

TÜRKİYE'DE MANYETOTELÜRİK YÖNTEM: TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

Aysan GÜRER

İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34850, Avcılar / İSTANBUL

ÖZ: Manyetotelürük (MT) yöntem birçok farklı yerbilimleri probleminin çözümünde etkin olarak kullanılabilir. Görece olarak sığ derinlikleri araştırarak AMT ve CSAMT gibi yüksek frekanslı MT yöntemler, geniş frekans bantlı MT ve uzun periyotlu MT yöntemlerinin birlikte uygulanması ile yer yüzeyinden başlayarak yer kabuğunun derinliklerine ve hatta üst manto derinliklerine kadar bilgi edinebilmek mümkündür. Bu özelliği ile MT yöntemler yüzeyden üst mantoya kadar tektonik ilişkilerin geniş alanlarda izlenmesinde büyük önem kazanmıştır. Doğada farklı kayaçlar arasında ve farklı fiziksel koşullarda (örneğin yüksek veya düşük sıcaklık altında) aynı kayaç grubunda elektriksel iletkenlik karşıtlığının üssel olarak değişmesi de MT yöntemlerin yeraltı yapıların görüntüleme gücünü artırmaktadır. Bütün bu özellikleri ile MT yöntemi dünyada kullanılan jeofizik yöntemler arasında giderek yaygınlaşan ve teknolojik gelişmelere de bağlı olarak en hızlı gelişen yöntemlerden biri haline gelmiştir. MT yöntemi genellikle tektonik kuşaklarda derin yapısal ilişkilerin görüntülenmesinde başarıyla uygulanmaktadır. Türkiye yer yuvarının tektonik açıdan en hareketli bölgelerinden birinde yer almaktadır ve levha tektoniğinin hemen hemen bütün temel elemanlarına sahiptir. MT yönteminin doğru ve yaygın biçimde uygulanması günümüzde önemli olduğu gibi gelecekte de ülkemiz için artan bir önem kazanacaktır. Bu önem göz önünde bulundurularak, gelecekteki çalışmaların planlanması ve bilgi paylaşımı amacıyla, bu çalışmada MT yönteminin ülkemizdeki tarihçesi, gelişimi ve uygulamalar konu edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye MT hatları, kabuk, üst manto, faylar, öz direnç yapıları

ABSTRACT: Magnetotelluric MT method can be applied for solution of several geological problems efficiently. It is possible to have information from the surface to the deeper parts of the crust and also from the upper mantle using MT and MT based higher frequency methods such as AMT and CSAMT. This feature makes the method important for determination of the tectonic relations of deep and extensive geological entities. The rock resistivity changes exponentially according to the rock type and changing physical conditions on the same rock group and this increases the subsurface imaging ability of the method. The MT method, with all these features, develops rapidly and is increasingly and widely used all over the world, for deep subsurface imaging. Turkey is located in one of the most active tectonic region of the world, in Alp Himalayan orogenic belt, and have nearly all kind plate tectonic elements. The widespread and proper application of MT method for several kinds of tectonic problems will be important for future plans and applications. Considering this importance, this paper accounts the brief history, development and applications of the method in our country.

Key Words: MT profiles in Turkey, crust, upper mantle, faults, resistivity structure

GİRİŞ

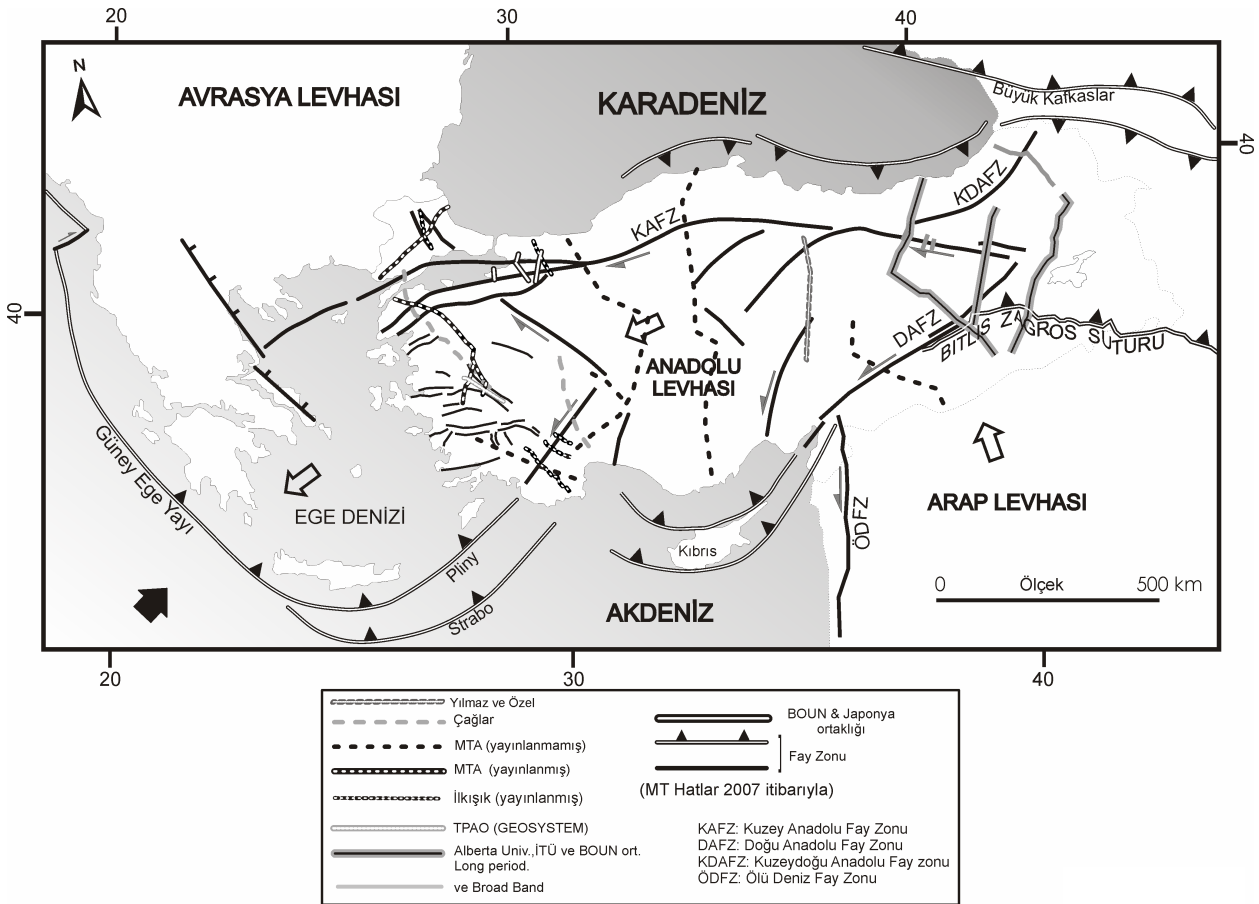
Türkiye de konuya ilişkin ilk çalışmalar, 1950'lerin sonu 1960'ların başlarında Ankara civarında Fournier tarafından yapılan tellürik ölçümlerle (yalnızca elektrik alanının ölçümleri) başlamıştır (İlkışık, sözlü görüşme). İlk manyetotelürük (MT) ölçümler 1973 den önce bir Fransız şirketine TPAO tarafından yaptırılmıştır (İlkışık, sözlü görüşme). Türkiye'ye ait olan ilk MT cihazı ise A.B.D. firması Geotronix Co. tarafından imal edilmiş olup İTÜ Maden Fakültesinde doktora yapmakta olan O.M. İlkışık'ın tez çalışmaları kapsamında 1972 yılında satın alınmıştır. Bu cihazla

1973'te ilk denemeler yapılmış asıl arazi ölçümleri 1975 yılında Trakya Bölgesinde başlatılabilmektedir. Bu ölçümlerin 1-B modelleme teknikleri ile değerlendirilmesi sonucunda, İlkışık (1980) tarafından ilk akademik tez 'Trakya'da Yer Kabuğunun Manyetotelürük Yöntemle İncelenmesi' adıyla sunulmuştur. Bu çalışmayı ilerleyen bölümlerde söz edilecek diğer akademik çalışmalar ve araştırmalar izlemiştir.

