

DOĞU ANADOLU'DA DEPREMİN ELEKTROMANYETİK RÖNTGENİ ÇEKİLİYOR

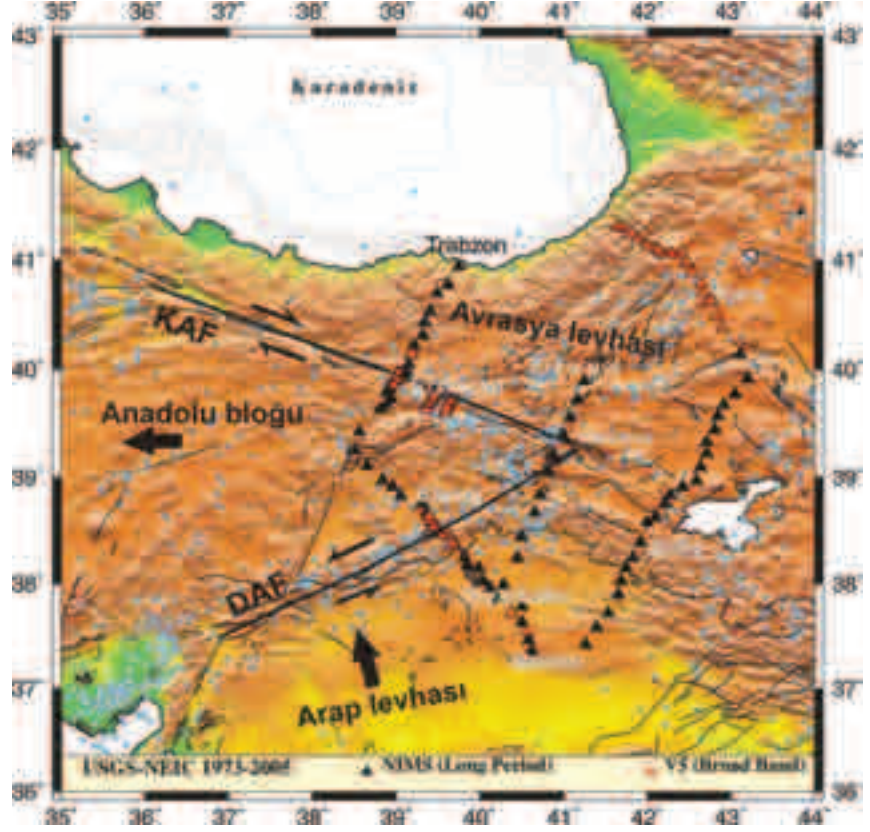
Türkiye, bilinen tarihsel dönem deprem kayıtlarına göre MÖ 2000 yılından beri sürekli olarak hasar yapıcı ve yüzey faylanmasına neden olmuş büyük depremlere maruz kaldı. 1900-1920 dönemi içerisinde Türkiye'nin en büyük depremi olan 1939 Erzincan Depreminden önce, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde görülen aktif bir dönemin tekrarının 1999 İzmit ve Düzce Depremleri ile ortaya çıkışı, Doğu Anadolu'yu daima gözönünde bulundurmamız gerektiğini ortaya koyuyor.

Jeolojik evrelerde Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca, Arap plakası ile Avrasya plakasının çarpışmasının ileri aşamalarında KAF ve DAF meydana gelmiş bulunuyor.

Tarihsel kayıtlara göre DAF, 1900-1995 yılları arasındaki dönemde olduğu gibi, 1900'den önceki yüzyıl içerisinde de oldukça sakin bir sismik etkinlik göstermiş. Dolayısıyla, bu fayın da önümüzdeki yüzyıl içerisinde KAF'a benzer bir deprem serisine yol açması oldukça muhtemel. Bu fayda en azından 200 yıldır bir enerji birikimi oluyor. Bu açıdan, sismik olarak oldukça yüksek bir potansiyel tehlike taşıyor.

