TÜRKİYE ULUSAL KUVVETLİ YER HAREKETİ GÖZLEM AĞINDAKİ GELİŞMELER

Eren Tepeuğur[1], Ulubey Çeken[1], Derya Kökbudak[1], Aytaç Apak[1], Turgay Kuru[1], Hakan Albayrak[1], Vedat Özsaraç[1], Selim Sezer ve Cüneyt Şahin[1]

(1) Başbakanlık, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara
tepeugur@deprem.gov.tr

ÖZET:

Ülkemizde, kuvvetli yer hareketi gözlem ağı, 1973 yılında kurulmaya başlamış ve ilk deprem kaydı 1976 yılında Denizli Depremi (ML=5.0) ile alınmıştır. Türkiye Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı (TR-KYH), Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD-DDB) tarafından işletilmektedir.

TR-KYH gözlem istasyonları, ağırlıklı olarak büyük depremlerin olduğu ve/veya beklendiği fay sistemleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Ulusal ağın kurulmaya başlandığı ilk yıllardan itibaren, teknolojik gelişmelere bağlı olarak farklı tür cihazlar sisteme dahil edilmiştir. Mevcut durumda, 5 farklı model ve tamamı sayısal cihazlardan oluşan toplam 320 adet ivme-ölçer istasyon çalışır halde bulunmaktadır. İstasyon sayının, 2011 yılı sonu itibariyle 400 civarında olması hedeflenmektedir. Ayrıca, deprem etkinliğini daha yakından gözlemek amacıyla, Ülkemizin bazı ana aktif fay sistemleri üzerinde, belirli geometrik şekillerde ve sık aralıklarla yerel ağlar kurulmuştur. TR-KYH bünyesinde; BYTNet (20), DATNet (17), MATNet (23), ANANet (15), DÜZNet (8), ANTNet (11), KOCNet (14) ve İZMİRNet (27) olmak üzere 8 yerel ağ işletilmektedir.

Son yıllarda, Ulusal şebekedeki istasyon sayısı hızla arttırılmış ve eski analog türü cihazların tamamı sayısal hale getirilmiştir. Diğer taraftan, istasyonların zemin parametreleri sondaj çalışmaları ve jeofiziksel ölçümlerle belirlenmiş ve tüm istasyonlar açık alana taşınmıştır. Böylece, dünya standartlarında veri kalitesi yüksek bir yapıya ulaşılmıştır. TR-KYH'nın 1976'dan günümüze 6000 civarında deprem ivme kayıt arşivi bulunmaktadır. Tüm kayıtlar, DDB'nin standart ASCII formatına dönüştürülerek diğer deprem parametreleriyle beraber kapsamlı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Kullanıcılar, bu veri tabanında seçilen kriterlere göre istenilen sorgulamayı yaparak, verileri hem harita üzerinde hem de sayısal ve grafiksel olarak izleyip veri transferi yapabilmektedirler. Sürekli güncellenen veriler, araştırmacıların ve bilim dünyasının hizmetine Internet (http://kyh.deprem.gov.tr) üzerinden sunulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: İvme, İvmeölçer, Kuvvetli Yer Hareketi, TR-KYH

1. GİRİŞ

Depremlerin gözlenmesi ve sayısal olarak ölçülmesi, deprem zararlarını en aza indirmeye yönelik yapılacak çalışmaların ilk adımını oluşturur. Gerek mühendislik sismolojisi ve gerekse deprem mühendisliğinde yapılacak araştırmalar, deprem hareketi hakkındaki gerçekçi bilgiye dayanır. Bu bilgiler ise, depremler sırasında ölçülen kuvvetli yer hareketi kayıtları ve bunların değerlendirilmesiyle elde edilir. Bu nedenle, özellikle deprem kuşağı içerisinde yer alan birçok gelişmiş ülke, sismik ağlarını kurup geliştirilmeye önem vermektedirler. Kuvvetli yer hareketi kayıtları, deprem aktivitesi yüksek ve yoğun yapılaşmanın olduğu yerleşim birimlerinde depreme dayanıklı yapı tasarımının geliştirilmesi ve potansiyel can ve mal kayıpları açısından deprem zararlarının azaltılması çalışmalarında kritik önem taşımaktadır. Gelecekteki depremler için, sismojenik alanın fiziki boyutu, karakteristiği, yer hareketinin zemin üzerindeki etkisi ve sarsıntı sırasında yapıların performans değerlendirilmesi bakımından, kuvvetli yer hareketinin kaydedilmesi esastır.