Kayaçların elektrik öz direncine (veya tersi olan öz iletkenliğine) duyarlı olan MT yönteminin üst mantoya kadar erişebilen araştırma derinliğinin yanı sıra;

özdirencin, ortamın su içeriği, sıcaklığı, metalik mineral varlığı ve kayaların kısmi ergimesi gibi etmenlerle önemli ölçüde azalması da bölgesel ölçekli jeolojik süreçlerin anlaşılmasında yöntemi önemli kılmaktadır. MT yöntem üst ve alt kabuk sınırını başarıyla ayırt etmekte, kabuk içindeki bölgesel ve yerel değişimleri oldukça iyi saptayabilmekte ve litosfer içinde gelişen kısmi ergimeler hakkında ipuçlarına ulaşmamıza yardım etmektedir. Yöntemin çok başarılı olduğu bir başka alan da KAFZ gibi büyük fay kuşaklarını yüzeyden derine doğru çok iyi bir biçimde haritalayabilmesidir. Yöntem dalma batma kuşaklarının okyanus ortası sınırların görüntülenmesinde de çok iyi sonuçlar vermiştir. Kısaca MT yöntem bölgesel ölçekte, derin tektonik ilişkilerin belirlenmesinde ve tektonik kuşaklarda sürmekte olan fiziksel işlemlerin açıklanmasında başarıyla kullanılmaktadır. Ülkemiz dünyanın en hareketli bölgelerinden biri olan Alp-Himalaya orojenik kuşağında yer almaktadır. Yer kabuğunu inceltene tasall gerilmeler, kalınlaşmaya yol açan kıta-kıta çarpışmasına bağlı sıkışmalar ve bunları birbirine dönüştüren ve

büyük depremler üreten KAFZ ve DAFZ gibi dönüşüm fayları, yani levha tektoniğinin yaklaşan, uzaklaşan ve korunan sınırlar olmak üzere tüm elemanlar Türkiye’de bulunmaktadır (Şekil 1). Ayrıca bu hareketli yer kabuğu, MT yöntemlerin çok iyi belirlediği, jeotermal kaynaklar, maden yatakları v.b. pek çok zenginliğe de yol açmaktadır. Dolayısıyla, ülkemizde MT yöntemin gelişimi ve planlı olarak uygulanması gerçekten de önem taşımaktadır. Bu yazı ülkemizde MT yöntemin geçmişten günümüze gelişim sürecini, katkılarını, araştırmacı potansiyelini olabildiğince tanıtmayı hedeflemektedir. Böylelikle gelecek çalışmaların planlanması ve zaman içindeki ilerlemelerin ölçülmesi gibi amaçlara katkıda bulunulması umulmaktadır. Dünyada elektromanyetik yöntemlerin gelişim tarihçesini ele alan Ward (1980) ve Türkiye’de jeofizik yöntemin tarihsel gelişimini ele alan Özçep ve Orbay (2002) gibi yayınlarla birlikte bu çalışmanın bir belgeleme niteliğinde olması umulmaktadır..



Şekil 1: Türkiye Tektonik haritası ve bu harita üzerinde bu güne kadar yapılmış MT profilleri
Figure 1: Tectonic map of Turkey with several MT profiles in Turkey

TÜRKİYE'DE MT ÇALIŞMALAR

MT Ölçmeler ve Cihazlar

Türkiye'deki MT çalışmalarının ilk adımları yukarıda değinilen Fransız araştırmacılarca yapılan MT ölçmeler oluşturur. Daha sonra İTÜ'ye alınan ilk MT cihazı kullanılarak Trakya'da ve daha sonra KB ve GB Anadolu bölgelerinde 1973-1886 dönemlerinde çeşitli MT ölçmeler yapılmıştır. Sonraki yıllarda bu araştırmalara ek olarak MTA tarafından 1995 yılında alınan Phoneix V5 düzeneği ile "TÜRKİYE YER KABUĞU ARAŞTIRMA" projeleri kapsamında, Trakya ve Anadolu'da çeşitli doğrultular boyunca jeotransvers ölçmeleri yapılmıştır. MTA tarafından başlatılan bu çalışmaların bir bölümü üniversitelerin de katılımıyla yürümüştür. Ancak verinin üniversitelere açılan kısım dışında kalan bölümlerinin sonucu henüz yayınlanmamıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde, bazı Japon ve İngiliz araştırma kurumları, özellikle 1985-1995 yıllarında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ile bazı ortaklaşa araştırma projeleri gerçekleştirmiştir. B.Ü. Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsünde sürdürülmekte olan araştırma projeleri kapsamında 2005 ve 2006 da iki adet Phoneix MTU düzeneği kazanılmış ve çeşitli ölçmelerde kullanılmıştır. Şekil 1 üzerinde bu cihazlarla ve uluslararası çalışmalardan gelen bazı cihazlarla üzerinde ölçü yapılmış olan MT profilleri görülmektedir. MT araştırmalarının başlangıcından ve Türkiye'deki MT cihazlardan söz ederken, ekonomik hedeflerin aranması amacıyla başlatılan yüksek frekanslı MT cihazlardan ve yapılan uygulamalardan da söz etmek yararlı olur. Yapay kaynaklı yüksek frekanslı bir MT yöntemi olan CSAMT yöntemi MTA tarafından çeşitli bölgelerde uygulanmıştır. Bu uygulamalar bir MTA ve JICA ortak projesi ile Dikili jeotermal alanında (1986-1987) başlatılmıştır ve bir Phoneix V4 MTA'ya hibe edilmiştir. Daha sonra MTA 1988-1989 yılları arasında İhlara ve Salihli, Manisa Jeotermal alanlarında ve Ergani'de maden aramaları amacıyla CSAMT çalışmalarını sürdürmüştür. İhlara vadisinde yapılan jeotermal amaçlı çalışmanın verilerinin bir bölümü yeniden değerlendirilerek (İlkışık v.d. 1997) yayınlanmıştır. Bu çalışmalarda, MTA'ya satın alınan yoluyla kazandırılan (Tokgöz sözlü görüşme) ABD Zonge firmasınca üretilen GDP-16 modeli cihaz kullanılmıştır. Diğer bir grup MT ölçme de uluslararası ortak çalışmalarla bu grupların getirdiği cihazlarla yapılmıştır. Değinilen bütün bu MT ölçmelerinden elde edilen sonuçların bir kısmı yayınlanarak Türkiye'de kabuk yapısı ve tektonik ilişkilerin belirlenmiştir. Türkiye'de ve yurt dışındaki üniversitelerde çoğu bu verileri kullanarak akademik tezler yapılmıştır ve araştırmacı sayısı görece olarak artmıştır (Gürer, 1995; Bayrak, 1998; Candansayar, 2002; Kaya, 2002; Ulugergerli, 1998; Tank, 2004).

Akademik Çalışmalar

Ülkemize MT konulu ilk tezin (İlkışık, 1980) İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Maden Fakültesinde tamamlanmasından sonra, İstanbul Üniversitesi (İ.Ü.) Fen Bilimleri Enstitüsünde O.M. İlkışık yönetiminde MT yöntemine ilişkin iki doktora tezi daha (Gürer, 1995; Bayrak, 1998) gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar Ankara Üniversitesinde yapılan (Candansayar, 2002 ve Kaya, 2002) MT konulu doktora tezleri izlemiştir. Ayrıca bir kısmı Türkiye'de ölçülen MT verileri kullanarak yurt dışındaki üniversitelerde doktora çalışmalarını tamamlayan ve Türkiye'ye dönerek görev alan (Ulugergerli, 1998; Tank, 2004) araştırmacılar vardır. Bu araştırmacıların ülkemizdeki çalışmaları iki yönde katkısından söz edilebilir. Doktora çalışmalarında Türkiye'den bir veri grubu ile çalışanlar Türkiye tektoniğinin aydınlatılmasında katkı sahibi olurken aynı zamanda da ülkemiz üniversitelerinde konuyla ilgili araştırmaları sürdürerek yeni lisansüstü öğrenciler yetişmesine katkıda bulunmaktadır.