Doğu Anadolu Sıkışma bölgesinde gelecekte yüksek deprem potansiyeli taşıyan olası 4 sismik boşluk ise: Ardahan Sismik Boşluğu, Çayırılı-Aşkale fayı, Van Sismik Boşluğu, Yüksekova Sismik Boşluğu olarak veriliyor.

DAF sisteminde yer alan sismik boşluklar Andırın (Ceyhan-Türkoğlu arası), Türkoğlu (Türkoğlu-Çelikhan arası) ve Hazar gölü segmenti. Andırın sismik boşluğunu içine alan Adana-Ceyhan-Maraş yörelerinde olduğu bilinen depremlerin şiddeti, V ile IX arasında. Türkoğlu



sismik boşluğunda olduğu tahmin edilen en son deprem, 1874 yılında şiddeti VIII olan büyük bir deprem. Hazar gölü sismik boşluğundaysa, 1866 yılında en son VIII şiddetinde büyük bir deprem meydana gelmiş bulunuyor.

Arap Levhası'nın kuzeye doğru hareketiyle Avrasya Levhası'nın güney kesimleri (günümüz Türkiye'sinin doğu kesimleri) kısalıp-daralmış ve yükselerek Doğu Anadolu platosunu oluşturmuş durumda. Yaklaşık 4 milyon yıldan beri Anadolu Levhası DAF ve KAF kuşakları boyunca batı-güneybatıya doğru, yılda 1-3 cm lik bir hızla hareket ediyor ve 4 milyon yıldır toplam atım (yerdeğiştir-

me) yaklaşık 40 km'ye ulaşmış bulunuyor. Karlıova ve çevresiyse dünyanın en önemli aktif faylarından olarak kabul edilen DAF ve KAF kesişme noktasında yer alıyor.

DAF'ın Erzurum-Ardahan ve Ermenistan'a doğru olan uzantısı da önemli bir deprem riski taşımakta. Bu bölgenin kuzeydoğusunda en son büyük deprem, Ermenistan sınırları içerisinde olmuş 1989 Spitak depremi. Son olarak 12 ve 14 Mart 2005 tarihlerinde KAF üzerinde Bingöl ili Karlıova ilçesinin batısında iki deprem meydana geldi.

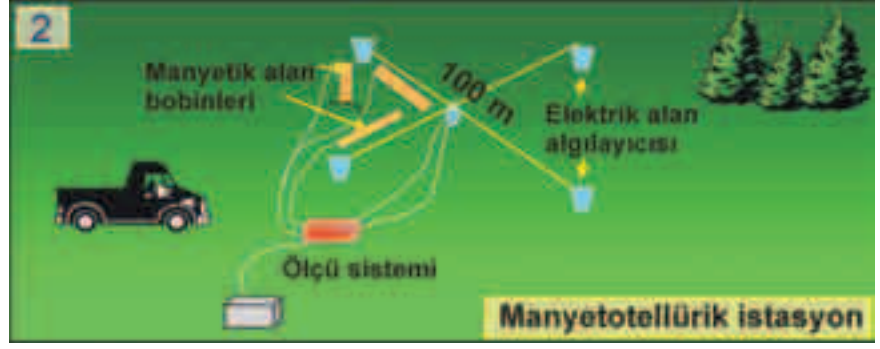
Yine, KAF da gözlenen sismik etkinliğin DAF sistemlerinde görülmeşi,



muhtemelen DAF'da önümüzdeki yüzyıl içerisinde oluşması olası bir deprem serisinin hazırlık evresini temsil ettiği düşünülmüyor. Bu nedenle DAF'ın, deprem riski açısından büyük hazırlık içinde olduğu sanılıyor.

