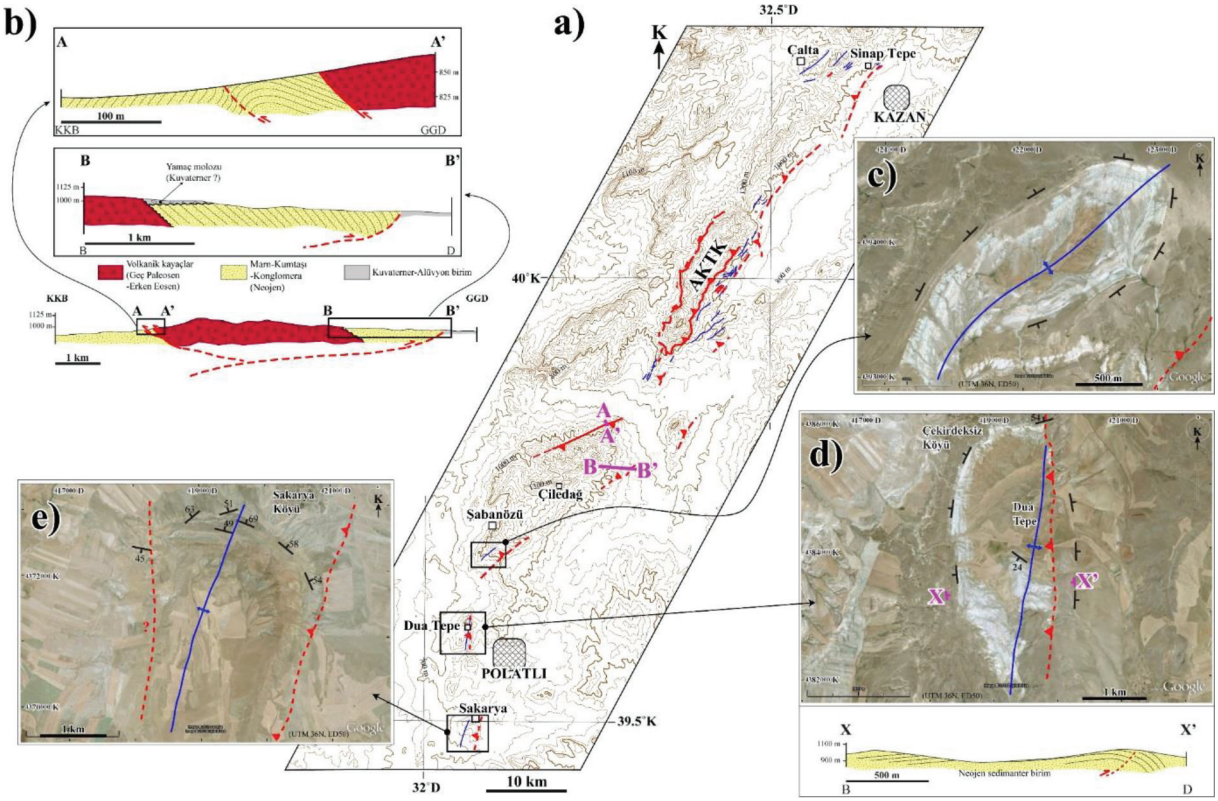


Şekil 15. a) Üzerinde yapısal unsurların gösterildiği, AKTK'nin kuzeydoğu devamındaki Sinap Tepe civarının Google Earth görüntüsü. Konum için Şekil 1a'ya bakınız. Yeşil yıldızlarla gösterilen fosil lokaliteleri 9.3 ile 10.9 My yaş aralığındadır (Kappelman vd., 2003a). b) Neojen birim tabakalarındaki olası kör bindirmeyle ilişkili kıvrımlanmayı gösteren jeolojik enine kesit. Kesit hattının konumu için Şekil 15a'ya bakınız.

Figure 15. a) Google Earth image of the northern continuation of the APCW around Sinap Tepe with structural features. See Figure 1a for location. Age of the fossil localities, which are represented by green stars, are between 9.3 and 10.9 Ma (Kappelman et al., 2003a). b) Geological cross-section showing the folding of the Neogene strata related to the probable blind thrust. See Figure 15a for location of the cross-section line.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yaklaşık KD-GB uzanıma sahip ve eş yaşlı doğu kenarı bindirme, batı kenarı normal faylarla sınırlanan AKTK, bu yapısal özelliği nedeniyle Ankara ile Çankırı arasında yer alan EKTK ile benzeşir. AKTK'nin batı kenarında Neojen sedimanter birimler içerisinde, normal faylarla ilişkili çekme kıvrımı şeklinde senklinaller, doğu kenarında ise bindirmeler ve gömülü bindirmelerle ilişkili KKD uzanımlı geniş ölçekte kıvrımlanma gözlenir. Bu bindirmeler Neojen öncesi temel birimlerle Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter



Şekil 16. a) Kazan ile Polatlı arasında gözlenen KB-GD yönlü daralma rejimiyle ilişkili yapılar. Kırmızı çizgiler fayları, mavi çizgiler kıvrım eksenlerini gösterir. b) En altta Çiledağ bölgesindeki yapıları gösteren genelleştirilmiş jeolojik enine kesit, en üstte Şekil 16a'daki A-A' kesit hattından alınmış jeolojik enine kesit, ortada Şekil 16a'daki B-B' kesit hattından alınmış jeolojik enine kesit görülmektedir. c) Şabanözü Köyü güneyinde Neojen sedimanter birimlerde gözlenen antiklinal ve olası kör bindirme (Google Earth görüntüsü). d) Dua Tepe'de Neojen sedimanter birimlerde gözlenen antiklinal ve olası kör bindirme (Google Earth görüntüsü). Altta X-X' doğrultusunda alınmış jeolojik enine kesit görülmektedir. e) Sakarya Köyü güneyinde Paleosen-Eosen sedimanter birimlerde gözlenen antiklinal ve olası kör bindirme (Google Earth görüntüsü).

Figure 16. a) Structures related to the NW-SE direction contractional regime which are observed between Kazan and Polatlı. Red and blue lines represent faults and fold axes, respectively. b) Generalized geological cross-section showing the structures in the Çiledağ region is seen at the bottom. Geological cross-sections from A-A' and B-B' lines in the Figure 16a are seen at the top and in the middle, respectively. c) Anticline and probable blind thrust in the Neogene sedimentary units in the south of Şabanözü village (Google Earth image). d) Anticline and probable blind thrust in the Neogene sedimentary units in the Dua Tepe (Google Earth image). Geological cross-section from the X-X' line is seen at the bottom. e) Anticline and probable blind thrust in the Paleocene-Eocene sedimentary units in the south of Sakarya village (Google Earth image).

birimleri arasında gözlendiği gibi, sedimanter birimlerin kendi içerisinde yüzeyde ya da gömülü olarak da bulunur. AKTK'nin kuzey bölümünde Mülk Köyü civarında Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimlerle Kuvaterner-alüvyon birimleri kesecek şekilde gerçekleştirilen sismik yansıma kesitlerinde gömülü bindirmelerin varlığı net olarak gözlenir. Demirci (2000)'nin Yenikent monoklinali, Kutluay (2007)'ın ise Abdüsselam antiklinali olarak tanımladığı yapı, bu çalışma kapsamında gerçekleştirdiğimiz jeolojik ve jeofizik gözlemlere dayanarak bir tektonik kama yapısı olarak tanımlanmıştır. Bu yapının hem KD-GB morfolojik uzanımı, hem de Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimlerinde gözlenen kıvrım eksenlerinin KD-GB gidişleri, AKTK'nin yaklaşık KB-GD daralmanın etkisiyle geliştiğini gösterir.

AKTK'nin kuzeydoğusunda yer alan, önemli bir memeli fosil lokalitesi olan Sinap Tepe civarında Orta Miyosen - Orta Pliyosen yaşlı Sinap formasyonu

kıvrımlanarak deforme olmuştur. AKTK'nin doğu bölümüne benzer şekilde bu bölgede de Orta Miyosen-Pliyosen sedimanter birimlerin tabakalarının Kuvaterner - alüvyon sınırında 36°'ye kadar eğimlenerek sonlandığı görülür. Bu deformasyonun güneybatıda Mülk Köyü'nde görüldüğü gibi gömülü bindirmeyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sinap Tepe bölgesinin hemen batısında Çalta ve Sarılar bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmada Rojay ve Karaca (2008), Pliyosen'den itibaren bölgede genişlemeli bir rejimin etkin olduğunu belirtir. Sinap formasyonunun deforme olduğu düşünüldüğünde bölgede daralma rejiminin yaşı Orta Pliyosen sonrası olmalıdır. Dolayısıyla bu veri, Rojay ve Karaca (2008)'nın Pliyosen'de bölgede genişlemeli bir rejimin etkin olduğu fikriyle uyuşmamaktadır.