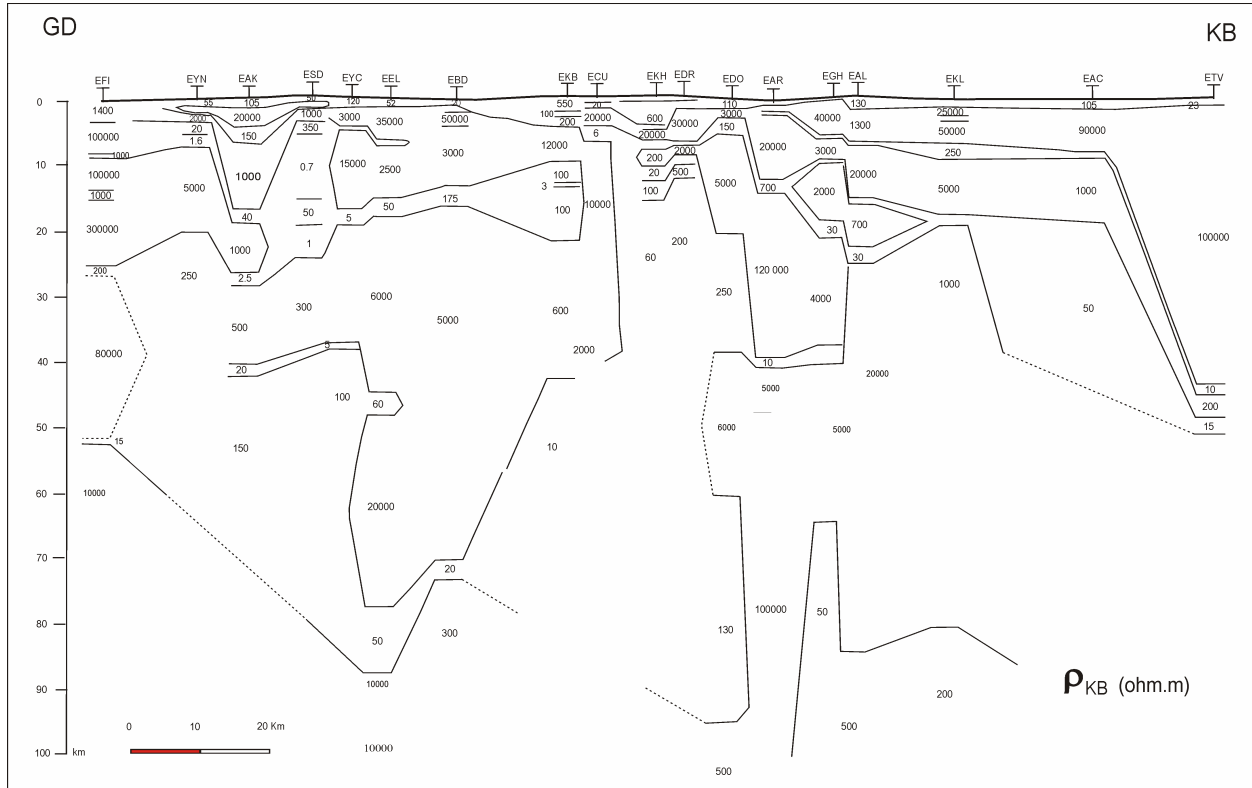
MT Görüntülemenin Gelişimi, Batı Anadolu Veri Kümeleri Örneği:

MT yönteminin etkinliği, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birleştiğinde, yeraltı daha duyarlı ve ayrıntılı modellerle temsil eden yeriletkenlik görüntüleri elde edilebilmiştir. Önce yerin bir boyutlu (1B) olduğu (yatay katmanlardan oluştuğu) varsayımına dayanan 1B düz çözümle başlayan yeraltı jeoelektrik yapısının görüntülemeye dönük çalışmalar, 1B ters çözüm, 2B düz çözüm, 2B ters çözüm, 3B düz çözüm yöntemlerinin kullanılmasına ve günümüzde henüz gelişme aşamasında olan 3B ters çözümün denenmesine kadar varmıştır. Yeraltı yapıların iki boyutlu olduğu varsayımına dayanan iki boyutlu ters çözüm teknikleri günümüzde MT yönteminde standart olarak uygulanmaktadır. 3B düz çözüm, elde edilen 2B modelleri sınırlamak için gereği halinde kullanılırken, çok uzun bilgisayar zamanı gerektirdiğinden 3B ters çözüm teknikleri henüz yaygın olarak uygulanmamaktadır. Zamana bağlı olarak MT görüntülemeindeki bu gelişmeler, ülkemizdeki çalışmalarda elde edilen yeriletkenlik görüntülerinin niteliğine de yansımıştır. MT modelleme sonucu elde edilen yeriletkenlik (veya öz direnç) görüntüleri yeraltı yapı ve tektonik ilişkilerine ışık tutmakta ve gerçek yapıyı yansıtan, kaliteli bir yeriletkenlik model görüntüsü elde etmek mümkün olmaktadır.

Bu bölümde yöntemin Türkiye'deki gelişimine örnek vermek amacıyla; aynı veri grubuna ait verinin farklı tekniklerle işlenmesinin oluşturduğu değişimleri ele alalım. GB Anadolu'da İlkışık (1986; 1991), tarafından 167 km'lik KB-GD bir hat üzerinde Çameli Havzası, Fethiye-Burdur Fay Kuşağı, Likya Napıların kesen bir hat üzerinde ölçülen MT verileri üzerindeki çalışmalar oldukça çarpıcı bir sonuç ortaya

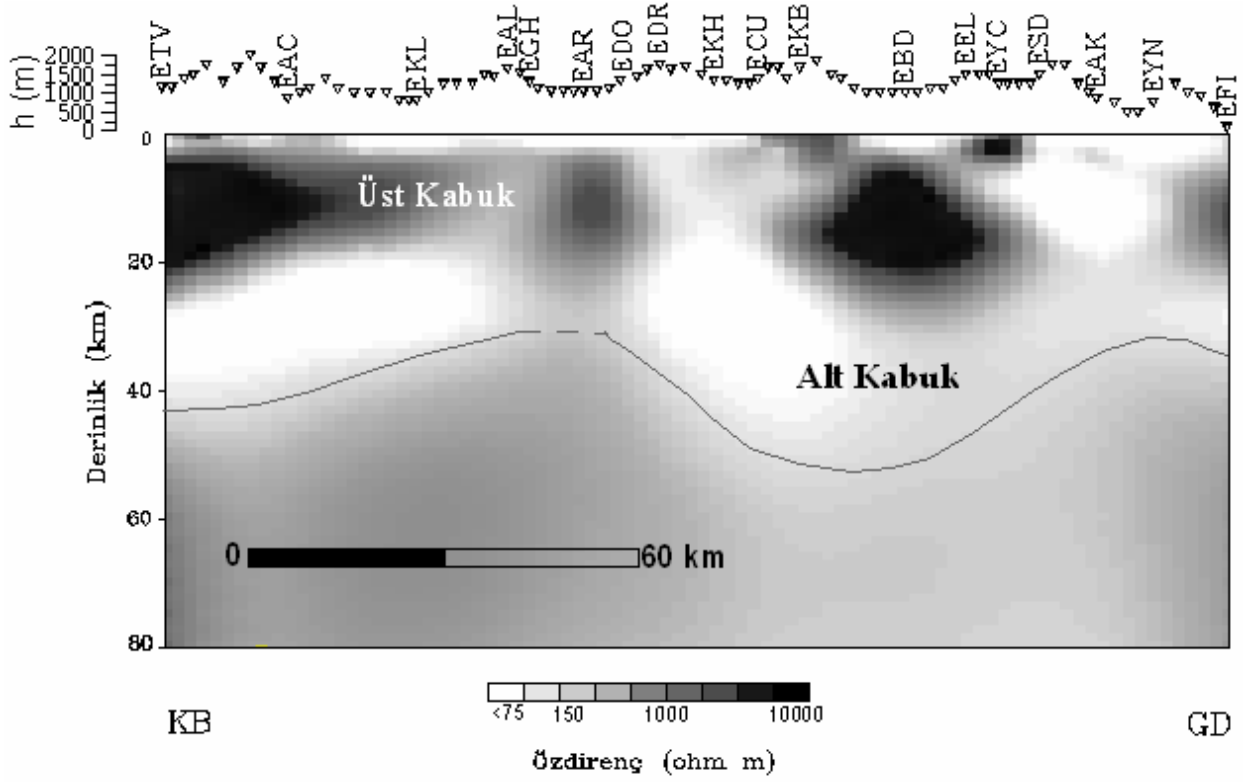
koymaktadır. Bu veri grubu ilk olarak İlkışık (1980) tarafından her bir ölçü noktasında bir boyutlu düz çözüm yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu yöntemle elde edilen 1B çözüm sonuçlarının 5-7 km aralıklı istasyonların altına işaretleyerek ve benzer öz dirençli olan sınırları birleştirmek yoluyla bir yeraltı yapı görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 2). Aynı veri grubu daha sonra Gürer v.d. (2004a) tarafından güncel 2B ters çözüm teknikleri ile çözümlenmiş ve yeraltı öz direnç yapıları yeniden görüntülenmiştir. 1B düz çözüm sonuçları, hem çözüme yaklaşmak için yapılan sınırların tekrar sayısının ters çözüm yöntemlerine göre çok sınırlı olması hem de çok boyutlu yeraltı yapıların bir boyutluluk varsayımıyla aşırı basitleştirilerek çözmek, karmaşık ve kolay anlaşılabilen bir MT model görüntüsü oluşturmuştur. Ancak, bu model o günün koşullarında başka bir biçimde bulunamayan derin yeraltı yapılarına ilişkin önemli bazı ipuçları verebilmiştir. Buna örnek olarak modelin EKH istasyonunun altında çevreye göre çok daha iletken bir yapıya işaret etmesidir. İki boyutlu ters çözüm görüntüsünde, iletken tortul örtü altında uzanan öz dirençli yüksek üst kabuk, iletken alt kabuk ve orta