Doğu Anadolu Fayları ve Doğu Anadolu Sıkışma bölgesi gibi bazı ana tektonik bölgelerde sismik segmentlerin ayırt edilmesinde önemli ipuçları bulmaya yönelik bir jeofizik proje kapsamında Manyetotellürik yöntem kullanılarak yapılan arazi çalışmaları 2005 Mayıs-Kasım ayları arasında gerçekleştirildi. Kabuk içerisinde gerilmeler kümülatif olarak artarak, jeolojik birimlerin direnimsizliğini aşacak düzeye erişmeleri sonucu gelişen ani boşalmalar, depremleri meydana getirirler. Bu bakımdan, yer kabuğu yapısının derinliğe göre ortaya çıkarılması, gerçekten önemli. Doğu Anadolu'da gerçekleştirilen ve kabuk yapısını ortaya çıkarmayı amaçlayan bu çalışma, kendi alanında bölgede yapılan ilk ve tek proje. Bu projede DAF'ın sözü edilen sismik boşlukları civarında çalışmalar yoğunlaştırıldı ve başlıca 4 profilde ölçümler yapıldı. Bu elektromanyetik sondaj ölçümlerinde amaç, yerin içindeki kayaçların elektrik akımı geçirebilme özelliklerini; yani elektrik özdirenç bilgilerini öğrenmektir. Elektrik röntgen aracılığıyla sağlam veya gevşek, kuru veya ıslak kayaçlar ve dolayısıyla bu kayaçların özellikleri ile türleri saptanacaktı.

Alberta Üniversitesi (Kanada) Fizik Bölümü'nden Prof. Martyn Unsworth ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nden (İTÜ) Prof. İlyas Çağlar'ın eş yürütücülüğünde gerçekleştirilen proje (MT-DAN) kapsamında 14 adet Uzun Periyodlu (NIMS) ve 3 adet Geniş Bandlı (Broad Band-Phoenix V5) manyetotellürik ölçü sistemi kullanıldı. Uluslararası jeofizik projelerde kullanılan standartlardaki bu gelişkin 17 manyetotellürik sistem Kanada NSERC ve Alberta Üniversitesi Araştırma Fonu'nun maddi katkılarıyla Türkiye'ye arazi ölçümleri için getirildi. Proje aynı zamanda TÜBİTAK tarafından destek verildi. Proje çerçevesinde, Boğa-



ziçi Üniversitesi'nden (BÜ) katılan bilimci de dahil olmak üzere toplam 11 araştırmacı 6 ay boyunca bölgede 150'ye yakın istasyon kurarak ölçüler aldı. Proje boyunca arazi çalışmalarında 70.000 km yol katedilerek çok sayıda bölgede konaklama yapıldı.

Güneş'teki tepkimelerle gelen elektrik yüklü parçacıklardan oluşan Güneş rüzgarları sonucu ortaya çıkan elektromanyetik alanın yeryüzünde ölçülmesini esas alır. Kurulan bir istasyonda yerin derinlikte kabuk ve litosfer katmanlarında dolaşan elektrik akımları, elektrotlarla ve manyetik alansa yere açılan çukurlara yerleştirilen çok tel sarımlı bobinlerle ölçüldü. Alınan çok sayıdaki ve onlarca GB büyüklüğündeki manyetotellürik kayıtlar, duyarlılıkla toplandı. Bir kaç aydan bu yana veriler ileri bilgisayar teknikleri kullanılarak Kanada ve İTÜ'de değerlendiriliyor. Bu kayıtların değerlendirmeleri ve modellenmeleri yapıldıktan sonra, başta Erzincan depremlerini meydana getiren yapı olmak üzere DAF ve KAF civarında depremi oluşturan yerin görüntüleri, yaklaşık 200 km derinliğe kadar ortaya konulacak. Bu depremlerin oluşumlarında yerin litosfer yapısının işlevi ve etkisi araştırılacak.