Bu nedenle, Ülkemizde meydana gelen depremler sırasında kuvvetli yer hareketini kaydetmek üzere, **Türkiye Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı (TR-KYH),** 1973 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulmuştur. 5902 sayılı kanun gereği Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın kurulması ile 17 Aralık 2009 tarihinden itibaren Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD-DDB) bünyesinde çalışmalarına devam etmektedir.

Ulusal ağın kurulmaya başlandığı ilk yıllarda günün şartları gereği, analog ivme kaydediciler ile şebeke yürütülmeye çalışılmış, gelişen teknoloji ile 1993 yılından itibaren sayısal ivme-ölçerler şebekeye dâhil edilmiştir. Sonraki yıllarda, istasyon sayısı hızla arttırılarak dünya standartlarında, veri kalitesi yüksek, gerçek zamanlı Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı'na ulaşılmıştır. TR-KYH'nin ilk kuvvetli yer hareketi kaydı, 1976 yılında Denizli Depremi (MD 6.7) ile alınmıştır. Günümüze kadar 6000 civarında deprem ivme kaydı gözlem ağı tarafından kaydedilmiş olup, bu kayıtlar tüm araştırmacıların ve bilim dünyasının hizmetine Internet (http://kyh.deprem.gov.tr) aracılığıyla sunulmaktadır.

TR-KYH'nın temel amaçları:

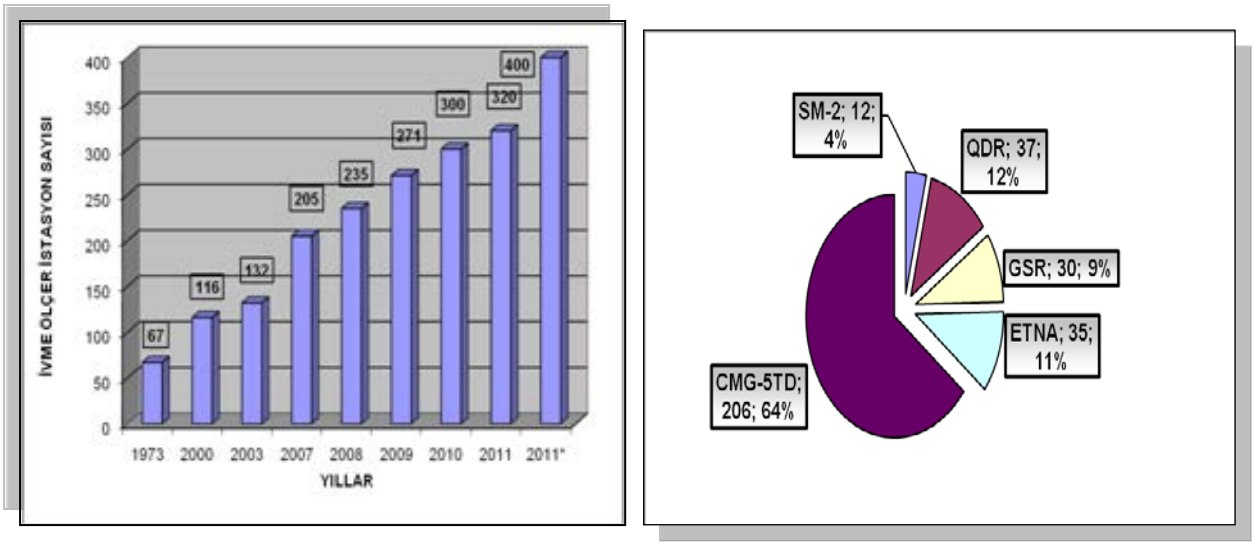
- Yer İvmesini ölçerek, hasar yapabilen kuvvetleri belirlemek
- Deprem öncesi zarar azaltma çalışmalarında bulunmak
- Mühendislik sismolojisi ve deprem mühendisliği araştırmalarına veri sağlamak
- Acil Müdahale ve Erken Uyarı amaçlı faaliyetlere katkı sağlamak
- Deprem bölgeleri haritaları, tehlike ve risk çalışmalarına paydaşlık etmek
- Güvenli Yapı-Güvenli Yerleşim çalışmalarına katkı sağlamak