iletkenlikte üst manto oldukça net görülebilmektedir. Ayrıca düşey iletkenlik süreksizlikleri de bu modelde açıkça belirlenmektedir. Örneğin, Fethiye Burdur Fay kuşağının üzerinde yer alan EKH istasyonunda iletken bir düşey süreksizliğin dirençli üst kabuk yapısını kesintiye uğrattığı açıkça görülmektedir. EAK-ESD istasyonunun altında ise diğer bir düşey iletkenlik yapıları yer alır. Bu iletken yapı, muhtemelen Akdeniz'deki Strabo doğrultu atımlı faylarının karaya doğru uzanımına karşılık gelmektedir. Özetle iki boyutlu ters çözümün ortaya koyduğu yeraltı iletkenlik model görüntüsü incelenirse (Şekil 3) yeraltı iletkenlik yapılarının ilk modeldekine göre (Şekil 2) çok daha açık ve gerçekçi olduğu izlenir. İki boyutlu ters çözüm yöntemleri kullanılarak jeoelektrik yapıların jeolojik yapılarla bağdaştırılmasına kolaylaşmaktadır. Bir başka deyişle MT yöntemdeki gelişmelerin ışığında, ülkemizde konuyla ilgili akademik çalışmaların artması, hem eski verilerin güncel tekniklerle yeniden değerlendirilmesine hem de yeni ölçümlerden gelen bilgilerin daha iyi yer-elektrik görüntüleri üretmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 2: Güneybatı Anadolu'da İlkışık (1986) tarafından ölçülen MT profilden elde edilen 1B düz çözümüne dayalı şematik yeraltı öz direnç model görüntüsü.

Figure 2: Sketch subsurface resistivity mode based on 1D forward solutions of MT data from a profile in SW Anatolia by İlkışık (1986).



Şekil 3: Şekil 2 de kullanılan aynı veri kümesinin 2B ters çözümünden elde edilen yeraltı model görüntüsü
 Figure 3: Subsurface resistivity image based on 2-D inversion of the same data set in Figure 2.

Türkiye’de Yapılan MT Çalışmalarının Yerel Yeryuvarna İlişkin Bilgi Birikimine Katkısı

Türkiye’de yapılan MT çalışmaları; bölgesel ölçekli jeolojik yapıların incelenmesi, yöntemle ilişkin kuramsal ve kavramsal çalışmalar ve yeraltında hüküm süren fiziksel koşulların MT görüntüleri yardımı ile tartışılması olarak üç grupta toplanabilir. Bu başlık altında ağırlıklı olarak jeolojik yapıların incelenmesi amaçlı çalışmalara yer verilecektir. Ancak, MT görüntülerinin yeraltında hüküm süren koşulları anlamak yönünde başka yer bilimleri disiplinlerinden gelen bilgilerle karşılaştırma çabası, hem ülkemiz hem dünya için oldukça ilginç bir bulgu ortaya koymuştur (Gürer ve Bayrak 2007). Deprem odak dağılımları ile yer altı özdirenç dağılımı arasında bir bağlantı olduğu belirlenmiştir. Bu bölümde, yer altı özdirenç dağılımının çeşitli yer-kesit hatları ile araştırılmasını sağlayan projeler ve bu projelerden elde edilen MT bulgularından başlayarak, deprem-özdirenç ilişkisine değinilecektir.

Türkiye’de en çok MT veri kabuk yapısının araştırma amacıyla, MTA tarafından yürütülen bir yerkesi projesi ile toplanmıştır. Bu proje kapsamında MTA tarafından alınan bir Phoenix V5 düzeneği ile, Trakya’ya, Batı Anadolu’yu, Kuzeybatı-Güneybatı Anadolu’yu, Karadeniz-İç Anadolu-Güneybatı Anadolu’yu kat eden ayrıca Güneydoğu Anadolu

üzerinden geçen çeşitli doğrultular boyunca MT ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmaların Batı Anadolu’daki bir bölümü ulusal yer-deniz araştırmaları projeleri dahilinde Ankara ve İstanbul Üniversitelerinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir (Başokur v.d., 1996).

Bölgesel iletkenlik yapısının saptamaya dönük MT çalışmalarının yanı sıra, ülkemiz araştırmacılarının gerçekleştirdiği ve arazi verilerini değerlendirirken kullandıkları bazı kuramsal ve kavramsal çalışmalara da değinmek gerekir. Bunların bir bölümü, alternatif özdirenç tanımlamaların (Başokur, 1994) ve bu tanımlamaların ters çözümde kullanım ile MT ters çözüm ve doğrudan yorum deneme ve uygulamaların kapsar (Keçeli, 1983, Başokur v.d., 1997; Ulugergerli ve Başokur, 1994; Ulugergerli ve Candansayar, 2002; Candansayar, 2002, Candansayar 2007). Diğer bir bölümü ise MT verilerindeki engebe (Gürer, 1995; Gürer ve İlkışık, 1997, Gürer, 2000) ve statik kayma (Kaya, 2002) etkilerinin giderilmesi üzerinedir. MT verileri kullanılarak, yer-elektrik ve jeolojik yapıların karmaşıklığını tanımlamada yardımcı olabilecek boyutsal ve anizotropi gibi büyüklükler de incelenmiştir (Bayrak, 1998; Bayrak v.d., 2000, Bayrak v.d. 2006). Ayrıca, Türkiye’deki ölçümleri daha iyi değerlendirebilmek amacıyla, dünyada yapılan MT çalışmalar gözden geçirilerek yer iletkenliğinin jeolojik

yaşa bağlı olan ve farklı özellikteki tektonik kuşaklara göre sınıflayan çalışmalar da yapılmıştır (Gürer, 1999a; Gürer 1999b).

Uluslararası dergilerde yayınlanan makalelerden yola çıkarak, Türkiye’de yapılan MT araştırmalar ile Türkiye jeolojisi hakkında elde ettiğimiz bilgileri özetlemek istersek MT çalışma bölgelerini kuzeyden güneye ve batıdan doğuya doğru aşağıdaki sırayla ele alabiliriz.

- 1) **Trakya:** Trakya’da iki grup veri alınmıştır (İlkışık,1980 ve MTA 1996) . Bu verilerden ilk dönem verisi önce İlkışık (1980) tarafında 1-B değerlendirilmiş daha sonra güncel tekniklerle yeniden ele alınmıştır (Bayrak v.d., 2004). Bu durumda Istranca Masifinde üst kabuk kalınlığı ~25-30 km, Trakya Havzasında ise ~10 km olarak bulunmuştur. Kabuk masiften havzaya geçerken ve havza içinde dalgalı bir kalınlık değişimi verir. Trakya’da Istranca Masifinde toplam kabuk kalınlığı (moho derinliği) 30-35 km olarak bulunmuşken havzada ise 20-35 km arasında değişir. Önemli bir bulgu da varlığı (Emas ve Yiğitbaş, 2001) ve varsa yeri (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz v.d., 1997) tartışmalı olan İrta Pontit okyanusu suturena karşılık gelebilecek dalan bir iletken dilim görüntüsünün elde edilmesidir. Bu bulguya göre, iletken alt kabuk, Istranca masifinin altına doğru dalmaktadır. Ayrıca Trakya’da ölçülen ikinci grup verinin rotasyonel sabitleri cinsinden değerlendirmesi masifin havzaya göre daha karmaşık özellikte olduğunu kendi içinde tekdüze bir yapıda olmadığını ortaya koymuştur (Bayrak v.d, 2006).
- 2) **Kuzey Batı Anadolu:** Bu bölgede başlıca üç grubunun sonuçları yayınlanmıştır (Gürer 1996, Elmas ve Gürer 2004, Çağlar ve İşseven 2005, Tank v.d. 2003, 2005). Bu verilerin önemi MT profillerin Kuzey Anadolu Fayının kuzey ve güney kollarının ikisini de kesiyor olmasıdır. Fay kuşaklarının çevresindeki kayaçlar bol kırık çatlak oluşturan deformasyonlara uğramıştır. Kırık ve çatlak dizgeleri içinde dolanan su bu bölgeleri iyi bir iletken haline getirir, ayrıca faylanma farklı nitelikte (iletkenlikte) jeolojik birimleri de yan yana getirir. Bu nedenle MT yöntem fayların derine devamının ve özelliklerini izlemek için çok başarılı bir yöntemdir. Bölgede elde edilen (İlkışık 1996) ilk veri grubuna ait model (Gürer 1996) Kuzey Anadolu fayının derine devamlılığını gösterdiği gibi bölgenin

KAFZ’ n güney kolunun güney bölümünde 25 km civarında bir iletken bölgenin yer aldığını ortaya koymuştur. Tank v.d. (2005) tarafından yapılan çalışma daha güncel ölçme teknikleri ile çok daha sık aralıklarla yapılmıştır. Tank v.d.(2005) tarafından yayınlanan MT modelde KAFZ’nun iki kolunun derine devamlılığını açıkça ortaya koymuş ve bu iki fay arasında bir iletken yapının kubbe şeklinde sokulduğunu göstermiştir. Bu yapı Yılmaz v.d (1995) tarafından ortaya atılan Gondwana ve Laurasia kıtalarının çarpışması sonrası yükselen bir orta kuşak varlığı hakkındaki hipotezi doğrular niteliktedir. Yalıtılan üst kabuk kayaçları arasında sokulan bu iletken kuşağın iki yanında KAFZ’ n kuzey kolun kuzeyi ve güney kolun güneyinde dirençli üst kabuk kayaçları yer alır. Bu kayaçların üst yüzeyi 10 km derinliğinde alt yüzeyi ise ~ 25-30 km derinde yer almaktadır. Bunların altında k tasal üst manto için tipik iletkenlik değerine sahip orta iletken (birkaç yüz ohm m) bir bölge bulunmaktadır.