Dünyanın asıl büyük depremlerinin olduğu Hint levhasının Tibet levhasının altına daldığı bölgede yapılan manyetotellürik sondajlar sonunda alınan elektrik röntgen, 33 km derinlikte kayaçların kısmi olarak eriyerek düşük özdirence neden olduğunu ortaya koydu. Yine, son Pakistan depreminin meydana geldiği Himayalar'da daha önceki yıllarda elde edilen manyetotellürik sonuçlar, 32

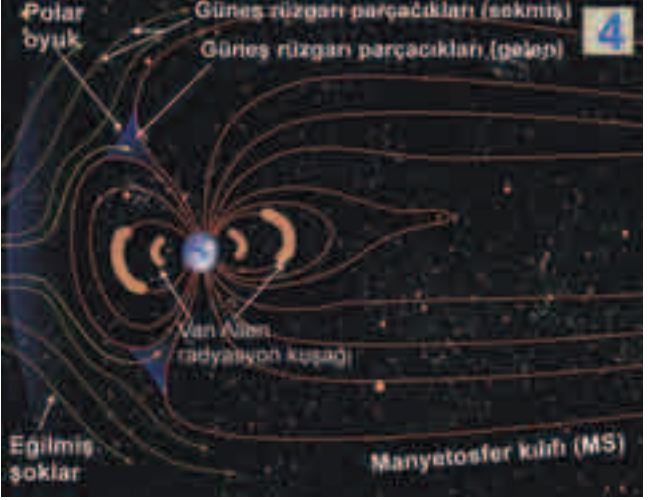
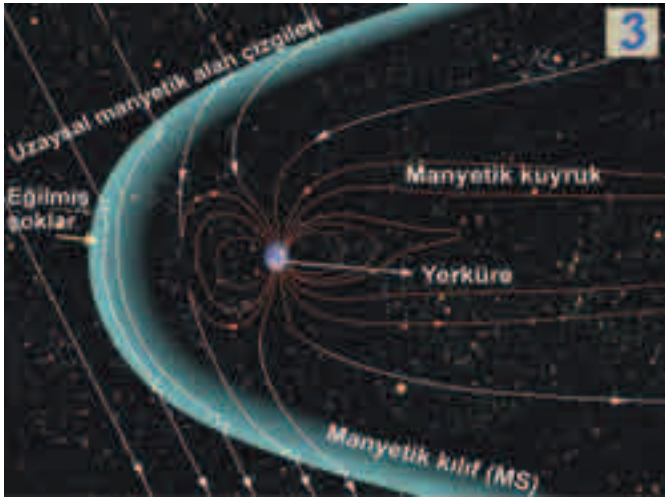
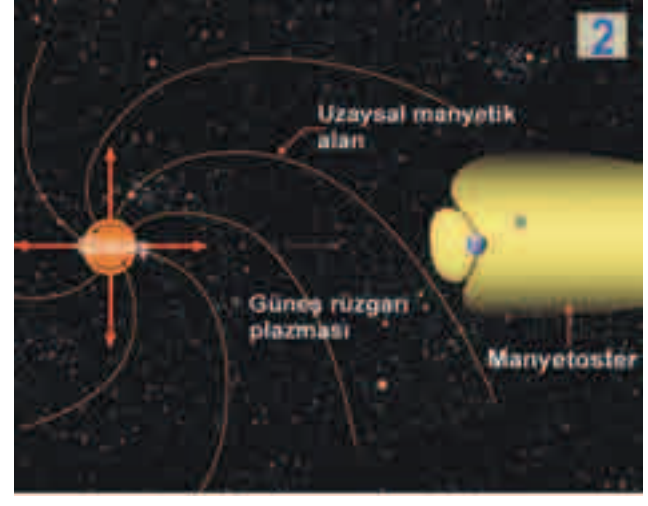
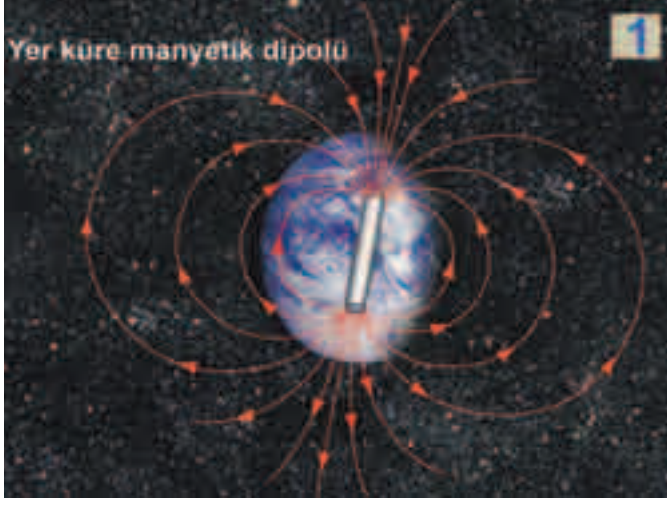
km derinlerde bu kez iki ana kıtanın çarpışması sonucu oluşan kırılmayla gelişen kayaç kısmi ergimelerini 110 km boyunca ortaya koydu.