TR-KYH'nın Misyonu,

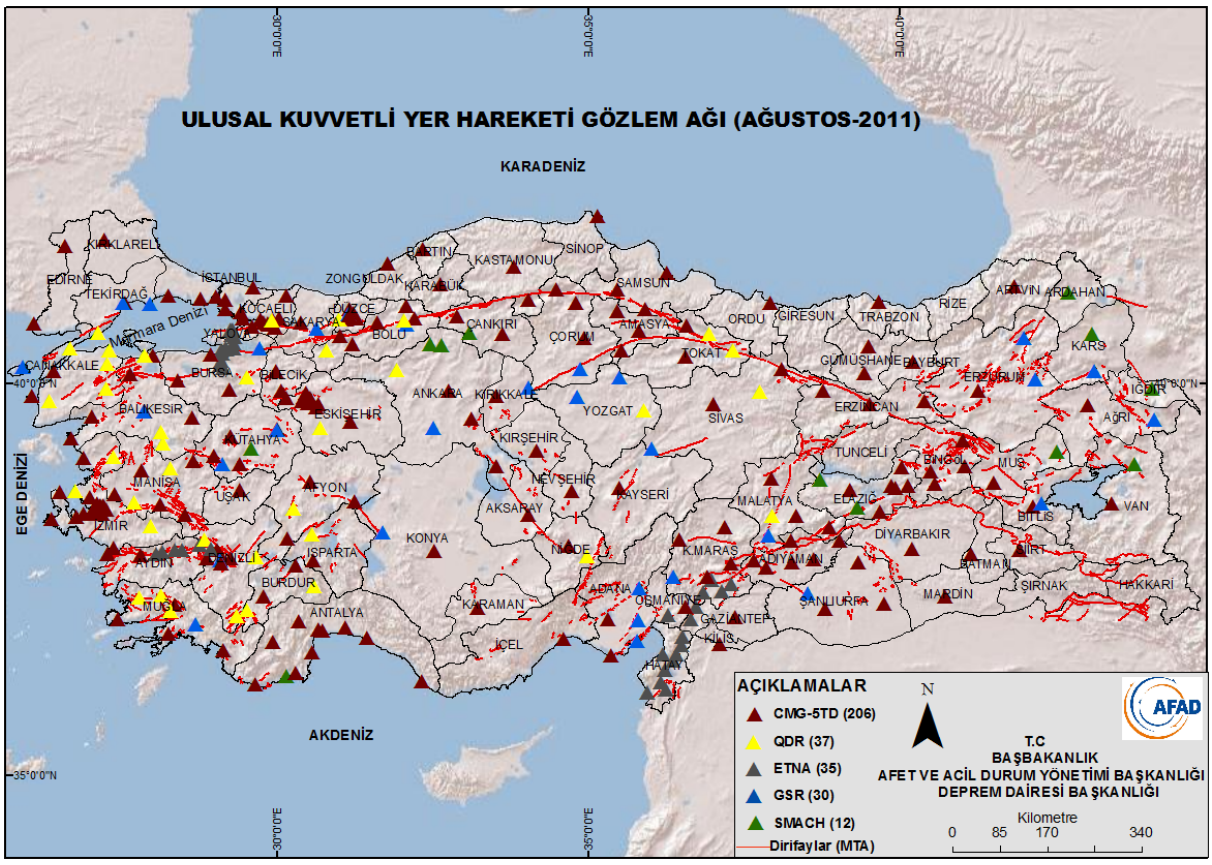
Depremler sırasında hasar yapabilen kuvvetleri ölçmek amacıyla, ülke genelinde kuvvetli yer hareketi gözlem sistemini uluslararası standartlarda kurmak, işletmek ve yaygınlaştırmak, depreme dayanıklı yapı teknikleri, deprem yönetmelikleri ve deprem bölgeleri haritalarının geliştirilmesi gibi temel mühendislik sismolojisi ve deprem mühendisliği araştırmalarına altlık teşkil edecek verileri sağlayarak, tüm kamu kurum ve kuruluşların, üniversitelerin, ulusal ve uluslararası araştırmacıların kullanımına sunarak deprem zararlarını azaltma çalışmalarına katkıda bulunmaktır.