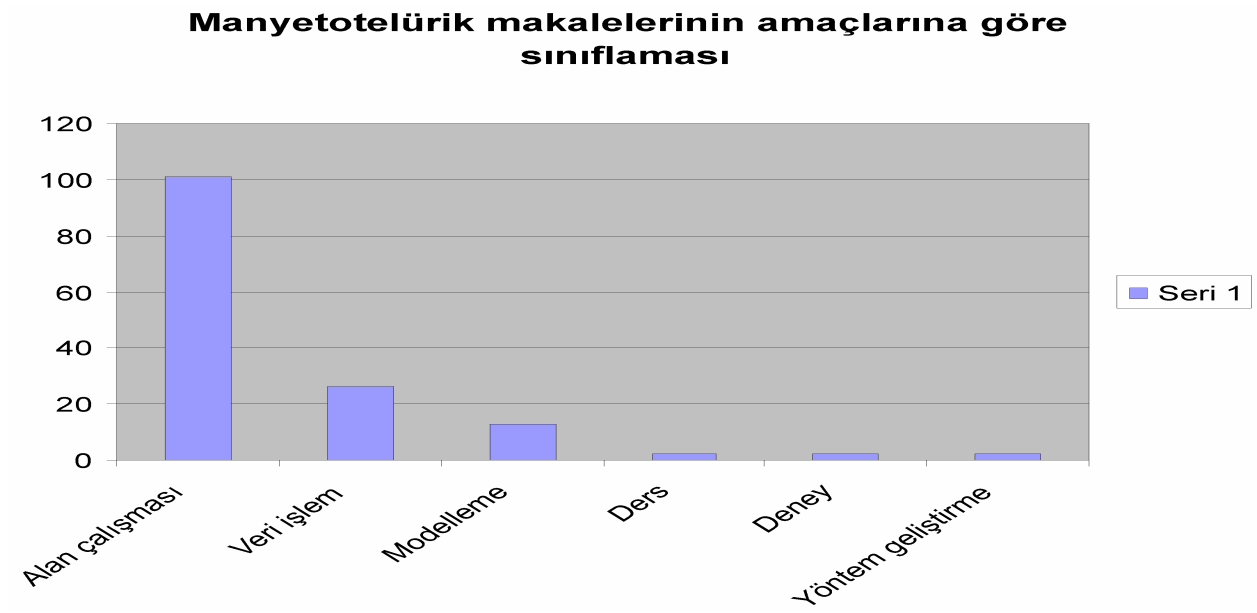
- 3) **Batı Anadolu :**Batı Anadolu bölgesinde de başlıca üç grup veri elde edilmiş ve yayınlanmıştır (Bayrak ve Nalbant 2001; Gürer v.d.,2001, 2002; Çağlar 2001, Ulugergerli v.d., 2007). Bu çalışmalar sonucunda Batı Anadolu’da yer kabuğunun düşey süreksizlikleri yoğun bir yapıda olduğu, elektriksel özdirenci yüksek gevrek üst kabuk kalınlığının batı Anadolu grabenler bölgesinde 10 km ve daha kuzeyde (İzmir-Ankara Kent Kuşağı) civarında 35 km olduğu saptanmıştır. Elastik-akışkan özellikteki alt kabuğun ise, üst manto ile sınırlı olarak 25-50 km derinlikler arasında değişecek biçimde yer aldığı da belirlenmiştir. Ayrıca Batı Anadolu graben dizgesindeki K-G ve D-B uzanımlı grabenlerin ilişkileri (Gürer, 2001;2002) görüntülenmiş ve jeolojinin (Seyitoğlu, 1997; Yılmaz et al., 2000) bu konudaki tartışmalı hipotezlerine derin MT görüntülerle ışık tutulmuştur. Bu çalışma D-B yönlü grabenlerin K-G yönlü grabenlerden sonra onları kesecek şekilde geliştiğini öneren (Yılmaz et al., 2000) hipoteze uygun dalgalı bir temel ve üst kabuk engebesinin varlığını ortaya koymuştur. Yeraltı yapısının görüntülenmesinin ötesinde, bölgedeki jeolojik yapıdan kaynaklanan yön bağımlılık, boyutsallık, çarpıklık gibi MT

- özellikler de araştırılmıştır (Bayrak v.d. 2000).
- 4) **Orta Anadolu:** Orta Anadolu'nun doğu kesimlerinde 220 km uzunluğundaki bir hat boyunca 37 ölçme noktasından gelen MT verilerden elde edilen model Yılmaz ve Özel tarafından elde edilmiş olup, derginin elektronik ağlar arası ara yüzünde basım öncesi aşamasında yayınlanmıştır (2007). Bu MT doğrultu, Tokat Masifi, Ankara-Erzincan Kent Kuşağı, ve Kırşehir masifini keserek, Pınarbaşı –Divriği Ofiyolitik Kuşağı ve Torid-Anatolit kuşağı boyunca ilerlemektedir. En kuzeyde dirençli üst kabuk yaklaşık 20-25 km aralığında yer alırken Sivas havzasının altında 33 km yer ulaşmaktadır. Bu dirençli üst kabuk düzeyinin altındaki alt kabuk 10-15 km kalınlıkta ve yazarlar bölgede toplam kabuk kalınlığının 45 km civarında olduğunu bildirmektedirler.
- 5) **Güneybat Anadolu:** Güney Bat Anadolu'da, Batı Toroslar'da, sonuçlar yayınlanmış iki MT çalışma vardır (Gürer v.d. 2004a ve Gürer v.d., 2004b). Bu çalışmalar Fethiye Burdur Fay kuşağının derin özdirenç yapısını görüntülemiş ayrıca Akdeniz'deki Strabo doğrultu atımlı fayın, yüzeyde izi görülmesi de karaya da etki etmiş olabileceğine dair ipuçları sağlanmıştır. Batı Toroslar'da üst kabuk kalınlığının 18-25 km arasında değişirken alt kabuk kalınlığının moho derinliğinin ise 30-45 km civarında olduğu MT modellerce ortaya konulmuştur.
- 6) **Doğu Anadolu:** Doğu Anadolu'da dört hat boyunca yapılan ve çoğunluğu uzun periyotlu olan MT ölçmelerin ilk sonuçlar bildiri olarak yayınlanmıştır (Türkoğlu v.d., 2006). Bu sonuçlar Doğu Anadolu platosunun altında Keskin (2003) tarafından önerilen modeli destekleyecek şekilde kabuğun hemen altında 40 km civarında sığ bir astenosfer yerleşiminin izlerini düşündürmüştür. Ancak KAFZ'nun kuzeyindeki bölgelerde çok kalın bir kabuk ve beklenenin ötesinde dirençli bir üst manto yapıları izlenir. Öyle ki bu bölgede iletken alt kabuk yerleşimi de hiç gözlenmez (Türkoğlu v.d., 2006).
- 7) **Yer Kabuğunda deprem oluşturan bölgeler ve özdirenç dağılımı:** Gürer ve Bayrak (2007) deprem odaklarının elde ettikleri MT

özdirenç modelleri üzerine izdüşürerek, depremlerin ağırlıklı olarak, yalıtılan üst kabukta ve özdirençli ve/veya dirençli en yüksek bölgelerde oluştuğunu belirlemişlerdir. Büyük genlikli depremler genellikle faylar civarında iletken-yalıtılan sınıra yakın bölgelerde oluşmaktadır ancak büyük depremlerin deprem odakları genelde sınırdan özdirençli yüksek yanardağ yer almaktadır. Bu çalışma Anadolu ve Trakya verisi ile gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, dünyadan gelen bildirimler de derlenmiş ve bu bulgunun yeryüzünün genelini kapsadığı da ilk kez ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, büyük depremleri oluşturan gerilme birikiminin hem elektriksel olarak dirençli, hem de kırılmaya dirençli kabuk bölgelerinin yeterli gerilim biriktirebilmesi ile açıklamışlardır. Bu yayında fay kuşaklarında yer alan iletken yalıtılan ara yüzeyler bir gerilme biriktiricisi olarak tanımlanmıştır ve su varlığının deprem oluşumuna etkisi tartışılmıştır.