Doğu Anadolu'da gerçekleştirilen MT-DAN projesinin nihai amaçlarından birisi de, depremlerin en çok görüldüğü San Francisco, Himayala ve Tibet'te ölçülmüş benzer verileri dikkate alarak Doğu Anadolu'nun modellenmesini yapmak ve depremlere kısmi ergimelerin mi yoksa kayaçların diğer fiziksel özelliklerinin mi neden olduğunu saptamak. MT-DAN projesinden elde edilen ilk bulgular 5-9 Aralık 2004'de San Francisco (ABD) de yapılmış olan Amerika Jeofizikçiler Birliği (AGU) Güz Kongresi'nde bir bilimsel bildiri verilerek tartışıldı.

Güneşin Yerküre ve Yakınlarında Ürettiği Elektromanyetik Alanlar

Maddenin plazma durumuna dünya üzerinde çok az rastlamamıza karşın uzayda plazma durumu çokluk bakımından maddenin diğer biçimlerine karşı ezici bir üstünlüğe sahip. Şöyle ki; uzayda toplam madde miktarının % 99'unun plazma biçiminde olduğu sanılmakta. Örnek verilirse tüm yıldızlar, bulutsular ve yıldızlararası uzay plazma biçimindeki maddeden oluşur. Işık ve ısı kaynağı olarak dünyamızda hayatın devamını sağlayan Güneş, dev bir plazma küresi. Bu dev plazma küresinin çekirdeğindeki 15 milyon °C'lik sıcaklık ve kurşundan 11 kat daha fazla olan yoğunluk, termonükleer reaksiyonların gerçekleşmesini sağlar. Öte yandan çok iyi biliniyor ki, yerküre bir "mıknatısküre" olup manyetik