2. TR-KYH'NE GENEL BAKIŞ

Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem İstasyonları, ağırlıklı olarak, ülkemizde büyük depremlerin olduğu ve/veya beklendiği Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu ve Ege Graben Sistemleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Mevcut durumda 5 farklı model ve tamamı sayısal cihazlardan oluşan toplam 320 adet ivme-ölçer istasyon çalışır halde bulunmaktadır (Şekil 1 ve 2). Bu sayının, 2011 yılı sonunda 400 civarında olması hedeflenmektedir.



Şekil 1. Yıllara göre istasyon sayısı ve ağda bulunan cihaz türleri (2011* 2011 yılı sonunda hedeflenen istasyon sayısı)

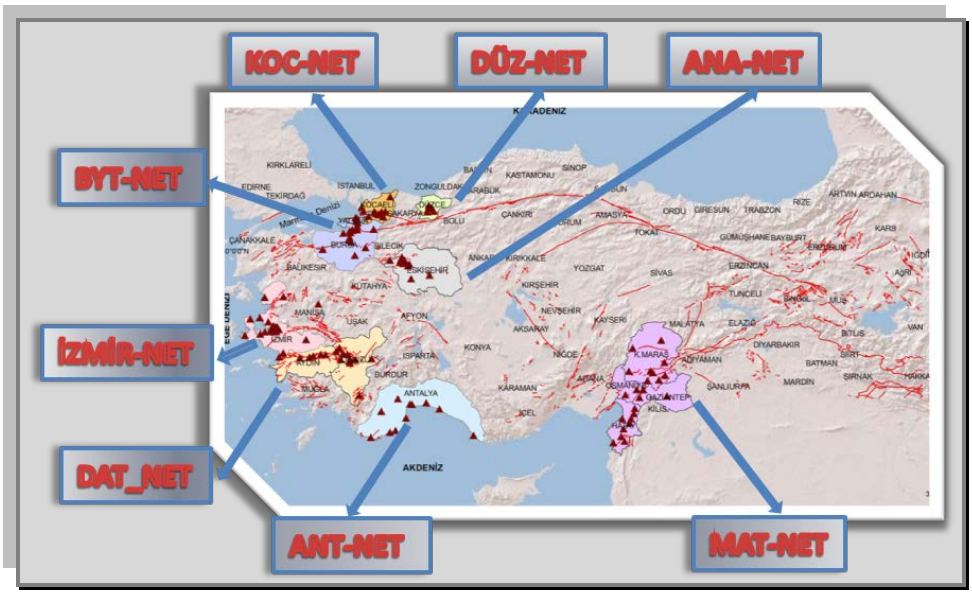


Şekil 2. Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem İstasyonları Dağılımı

2.1. *Yerel Ağlar*

Deprem etkinliğini daha yakından gözlemek amacıyla, Ülkemizin önemli aktif fay sistemleri üzerinde belirli geometrik şekillerde sık aralıklarla yerel ağlar kurulmuştur. Bu ağlar ile kırılmanın fiziği, hasar yaratan dalgaların yayılımı, bölgesel ve kentsel ölçekte deprem-yer–yapı ilişkisi, güvenli yapı için güvenli yerleşim alanları, depremin spektral özelliklerin bilinmesi ve daha güvenilir azalım ilişkilerinin geliştirilebilmesi amaçlanmaktadır.

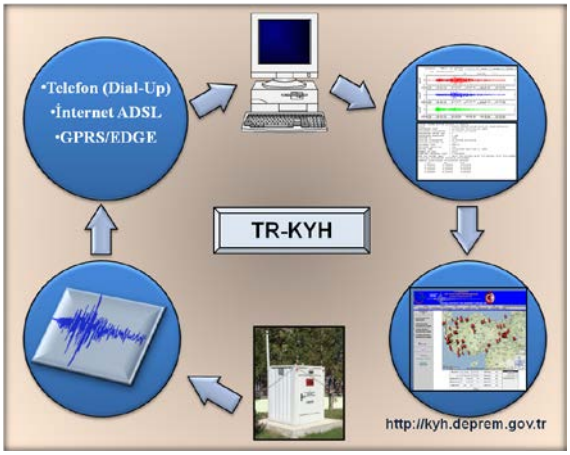
TR-KYH bünyesinde; BYTNet (20), DATNet (17), MATNet (23), ANANet (15), DÜZNet (8), ANTNet (11), KOCNet (14) ve İZMİRNet (27) olmak üzere 8 yerel ağ işletilmektedir (Şekil 3). Bunlardan ANT-Net, ANANet, DÜZNet, KOCNet ve İZMİRNet yeni nesil cihazlar olup gerçek zamanlı veri göndermektedirler.