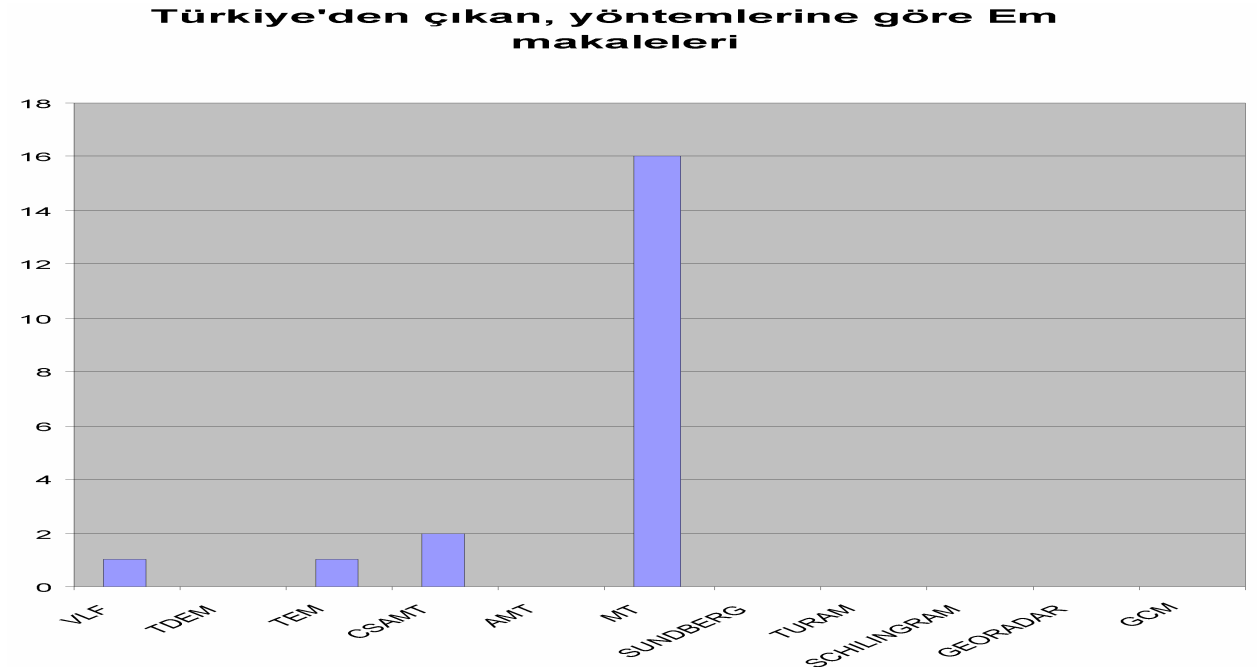
Bazı Sayısal Verilerle MT Yöntem ve Karşılaştırmalarla Türkiye'nin Güncel Durumu:

Burada temel olarak "ISI Web of Science" veri tabanını kullanarak "SCI indeks" kapsamındaki dergilerde yayınlanan makalelerden yola çıkarak, MT yöntemin ülkemizdeki durumu hakkında bir değerlendirme yapılmıştır. Elektromanyetik ilkelere dayanan MT yöntemi daha çok geniş ölçekli jeolojik ilişkilerin anlaşılması geniş ölçekli jeolojik ilişkilerin anlaşılması v.b. akademik amaçlarla uygulanmaktadır (Şekil 4). Ülkemizde MT yönteminin durumu ve uluslararası toplulukta yerimiz hakkında fikir sahibi olabilmek için söz edilen veri tabanından yararlanılarak bazı karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 5, 2000-2005 yılları arasında yapılan yayınlardan yararlanarak, Türkiye adresli olan farklı elektromanyetik yöntemlerin uygulandığı yayınların sayısını göstermektedir. Görüldüğü gibi, MT yöntemi on yıldan fazla yayınlara büyük farkla öndedir buna en yakın sonuç yine MT kökenli bir elektromanyetik yöntem olan CSAMT hakkında yayınlanan iki makaledir. Görüldüğü gibi MT, ülkemizde elektromanyetik (EM) yöntemleri arasında bilimsel araştırmalarda en çok uygulanan ve araştırma potansiyeli geniş olan bir yöntemdir. Söz edilen veri tabanından taranmayan uluslararası hakemli dergilerde yer alan makaleler ve ağlar arası yüzeyde ön basıncı olduğu halde basılmamış olan makaleler bu veri tabanına yansımamaktadır.



Şekil 4: “ISI WEB of SCIENCE” veri tabanında yer alan dergilerde 2000-2005 yılları arasında yayınlanan manyetotelürük başlıklı makalelerin araştırma konularına göre dağılımı, en çok sayı da makale bölgesel jeolojik problemlerin çözümü amaçlıdır.

Figure 4: Distribution of articles, having the word “Magnetotelluric” in the title, according to their topics published between the years of 2000-2005. “ISI WEB of SCIENCE” data base records are used. The utmost number of articles is published on the topic of application of MT method on regional geological problems

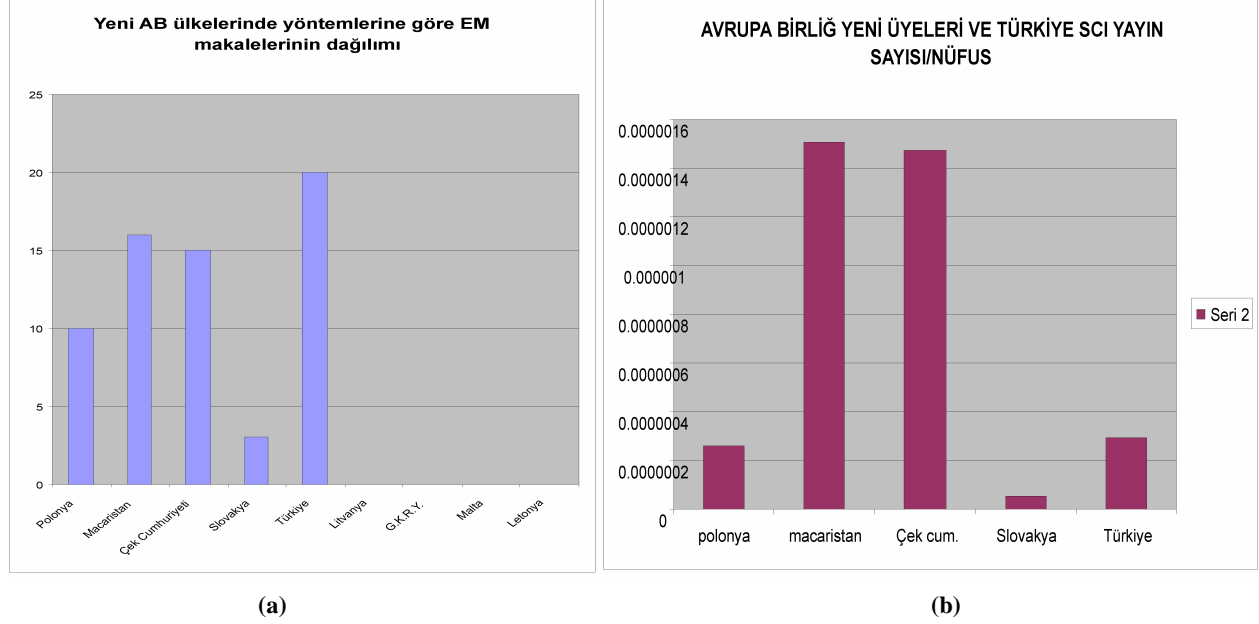


Şekil 5: ISI WEB of SCIENCE veri tabanında yer alan dergilerde 2000-2005 yılları arasında Türkiye’de uygulanan tüm EM yöntemlerine ilişkin çıkan makale sayılarının karşılaştırılması. Manyetotelürük yöntemin en çok makale yayınlanan yöntem olduğu görülmektedir.

Figure 5: Distribution of articles, on all kinds of EM methods applied in Turkey, published between the years of 2000-2005. “ISI WEB of SCIENCE” data base records are used. The utmost number of articles is published on the MT method.

Ülkemizde MT yönteme ilişkin çalışmaların uluslararası düzeydeki yerine ilişkin bir karşılaştırma, yeni AB üyesi ülkeleri kapsayacak biçimde aynı veri tabanı ve dönem kullanılarak verilebilir (Şekil 6a). Şekil 6b ise yayınlanan çalışma sayısı ülke nüfusuna

oranlanarak gösterilmiştir. Oldukça yüksek olan nüfusumuzu ve MT yönteme yoğun gereksinim duyan Türkiye jeolojisini de göz önüne alarak MT yöntemin ülkemizde yeterince değerlendirilemediğini söyleyebiliriz.