AKTK'nin güneybatısında Polatlı'nın güneyine kadar olan bölümde bindirme ve kıvrım yapıları gözlenmeye devam eder. Kıvrımlar kuzeyde AKTK'nin doğusunda olduğu gibi gömülü bindirmelerle ilişkili olmalıdır. Yapıların yaklaşık KD-GB genel uzanımları da AKTK'yi oluşturan KB-GD yönlü daralma rejimiyle uyumludur.

Sonuç olarak AKTK'nin sismik kesitlerin de yardımıyla çok genç, olasılıkla da aktif bir yapı olarak tanımlanması, Ankara batısındaki hızlı yapılaşma ve bu bölgedeki askeri havaalanları ve savunma sanayii kuruluşları dikkate alındığında oldukça önemlidir. Bu yapının deprem üretme potansiyeli paleosismoloji çalışmaları ile de en kısa sürede incelenmelidir.

KATKI BELİRTME

Bu araştırma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü'nün (Proje no: 06B4343011) ve Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB)-Ulusal Deprem Programı (UDP)'nın (Proje no: TUJJB-UDP-01-10) desteğiyle gerçekleştirilmiştir. Sismik yansıma çalışmalarına arazideki katkılarından dolayı Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü'nden Yücel Güney, Muammer Tün, Uğur Avdan, Emrah Pekkan ve Sunay Mutlu'ya ve Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden (lisans ve lisansüstü öğrenci olarak) Moosarreza Toori, Canalp Özkul, Esra Gürbüz, Reza Saber, Anıl Ardahanlıoğlu ve Öncü Burak Akyol'a teşekkür ederiz. Değerli öneri ve katkılarından dolayı hakemler Hasan Sözbilir ve Halil Gürsoy'a içten teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Allmendinger, R.W., Reilinger, R., and Loveless, J., 2007. Strain and rotation rate from GPS in Tibet, Anatolia, and the Altiplano. Tectonics, 26, TC3013, doi:10.1029/2006TC002030.

Allmendinger, R.W., Cardozo, N.C., and Fisher, D., 2012. Structural Geology Algorithms: Vectors and Tensors. Cambridge University Press, Cambridge.

Benda, L., 1971. Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 113, 46s.

Benda, L., Innocenti, F., Mazzuoli, R., Radicati, F., and Steffens, P., 1974. Stratigraphic and radiometric data of the Neogene in Northwest Turkey. Z. deutsch. geol. Ges., 125, 183-193.

Benda, L., and Meulenkamp, J.E., 1990. Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene. Newsletters on Stratigraphy, 23(1), 1-10.

Bernor, R.L., Scott, R.S., Fortelius, M., Kappelman, J., and Şen, Ş., 2003. Equidae (Perissodactyla). In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds.), Columbia University Press, pp.220-281.

Brelie, G.V.D., 1957. Ankara vilayetine bağlı Kayı-Bucuk linyit kömürü zuhurunun yaş durumu hakkında palinolojik tetkikler. MTA Dergisi, 50, 30-35.

Burchfiel, B.C., and Royden, L.H., 1985. North-south extension within the convergent Himalaya region. Geology, 13, 679-682.

Burchfiel, B.C., Zhiliang, C., Hodges, K.V., Yuping, L., Royden, L.H., Changrong, D., and Jiene, X., 1992. The south Tibetan detachment system, Himalayan orogen: Extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt. Special Paper of Geological Society of America, 269, 48 pp.

Burg, J.P., Brunel, M., Gapais, D. Chen, G.M., and Liu, G.H., 1984. Deformation of leucogranites of the crystalline main central sheet in southern Tibet (China). Journal of Structural Geology, 6, 535-542.

Chemenda, A.I., Mattauer, M., Malavieille, J., and Bokun, A.N., 1995. A mechanism for syn-collisional rock exhumation and associated normal faulting: Results from physical modeling. Earth and Planetary Science Letters, 132, 225-232.

Demirbağ, H., 2005. Çiledağ Polatlı bölgesinin tektonik evrimi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Demirci, C.Y., 2000. Structural analysis in Beypazarı-Ayaş-Kazan-Peçenek Area, NW of Ankara. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Dönmez, M., Akçay, A.E., Türkecan, A., Evcimen, Ö., Atakay, E. ve Görmüş, T., 2009. Ankara ve yakın çevresinin Tersiyer volkanitleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11164, Ankara (yayımlanmamış).

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş ve Şaroğlu, F., 2013. Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi 30, Ankara.