Şekil 3. TR-KYH tarafından işletilen yerel ağlar

3. İVME-ÖLÇER İSTASYONLAR ve VERİ MERKEZİ

İvme-ölçerler, serbest alanda (free-field) özel imal edilmiş konteynırlar içerisine kurulmuştur. İstasyonlardan Ankara merkez üniteye, sürekli ve/veya tetikleme modunda gerçek zamanlı olarak çeşitli iletişim araçları (Dial-Up, Internet, ADSL, GPRS/EDGE vb.) kullanılarak veriler aktarılmaktadır (Şekil 4).

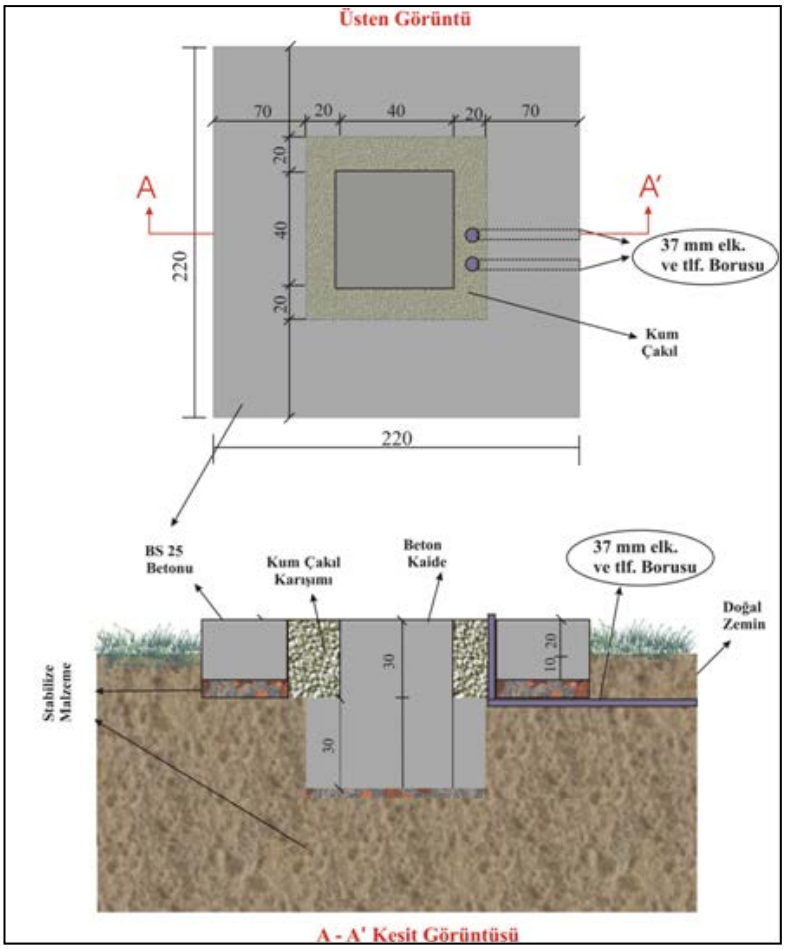


Şekil 4. TR-KYH veri akış sisteminin blok diyagramı

İstasyonların yer seçiminde, öncelikle ülkemizin aktif tektonik hatları ve yapı yoğunluğu olan yerleşim alanlarındaki farklı jeolojik birimler dikkate alınmaktadır. Bunun yanı sıra, enerji, iletişim, güvenlik, çevre gürültüsü, ulaşım vb. kriterler de göz önünde bulundurulmaktadır.

3.1. İstasyonların Yer Yapım Teknik Özellikleri

Konteynır temel betonu, aşağıda gösterilen ölçülerde (220cmx220cmx30cm) ve demir kafes sistemi kullanılarak inşa edilmektedir. Orta kısımda yer alan ve cihazın monte edileceği beton kaidenin ise, boyutları 40cmx40cm x60cm dır. Bunun 30cm'lik kısmı yüzeyde, diğer 30cm'lik kısmı da toprak altındadır. Temel beton ile orta kaide arası, 20 cm boşluk olup kum-çakıl karışımı ile ayırt edilmiş şekildedir (Şekil 5).