Şekil 6: (a) Avrupa Birliği'ne yeni üye ülkeler ve Türkiye için MT makale sayısı (ISI WEB of SCIENCE 2000-2005). (b) Yayın sayısının ülke nüfuslarına oranı.

Figure 6: (a) The MT publication numbers of new members countries of EU and Turkey. (b) The ratio of publication numbers to populations of the countries.

Sonuçlar ve Öneriler

Kıta-kıta çarpışmasının sonucu olarak gelişmiş olan Alp orojenez kuşağının ortasında yer alan Türkiye ve civarında gözlenen karmaşık ve zengin yapısal ilişkiler yüzeyden yapılan bölgesel ölçekte jeolojik gözlemlerle açıklanmaya çalışılmaktadır. Ancak bu durumda birçok soru belirlemekte ve ilişkiler yeterince açıklanamamaktadır. MT yöntemin özelliği ise derin yeraltı jeolojik yapıların aramasıdır ve günümüzde MT yönteme ilişkin ürünlerin çoğu bu yönde verilmektedir (Şekil 4). Dolayısıyla Türkiye'deki bölgesel ölçekli jeolojik sorunların MT yöntem ile onlarca km derinliğe kadar izlenmesi jeolojik savafların denetlenmesi ve doğru olarak anlaşılması için çok önemlidir. Buradan varılacak sonuç, MT yöntemin ülkemizdeki bölgesel ölçekli yer bilimleri problemlerinin çözümünde iyi bir araç olduğu ve karmaşık Türkiye jeolojisinin buna gereksinim duyduğudur. Karmaşık olduğu kadar zengin tektonik yapılar, ülkemizi doğal bir laboratuvar haline getirmektedir ve MT yöntemle ilgili çalışan araştırmacılar için de bu iyi bir fırsattır. Ancak bu fırsatın yeterince değerlendirilemediğini anlamak için, yüzölçümleri ve jeolojik problem çeşitliliği Türkiye'ye

karşılaştırmaya bakmak yeterlidir (Şekil 6b). Beklenen sayıda araştırmanın çıkmamasına neden olarak; günümüze kadar kurumlar arası veri ve fikir paylaşımındaki eksiklikler, akademik kurumların kendi verilerini toplamadaki sınırlı lisansüstü öğrenci sayısının görece düşüklüğü sayılabilir. Bununla birlikte ülkemizde bu güne kadar yapılan MT çalışmaları, fay kuşakları gibi düşük süreksizliklerin derine devamlılığını ve özelliklerini göstermeleri yönünde, Anadolu'da alt ve üst kabuk derinlikleri hakkında da bilgi vermişlerdir (Çizelge 1, 2). Ülkemizdeki bu bilgilerin yanı sıra, İzmir'de ilk kez 2005 yılında toplanan MT çalışma grubu; araştırmacılar arasında, belge, bilgi, veri paylaşımı ve strateji oluşturma yolunda ümit verici bir ilk adım atmıştır. Son yıllarda akademik kurumlarda yeni satın alınan MT cihazlarla veri toplayabilme potansiyeli gelişmiş dolayısıyla lisansüstü öğrencilerin konuya ilgisi görece olarak artmıştır. Sonuç olarak ülkemizin zengin ancak ayrıntılar henüz bilinmeyen tektoniği MT çalışmalarını ve bu konuda yetiştirilecek araştırmacıların artmasına ihtiyaç duymaktadır.

Çizelge 1: Anadolu ve Trakya’da yapılan çeşitli MT çalışmalardan elde edilen üst kabuk kalınlığı

Table 1: Upper crustal thickness from several MT studies in Anatolia and Thrace

Bölge (yer tanımlaması)	Üst kabuk Kalınlığı	Kaynak
Trakya (Istranca masifi)	25-30 km	Bayrak v.d.. (2004)
Thrace (Basin)	~10 km	Bayrak v.d. (2004)
Kuzeybat Anadolu KAFZ Güney kolu civarı KAFZ Güney kolu çevresi	26 km	Gürer (1996)
	~25-30 km	Tank v.d. (2005)
	~ 20-25 km	Tank v.d. (2005)
Batı Anadolu (KB bölümü, İzmir Ankara Kenet Kuşağı çevresi)	~ 30 km	Bayrak ve Nalbant (2001)
Batı Anadolu, (Batı Anadolu gerilme bölgesi, grabenler dizgesi)	8-12 km	Bayrak ve Nalbant (2001), Gürer et al. (2001)
GB Anadolu, Batı Toroslar	18-25 km	Gürer v.d.. (2004a), Gürer v.d. (2004b)
Orta Anadolu’nun Doğusu	~ 20-30 km	Y Imaz ve Özel 2001
Doğu Anadolu (KAFZ’in güneyi)	~20-25 km	Türkoğlu v.d. (2006)
Doğu Anadolu (KAFZ’in kuzeyi)	~40-45 km	
Bitlis Kenet Kuşağı ve kuzeyinde 100-150 km lik uzaklık boyunca	beklenen yüksek dirençli üst kabuk belirmez	

Çizelge 2: Anadolu ve Trakya’da yapılan MT çalışmalarla bildirilen toplam kabuk kalınlığı (moho derinliği)

Table 2: Total crustal thickness (moho depth) from several MT studies in Anatolia and Thrace

Bölge (yer tanımlaması)	Üst kabuk Kalınlığı	Kaynak
Trakya (Istranca masifi)	35-45 km	Bayrak v.d. (2004)
Kuzeybat Anadolu		
Batı Anadolu (KB bölümü, İzmir Ankara Kenet Kuşağı çevresi)	~ 45-50 km	Bayrak ve Nalbant (2001)
Batı Anadolu, (Batı Anadolu gerilme bölgesi, grabenler dizgesi)	30-40 km	Bayrak ve Nalbant (2001), Gürer v.d. (2001)
GB Anadolu, Batı Toroslar	30-45 km	Gürer v.d. (2004a), Gürer v.d. (2004b)
Orta Anadolu’nun doğusu	45 km	
Doğu Anadolu	~40 km (astenosfer)	Türkoğlu v.d. (2006)

KATKI BELİRTME

Bu makale 2005 yılında toplanan İznik MT çalıştayında sunulan bildiriye dayanarak yazılmıştır. Toplantının gerçekleştirilmesinde emeği geçen Dr. S.B. Tank ve çalışma grubuna ayrıca ISI WEB of SCIENCE veri tabanını tarayarak, bu makalede kullanılan