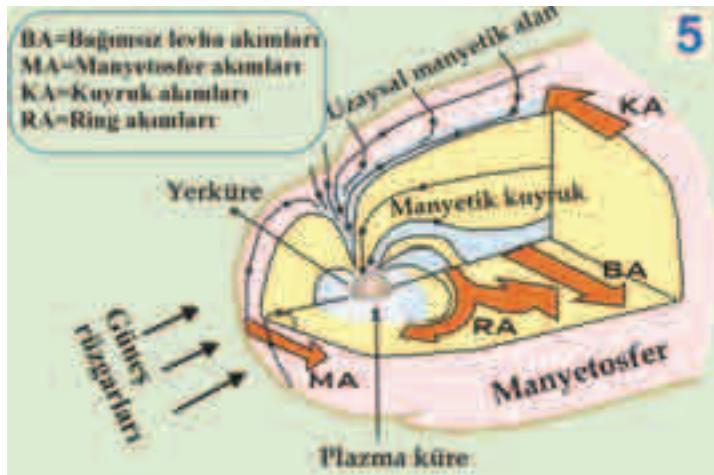


dipol özelliği gösterir (Şekil 1). Güneşteki bütün reaksiyonlar sonucu güneşten kopup gelen elektrik yüklü parçacıklarının oluşturduğu Güneş Rüzgarı'nın (Şekil 2), yerküre atmosferine yapabileceği olası etkiler, dünyanın manyetik alanı tarafından karşılanır. Bu manyetik alana manyetosfer adı verilir (Şekil 2). Bu sırada yerkürenin Güneş'e bakan yönündeki manyetik alan çizgileri, Güneş rüzgarı etkisiyle basılarak sıkışır; aksi yönündeki çizgilerse uzayarak manyetik kuyruk oluşturur (Şekil 3). Manyetosferi saran bir manyetik kılıf (MS) bu etkiler sonucu şekillenir. Güneş'in oluşturduğu elektrik yüklü parçacık akışı (Güneş Rüzgarı) bu manyetik alan kalkanı tarafından saptırılarak (Şekil 3) kutup bölgelerine doğru itilir. Bunun sonucunda kutup bölgelerinde atmosferin oksijen ve azot atomlarıyla etkileşime girerek ışımalara sebep olurlar ki, bunlara aurora (kutup ışıkları) adı verilir. Güneş etkinliğinin yüksek olduğu günlerdeki manyetik fırtınalar telsiz ve radyo haberleşmelerinin olumsuz etkilendiğini hatırlarsak manyetosferin önemi daha iyi anlaşılır. Yerküre manyetosferinin

daha yakından incelenmesini öngören bir program çerçevesinde Avrupa ülkelerince hazırlanan deneyler, ilk kez "Double Star" isimli Çin roket ve uydularının katkılarıyla yapılmakta. Yerküre yoğun bir radyasyon alanıyla kaplı ve bu radyasyon alanına Van Allen adı verilmektedir. İki kuşağa bölünmüş olan Van Allen alanı dünyayı tümüyle çevrelemez (Şekil 4). Elektrik yüklü parçacıkların oluşturduğu Güneş rüzgarlarının manyetosfer civarındaki seyahatleri ve polar oyuk' tan (Şekil 4) girişleri, aslında çok geniş bir frekans aralığında elektromanyetik alanlar yaratır. Bu elektromanyetik alanın etkisel olarak yarattığı elektriksel akımlar yerküreyi farklı yönlerden kuşatarak yerinin kabuk ve mantosunun

çok derin kesimlerine kadar ulaşıp buradaki kayaç ve malzemeleri katederek akarlar. İnsanoğlunun hiç bir kaynak ile üretmeyeceği bu güçlü akımların katettikleri jeolojik kayaçların özellikleri, buldukları derinlikleri ve geometrileri, yer yüzünde ölçümler yaparak çalışan Manyetotellürik yöntem aracılığı ile ortaya konulmaktadır. Uluslararası jeofizik biliminde bir çok uygulamaları yer alan bu yöntemde yeryüzüne yerleştirilen elektrodlar elektrik akımı ölçülürken çok tel sarımlı bobinlerse aynı anda yerçi manyetik alanını algılar.

İlyas Çağlar ve Tuncay Taymaz
İstanbul Teknik Üniversitesi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü



Katkı belirtme
Projenin arazi çalışmalarında güvenliğimizi sağlamak için işbirliği yaptığımız Doğu Anadolu'daki tüm il ve İlçe Jandarma birliklerinin değerli mensuplarına, konaklama ve lojistik destekleri için kamu kurumu kuruluşlarına ve bölgenin sismolojik verilerini görüntüleyen Arş. Gör. Seda Yolsal'a teşekkür ederiz.
MT-DAN Projesi Araştırmacıları
Alberta Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kanada
Prof. Dr. Martyn Unsworth, Erşan Türkoğlu, Volkan Tuncer, Eylem Türkoğlu
İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Prof. Dr. İlyas Çağlar, Ümit Avsar, Tunç Demir, Ahmet Sener
Boğaziçi Üniv., Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
Yard. Doç. Dr. Bülent Tank