Şekil 5. İvme-ölçer istasyonların alt-yapı kesiti

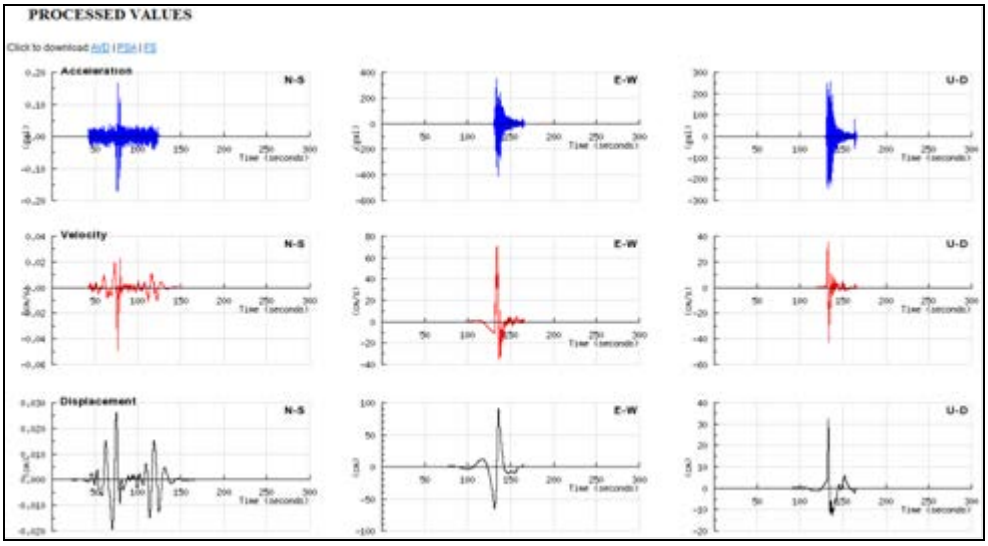
3.2. Cihaz Türleri

- **QDR** tipi cihazlar, 12 bitlik dijital çeviricisi olan, aldığı kaydı hafızasına kaydettikten sonra, otomatik olarak belirtilen telefon numarasını modem vasıtasıyla arayabilen, üç bileşenli sayısal kayıtçılardır.
- **SM-2** tipi ivme-ölçerler, 72 dB duyarlıklı, 3 eksenli jeofon tipi algılayıcıları (sensör) olan 12 bit dijital çeviricisi ile sayısal kaydı ve o andaki kayıtçının genel durum bilgilerini, saat senkronizasyon bilgilerini bir başlıkla birlikte 1 Mb'lık hafıza kartına (SRAM) saklayıp, doğrudan veya uzaktan kontrol dial-up yoluyla bağlantı sağlanan cihazlardır.

- **GSR-16 ve GSR-18**, 16 ve 18 bitlik dijital çeviricisi olan, aldığı kaydı hafızasına kaydettikten sonra, otomatik olarak belirtilen telefon numarasını modem vasıtasıyla arayabilen, 3 eksenli güç dengeli (force-balance) algılayıcısı (sensör) olan, 120 dB duyarlıklı ve GPS ile uyumlu ivme-ölçerlerdir.
- **ETNA** model cihazlar, yerel ağlarla şebekeye dahil edilmiş olup, yüksek çözünürlüğe (18 bit), 108 dB duyarliğa ve yüksek kapasiteye (85 Mb) sahip GPS ile uyumlu modem vasıtasıyla iletişimi sağlanan aletlerdir.
- **CMG-5TD** model cihazlar, son yıllarda kurumumuz tarafından sağlanan ve çeşitli Kurum ve Üniversiteler ile ortaklaşa yürütülen projeler kapsamında şebekeye dahil olan 24 bit çözünürlüğe, 128Mb-4Gb arasında değişen kapasiteye ve yüksek duyarlılığa sahip, modern iletişim (GPRS, ADSL vb.) araçlarıyla veri transferi sağlayabilen cihazlardır.