karşılaştırmalı grafikleri hazırlayan G. Karcioğlu’na içtenlikle teşekkür ederim. Bu çalışmada kullanılan bazı modeller TÜBİTAK-102Y054 İ.Ü. Bilimsel araştırma projeleri sekreterliğince desteklenen 1781/21122001 ve BEKADEP-159/250599 numaralı projeler kapsamında elde edilmiştir.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- Basokur, A.T., 1994**, Definitions of Apparent Resistivity For The Presentation Of Magnetotelluric Sounding Data Geophys Prospect 42, 2, 141-149.
- Başokur, A.T., İlkışık O.M., Tokgöz. T, Kaya C, Ulugergerli E.U., Gürer A., Duvarcı E., Bilgin, Çınar A., Konak N., Bayrak M. Peşen E., Karlık G. 1996**: The investigation of the crustal structure of Aegean region by the magnetotelluric method., Ulusal Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı. 8-9 Şubat 1996, 20-25. İ.Ü. Deniz Bilimleri.
- Basokur, A.T., Kaya C, Ulugergerli, E.U., 1997**, Direct Interpretation Of Magnetotelluric Sounding Data Based On The Frequency-Normalized Impedance Function, Geophys Prospect 45, 1, 21-37.
- Bayrak, M., 1998**, Batı Anadolu'nun özdirenç yapısının elektrik ve elektromanyetik yöntemlerle araştırılması, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayrak, M. and Nalbant, S.S., 2001**, Conductive crust imaged in western Turkey by MT, Geophysical Research Letters, 28, 3521-3524.
- Bayrak, M., İlkışık, O.M., Kaya, C., Başokur, A.T., 2000**, Magnetotelluric data in western Turkey: Dimensionality analysis using Mohr circles, J. Geophys. Res. 105, 23391-23401.
- Bayrak, M., Gürer, A., and Gürer, Ö.F., 2004**, Electromagnetic imaging of the Thrace Basin and Intra-Pontide Subduction Zone, Northwestern Turkey. International Geology Review, 46, 64-74.
- Bayrak, M., Gürer, A., Gürer, Ö. F., İlkışık, O. M. ve Başokur, A. T. 2006**, Mohr-Circle-Based Rotational Invariants of a Magnetotelluric Data Set from the Thrace Region of Turkey: Geological Implications, Turkish J. Earth Sci., 15, 95-110.
- Candansayar M.E., 2002**, Sönümlü En Küçük Kareler ve Eşlenik Türev Algoritmalarının Ardışık Kullanım ile Manyetotellürik Verilerinin Düzgünleştiricili İki Boyutlu Ters Çözümü, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Candansayar M.E., 2007**, Two-dimensional inversion of magnetotelluric data with consecutive use of conjugate gradient and least-squares solution with singular value decomposition algorithms Geophysical Prospecting, OnlineEarly Articles, Published article online, doi: 10.1111/j.1365-2478.2007.006
- Çağlar, İ., 2001**, Electrical resistivity structure of northwestern Anatolia and its tectonic implications for the Sakarya and Bornova zones, Physics of the Earth and Planet. Inter., 28, 95-110.
- Çağlar İ., İşseven T., 2005**, Two dimensional geoelectrical structure of Göynük geothermal area, northwest Anatolia, Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 134, 183-197.
- Elmas, A., and Yigitbaş, E., 2001**, Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics between the Pontide Zone and the Sakarya Zone in Northwestern Anatolia, Turkey: International Journal of Earth Sciences, 90, 257-269.
- Elmas, A., ve Gürer, A., 2004**, A Comparison of the Geological And Geoelectrical Structures In The Eastern Marmara Region (NW Turkey), J. Asian Earth. Sci., 23, 153-162.
- Gürer A., 1995**, Manyetotellürik tepkilerdeki topoğrafik etkilerin düzeltilmesi ve Batı Anadolu verilerine uygulanması. PhD thesis, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Gürer, A., 1996**, Deep conductivity structure of the North Anatolian fault zone and the Istanbul Sakarya zones along the Gölpaşa-Akçaova profile, Northwest Anatolia, Int. Geol. Rev., 38 727-737.
- Gürer, A., and İlkışık, O.M., 1997**, The importance of topographic corrections on magnetotelluric response data from rugged regions of Anatolia, Geophysical Prospecting, 45, 111-125.
- Gürer, A., 1999**, Elektriksel iletkenlik özelliğine göre yer kabuğunun yapısı I: Prekambriyen Kabuk, İ.Ü. Yerbilimleri dergisi, 12, 1, 65-80
- Gürer A., 1999**, Elektriksel iletkenlik özelliğine göre yer kabuğunun yapısı II: Fanerozoik Kabuk. İ.Ü. Yerbilimleri dergisi, 12, 1, 83-98.
- Gürer, A., 2000**, Manyetotellürikte topografya düzeltilmesi ve batı Toroslara uygulanması. Uygulamal Yerbilimleri 1-4, 49-61.
- Gürer, A., Gürer, Ö.F., Pinçe, A., İlkışık, O.M., 2001**, Conductivity structure along the Gediz graben, west Anatolia, Turkey: tectonic implications, International Geology Review, 43, 1129-1144.
- Gürer A., Pinçe A., Gürer Ö.F., İlkışık O.M., 2002**, Resistivity distribution in the Gediz graben and its implications for crustal structure. Turkish Journal of Earth Science, v.10, No: 1, p. 15-25.
- Gürer, A., Bayrak, M., Gürer, Ö. F., İlkışık O. M., 2004**, The deep resistivity structure of southwestern Turkey: Tectonic implications, International Geology Review, 46, 665- 670.
- Gürer, A., Bayrak, M., Gürer, Ö.F., 2004**, Magnetotelluric images of crust and mantle in southwestern Taurides, Turkey, Tectonophysics, 391, 109-120.
- Gürer A., ve Bayrak M., 2007**, Relation between electrical resistivity and earthquake generation in the crust of West Anatolia, Turkey, Tectonophysics, 445, 49-65.
- İlkışık, O.M., 1980**, Trakya'da Yer Kabuğunun Manyetotellürik Yöntem ile İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi.

- İlkışık, O.M., 1986**, Bat Toroslar Manyetotellürik ölçme ve değerlendirme projesi, TPAO, Teknik rapor 80 sayfa, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- İlkışık, O.M., 1990**, Kuzey-Kuzeybat Anadolu'nun Derin Özdirenç Yapısı, Doğa, Tr. J. Of. Eng and Environmental Sci., 14, 589, 617.
- İlkışık, O.M., 1991**, Magnetotelluric investigations in the western Taurides region. IESCA-1991, Proceedings, 40-51, İzmir.
- İlkışık, O.M, Gürer, A. Tokgöz, ve T., Kaya, C., 1997**, Geoelectromagnetic and geothermic investigations in the İhlara Valley geothermal field, Journal of Volcanology and Geothermal Research 78, 297-308.
- Kaya, C., 2002**, Frekans Düzgünlenmiş Empedans Fonksiyonu ile Manyetotellürik Verilerde Statik Kayma Düzeltmesi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Keçeli, A., 1983**, The Direct Technique Of Interpretation In The Magnetotelluric Method Geoexploration, 21, 65-71.
- Keskin, M., 2003**, Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, Geophysical Research Letters, 30, 24, 8046.
- Özçep, F.Orbay N., 2002**, Jeofizik ve tarihsel gelişimi, İstanbul Univ. Yayınlar , No: 4347, İstanbul.
- Tank, S.B., 2004**, Resistivity Structure at the Western part of the North Anatolian Fault Zone and Its Seismogenic Implications, Ph.D. Tokyo Institute of Technology, Department of Earth and Planetary Sciences.
- Tank, S.B., Honkura Y., Ogawa Y., Oshiman, N., Tunçer, M.K., Matsushima M., Çelik, C., Tolak, E., Işıkara, A.M., 2003**, Resisitvity structure in the western part of the fault rapture zone associated with the 1999 İzmit earthquake and its seismogenic implication, Earth Planets Space, 55, 437-442.
- Tank, S. B, Honkura Y., Ogawa,Y., Matsushima, M., Oshiman, N., Tunçer, M. K., Cengiz, Ç., Tolak, E., Işıkara, A. M. 2005**, Magnetotelluric imaging of the fault rupture area of the 1999 İzmit (Turkey) earthquake, Physics of the Earth and Planetary Interiors 150, 213-225.
- Turkoglu, E., Unsworth, M., Caglar, Tuncer, V., Avsar, U. ve Tank, B., 2006**, Magnetotelluric imaging of the Eurasian-Arabian collision in Eastern Anatolia, IAGA WG 1.2 on Electromagnetic Induction in the Earth Extended Abstract 18th Workshop El Vendrell, Spain, September 17-23.
- Ulugergerli E.U., ve Basokur A.T., 1994**, Manyetotellürik ters çözümde veri türlerinin katman parametrelerinin çözümüne etkileri, Jeofizik 8, 123-146.
- Ulugergerli, E. U., 1998**, Development and application of 2D magnetotelluric inversion in complex domains. Unpublished Ph.D. thesis, University of Leicester. [sup: MM]
- Ulugergerli, E.U., and Candansayar, M.E., 2002**, Automated mesh design for two dimensional magnetotelluric Interpretation codes. The Journal of the Balkan Geophysical Society, Vol. 5, No. 1, 7-14.
- Ulugergerli, E.U., Seyitoglu, G., Basokur, A.T., Kaya, C., Dikmen, U., Candansayar, M.E., 2007**, The geoelectrical structure of Northwestern Anatolia, Turkey. Pure and Applied Geophysics, PAGEOPH 164, 999-1026.
- Seyitoğlu, G. 1997**, Late Cenozoic tectono-sedimentary development of Selendi and Uşak-G.re basins: a contribution to the discussion on the development of east-west and north-trending basins in western Turkey. Geological Magazine 134, 163-175.
- Şengör, A.M.C., ve Yilmaz, Y., 1981**, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: Tectonophysics, 75, 181-241.
- Ward, S.,H., 1980**, Electrical, electromagnetic ve Magnetotelluric methods, Geophysics, Vol.45, No: 1, 1659-1666.
- Y İmaz, H. ve Özel, S.,** Crustal Structure of the Eastern Part of Central Anatolia (Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 16, 2007, Bask da.
- Y İmaz, Y., Genç., S., C., Yiğitbaş., E., Bozcu ve M., Y İmaz, K., 1995**, Geological evolution of the late Mesozoic continental magrin of Northwestern Anatolia. Tectonophysics 243 (1-2), 155-171.
- Yilmaz, Y., Tüysüz, O., Yigitba , E., Genç., C., ve Şengör, A.M.C., 1997**, Geology and tectonic evolution of the Pontides, in A.G. Robinson, ed., Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 68 183-226.
- Yılmaz, Y., Genç., Ş.C., Gürer., F., Bozcu, M., Y İmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. & Elmas, A. 2000**, When did the western Anatolian grabens begin to develop. In: BOZKURT, E., WINCHESTER, J.A. & PIPER, J.D.A. (eds), Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society of London, Special Publications 173, 353-384.