Esat, K., 2011. Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniği ve depremselliği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Esat, K., Kaypak, B., Işık, V., Ecevitoğlu, B. ve Seyitoğlu, G., 2016. Eskişehir Fay Zonu'nun güneydoğu bölümünü oluşturan Ilıca Kolu: Orta Anadolu'da sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir yapı (The Ilıca branch of the southeastern Eskişehir Fault Zone: an active right-lateral strike-slip structure in central Anatolia, Turkey). MTA Dergisi (Bulletin of the Mineral Research and Exploration), 152, 25-37.

Esat, K. ve Seyitoğlu, G., 2010. Neotectonics of North Central Anatolia: a strike-slip induced compressional regime. Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia, Middle East Technical University, Ankara, Abstracts, p.38.

Fossen, H., 2000. Extensional tectonics in the Caledonides: Synorogenic or postorogenic? Tectonics, 19, 213-224.

Gökten, E., Kazancı, N. ve Acar, Ş., 1988. Ankara kuzeybatısında (Bağlum-Kazan arası) Geç Kretase-Pliyosen serilerinin stratigrafisi ve tektoniği. MTA Dergisi, 108, 69-81.

Gökten, E., Özaksoy, V., and Karakuş, K., 1996. Tertiary volcanic and tectonic evolution of the Ayas-Güdül-Celtikci region, Turkey. International Geology Review, 38, 926-934.

Kappelman, J., Duncan, A., Feseha, M., Lunkka, J.P., Ekart, D., McDowell, F., Ryan, T.M., and Swisher III, C.C., 2003a. Chronology. In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds.), Columbia University Press, pp.41-66.

Kappelman, J., Richmond, B.G., Seiffert, E.R., Maga, A.M., and Ryan, T.M., 2003b. Hominoidea (Primates). In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds.), Columbia University Press, pp.90-124.

Karaca, A., 2004. Post-Miocene deformation of the area between Alibey (Kızılcahamam) and Karalar (Kazan) villages, NW Ankara (Turkey). Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Kaymakçı, N., 2000. Tectono-stratigraphical evolution of the Çankırı basin (Central Anatolia, Turkey). Doktora Tezi, Utrecht University, Hollanda, Geologica Ultraiectina, 190, 247s.

Kaymakçı, N., Özçelik, Y., White, H.S., and Van Dijk, P.M., 2001. Neogene tectonic development of the Çankırı basin (Central Anatolia, Türkiye). TPJD Bülteni, 13(1), 27-56.

Kiratzi, A.A., 1993. A study on the active crustal deformation of the North and East Anatolian Fault Zones. Tectonophysics, 225(3), 191-203.

Koçyiğit, A., 1991. Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the neotectonics of the Ankara region (NW central Anatolia). TPJD Bülteni, 3(1), 43-55.

Koçyiğit, A., 1992. Southward-vergent imbricate thrust zone in Yuvaköy: a record of the latest compressional event related to the collisional tectonic regime in Ankara-Erzincan suture zone. TPJD Bülteni, 4(1), 111-118.

Koçyiğit, A., Türkmenoğlu, A., Beyhan, A., Kaymakçı, N., and Akyol, E., 1995. Post-collisional tectonics of Eskisehir-Ankara-Çankiri segment of Izmir-Ankara-Erzincan suture zone (IAESZ): Ankara orogenic phase. TPJD Bülteni, 6(1), 69-86.

Kostopoulos, D.S. and Şen, Ş., 1999. Late Pliocene (Villafranchian) mammals from Sarikol Tepe, Ankara, Turkey. Mitt. Bayer. Staatsslg. Palaont. hist. Geol., 39, 165-202.

Kutluay, A., 2007. Yenikent ve civarının (KB Ankara-Türkiye) Neojen stratigrafisi ve tektoniği. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Lunkka, J.P., Kappelman, J., Ekart, D., and Sen, S., 1998. Sedimentation and lithostratigraphy. In: Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey, Şen, Ş. (ed.), Geodiversitas, 20(3), 329-338.

Lunkka, J.P., Kappelman, J., Ekart, D., Crabaugh, J., and Gibbard, P., 2003. Geology. In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds.), Columbia University Press, pp.25-40.

Marrett, R. and Allmendinger, R.W., 1990. Kinematic analysis of fault-slip data. Journal of Structural Geology, 12(8), 973-986.

McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean Region. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30, 109–185.

Nebert, K., 1957. İç Anadolu'nun en genç jeolojik-tektonik olayı hakkında bir etüd: Ankara vilayetinin (Kayı-Bucuk) civarındaki Wallachien orojenez safhasının ispatı. MTA Dergisi, 50, 16-29.

Ozansoy, F., 1957. Türkiye Tersiyer memeli faunaları ve stratigrafik revizyonları. MTA Dergisi, 49, 11-22.