3.3. Ana Sunucu ve Veri İşlem Teknikleri

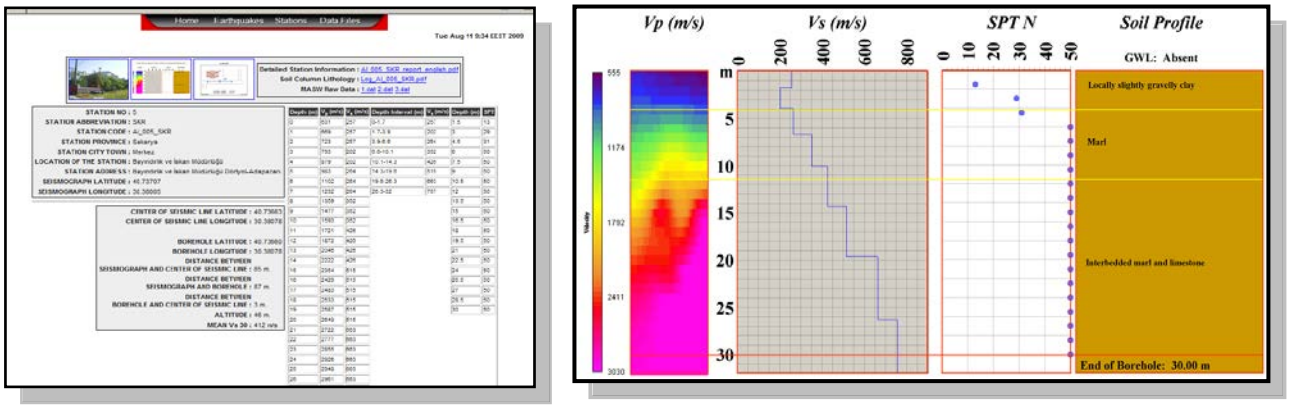
İstasyonlardan gerçek zamanlı olarak ana sunucuya gelen ivme kayıtları, veri merkezinde değerlendirilmektedir. "Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesi Veri Tabanının Uluslararası Ölçütlere Göre Derlenmesi Projesi" kapsamında, 1976-2007 yılları arasında Ulusal Kuvvetli Hareket veri tabanında bulunan toplam 2996 deprem ve 4607 ivme kaydı belirli bir düzen dahilinde derlenmiş ve standart bir filtreleme yöntemi ile işlenmiştir. Veri tabanında bulunan kayıtların filtreleme işlemi proje sürecinde geliştirilen Windows tabanlı bir yazılım (USDP) ile gerçekleştirilmiştir. Filtreleme işlemi Akkar ve Bommer (2006) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Filtre edilen tüm kayıtların elastik spektral değerleri gene USDP vasıtasıyla hesaplanarak ileride araştırmacıların kullanımına sunulmak üzere arşivlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Filtre işlemi yapılmış kayıtların spektral parametreleri.

3.4. İstasyonların Zemin Bilgileri

İstasyonların yerel zemin koşullarını belirlemek amacıyla, tahribatsız ölçüm yöntemlerinden MASW (Multi channel analysis of surface waves) ve sondaj çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları sonucu elde edilen sismik ve sondaj verileri daha sonra bilgisayar ortamında analiz edilerek her bir istasyona ait ilk 30m için P- ve S-dalgaları profilleri (V_{S30}) ve zemin litolojileri çıkartılarak, zemin bilgi formları oluşturulmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. İstasyon Zemin Bilgi Formu ve Zemin Profili

4. VERİ FORMATI

Türkiye Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlemleri veri merkezinde, şebekenin kuruluşundan günümüze, ivme-ölçer cihazlardan sağlanan tüm sayısal verilere erişmek mümkündür.