Özsayın, E., Yürür, T. ve Dirik, K., 2005. Yuva ve Yakacık köyleri (Ankara kuzeybatısı, İç Anadolu) civarındaki Üst Kretase ofiyolitik karmaşığı ile Miyosen birimlerinin dokanak ilişkileri ile ilgili yeni gözlemler. Yerbilimleri, 26(3), 55-59.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., and Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. Journal of Geophysical Research, 111, 1-26.

Reumer, J.W.F., 1998. Insectivores. In: Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey, Şen, Ş. (ed.), Geodiversitas, 20(3), 353-358.

Ring, U., and Glodny, J., 2010. No need for lithospheric extension for exhuming (U)HP rocks by normal faulting. Journal of Geological Society of London, 167, 225-228.

Rojay, B. and Karaca, A., 2008. Post-Miocene deformation in the south of the Galatean Volcanic Province, NW of central Anatolia (Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, 17, 653-672.

Saraç, G., 1994. Ankara yöresindeki karasal Neojen çökellerinin Rhinocerotidae (Mammalia-Perissodactyla) biyostratigrafisi ve paleontolojisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

Sarıca, N. and Şen, Ş., 2003. Spalacidae (Rodentia). In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds.), Columbia University Press, pp.141-162.

Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H., and Karadenizli, L., 1997. Does continuous compressive tectonic regime exist during Late Paleogene to Late Neogene in NW central Anatolia, Turkey? Preliminary observations. Turkish Journal of Earth Sciences, 6, 77-83.

Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B., and Karabıyıkoğlu, T., 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı Basin: Implications for the postcollisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. Terra Nova, 12, 245-251.

Seyitoğlu, G., Ecevitoğlu, B., Işık, V., Esat, K., Akkaya, İ. ve Sağol, Ö., 2006. Yuvaköy (Ankara) kuzeyinde Üst Kretase ofiyolitik melanj ile Neojen birimler arasındaki tektonik sınırın niteliği hakkında jeolojik ve jeofizik veriler. Yerbilimleri, 27(3), 163-171.

Seyitoğlu, G., Aktuğ, B., Karadenizli, L., Kaypak, B., Şen, Ş., Kazancı, N., Işık, V., Esat, K., Parlak, O., Varol, B., Saraç, G., and 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. Türkiye Jeoloji Bülteni, 52(1), 121-154.

Seyitoğlu, G., Esat, K. ve Kaypak, B., 2017. KB İç Anadolu'daki ana neotektonik yapılardan biri: Beypazarı Kör Bindirme Zonu ve ilişkili fay-ilerleme kıvrımları (One of the main neotectonic structures in the NW central Anatolia: Beypazarı Blind Thrust Zone and related fault-propagation folds). MTA Dergisi (Bulletin of the Mineral Research and Exploration), 154, doi (tr): 10.19076/mta.30800, doi (en): 10.19111/bmre.42566.

Sirel, E., 1975. Polatlı (GB Ankara) güneyinin stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 181-192.

Şen, Ş., 1998. Rodentia and Lagomorpha. In: Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey Şen, Ş. (ed.), Geodiversitas, 20(3), 359-378.

Şen, Ş., Bouvrain, G., and Geraads, D., 1998. Paleoecology, biogeography and biochronology. In: Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey, Şen, Ş. (ed.), Geodiversitas, 20(3), 497-510.

Şen, Ş., 2003. Muridae and Gerbillidae (Rodentia). In: Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., Bernor, R.L. (eds.), Columbia University Press, pp.125-140.

Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeoloji Kurumu yayını, 40 s.

Şengör, A.M.C., Görür, N., and Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 37, 227-264.

Tekkaya, İ., 1970. Orta Sinap'ta bulunan Gazella deperdita Gervais (n. Var)'ye ait bir boynuz. MTA Dergisi, 74, 95-97.

Temel, A., Yürür, T., Alıcı, P., Varol, E., Gourgaud, A., Bellon, H., and Demirbağ, H., 2010. Alkaline series related to Early-Middle Miocene intra-continental rifting in a collision zone: An example from Polatlı, Central Anatolia, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 38, 289-306.

Yin, A., 1993. Mechanics of Wedge-Shaped Fault Blocks 1. An elastic solution for compressional wedges. Journal of Geophysical Research, 98(B8), 14245-14256.

Yürür, M.T., Temel, A., and Köse, O., 2002. Evidences of extensional tectonics at the southern boundary of the Galatean Volcanic Province, NW central Anatolia. Türkiye Jeoloji Bülteni, 45(1), 85-98.