Dosya adları; tarih(yyyyaagg)+zaman(sadksn)+istasyon kodu (1201) (Ör:20030501002704_1201) şeklinde oluşturulmuştur. Veriler, ASCII formatında saklanmaktadır. Her dosyanın başlık bilgileri altında "N-S"(Kuzey-Güney), "E-W"(Dogu-Batı) ve "U-D"(Düsey) doğrultulardaki bileşenlere ait üç bileşen ivme değerleri yer almaktadır. Her kayıt için örnekleme aralığı, başlık bilgilerinde (Sample Interval) bulunmaktadır. Tüm veriler, ivme değerleri olup, cm/sn2 (gal) birimindedir (Şekil 8).

```
STRONG GROUND MOTION RECORDS OF TURKIYE
PLACE                    : DENIZLI MERKEZ METEOROLOJI MUDURLUGU
EARTHQUAKE DATE          : 19/08/1976 01:12:39 (GMT)
EPICENTER COORDINATES    : 37.71000N-29.00000E
EARTHQUAKE DEPTH (km)    : 20
EARTHQUAKE MAGNITUDE     : 5.0ML
STATION ID               : 2001
STATION COORDINATES      : 37.76219N-29.09222E
STATION ALTITUDE (m)     : 427
RECORDER TYPE            : SMA-1
RECORDER SERIAL NO       : 986
RECORD TIME              : 19/08/1976 01:12:40 (GMT)
NUMBER OF DATA           : 1601
SAMPLING INTERVAL (sec)  : 0.01000000
RAW PGA VALUES (gal)     : (N-S) 348.5268 (E-W) 290.3560 (U-D) 173.2901
Copyright EARTHQUAKE RESEARCH DEPARTMENT
GENERAL DIRECTORATE OF DISASTER AFFAIRS
        N-S          E-W          U-D
   -13.107400   -47.950600   -18.514590
   -13.104980   -47.952520   -27.176980
   -12.865700   -46.140580   -22.777830
   -11.157570   -41.740460     6.933893
       ...          ...          ...
       ...          ...          ...
```

Şekil 8. Veri Formatı (ASCII)

5. PROJELER

TR-KYH tarafından yürütülen projeler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo1. TR-KYH tarafından yürütülen projeler

▶	**Türkiye'nin Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Sisteminin Genişletilmesi ve Yoğun Yerel Ağların Kurulması** Projesi (BYTNet ve DATNet) (NATO Barış için Bilim Programı – SFP977484)
▶	**Yerel Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Ağlarının Kurulması** Projesi (MATNet) (TÜBİTAK İÇTAG-1578/YMAÜ)
▶	**Yerel Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Ağlarının Kurulması Projesi (ANANet)** (Proje No: 040302)
▶	**Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesi Veri Tabanının Uluslararası Ölçütlere Göre Derlenmesi Projesi** (TÜBİTAK Proje No :105G016)
▶	**İzmir Metropolü İle Aliağa Ve Menemen İlçelerinde Güvenli Yapı Tasarımı İçin Zeminin Sismik Davranışlarının Modellenmesi Projesi** TUBITAK-KAMAG Projesi (No: 106G159)

6. WEB SAYFASI

1976 yılından günümüze kadar kaydedilmiş olan tüm depremlerin sayısal ivme verileri **http://kyh.deprem.gov.tr** adresindeki veri tabanından tüm araştırmacıların ve bilim dünyasının hizmetine sunulmaktadır. Veriler, ham veri olarak verilmekte ve kullanıcılar tarafından ASCII formatında indirilebilmektedir. Belirli bir depreme ya da istasyona ait bilgilere arama motoru sayesinde ulaşılabilmektedir. Ayrıca, ivme dağılım haritası, dalga formu, istasyon haritası ve zemin bilgileri, günlük depremlerin ivme kayıtları, M≥4 olan depremlerin raporları sürekli olarak güncellenmekte olup 7/24 saat ulaşılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Akkar, S. and Bommer, JJ. (2006). Influence of long-period filter cut-off on elastic spectral displacements. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35(9), 1145-1165.

Gülkan, P., Çeken, U., Çolakoğlu, Z., Uğraş, T., Kuru, T., Apak, A., Anderson, J. G., Sucuoğlu, H., Çelebi, M. and Akkar, D. S. (2007). "Enhancement of the National Strong-Motion Network in Turkey", Seismological Research Letters, Volume 78, P. 429-438, Number 4, July/August, 2007.

Polat, O., Çeken, U., Uran, T., Gok, E. et al. (2009). IzmirNet: A Strong-Motion Network in Metropolitan Izmir, Western Anatolia, Turkey, Seismological Research Letters 80(5), 827-834.

Şaroğlu F., Emre Ö. ve Kuşçu İ. (1992). Türkiye Diri Fay Haritası, 1:1,000,000 ölçekli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

TC. Başbakanlık AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı Kuvvetli Yer Hareketi Gözlemleri Çalışma Grubu Web Sitesi (TR-KYH). http://kyh.deprem.gov.tr/