



DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME İSTASYONLARI AĞI ve İZLEME MERKEZİ

Prof.Dr.Turgut UZEL Y.Doç.Dr.Oğuz GÜNDOĞDU
Prof.Dr.Kamil EREN Özden IŞIK

Prof.Dr.Engin GÜLAL Fuat AGALDAY
Y.Doç.Dr.Ahmet Y. ÜRÜŞAN



DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME İSTASYONLARI AĞI ve İZLEME MERKEZİ

Prof.Dr.Turgut UZEL Y.Doç.Dr.Oğuz GÜNDOĞDU
Prof.Dr.Kamil EREN Özden IŞIK
Prof.Dr.Engin GÜLAL Fuat AGALDAY
Y.Doç.Dr.Ahmet Y. ÜRÜŞAN

PROJE EKİBİ

Fuat AGALDAY (DOHAD - Proje Yürütücüsü)

Prof.Dr.Kamil EREN (İKÜ)

Kadir EZER (DOHAD)

Prof.Dr.Engin GÜLAL (YTÜ)

Y.Doç.Dr.Oğuz GÜNDOĞDU (İÜ - Proje Eşbaşkanı)

Özden IŞIK (İstanbul Valiliği)

Y.Doç.Dr.Arif İŞYAR (İKÜ)

Prof.Dr.Uğur KAYNAK (KÜ)

Prof.Dr.Turgut UZEL (İKÜ - Proje Eşbaşkanı)

Y.Doç.Dr.Ahmet Y. ÜRÜŞAN (İKÜ)

Doç.Dr.Berk ÜSTÜNDAĞ (İTÜ)

PROJEYE KATKI VEREN KURUMLAR

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL KALKINMA AJANSI

ADALAR BELEDİYESİ

ARNAVUTKÖY BELEDİYESİ

AVCILAR BELEDİYESİ

BAKIRKÖY BELEDİYESİ

BEYLİKDÜZÜ KAYMAKAMLIĞI

BEYLİKDÜZÜ BELEDİYESİ

BÜYÜKÇEKMECE BELEDİYESİ

ÇINARCIK BELEDİYESİ

EYÜP BELEDİYESİ

FATİH BELEDİYESİ

GEMLİK BELEDİYESİ

KADIKÖY BELEDİYESİ

KÜÇÜKÇEKMECE BELEDİYESİ

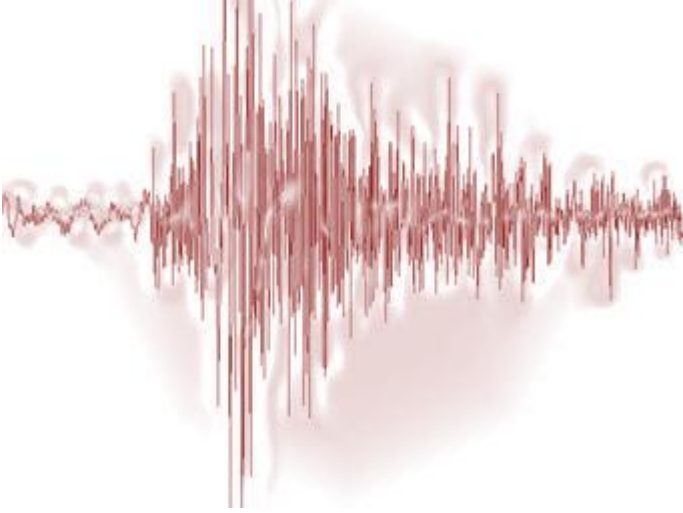
NİLÜFER BELEDİYESİ

SİLİVRİ BELEDİYESİ
TEKİRDAĞ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
TUZLA BELEDİYESİ
ZEYTİNBURNU BELEDİYESİ

İÇİNDEKİLER

PROJE EKİBİ	i
PROJEYE KATKI VEREN KURUMLAR	ii
1. DÜNYANIN OLUŞUMU	1
2. DEPREM	9
2.1. DEPREM PARAMETRELERİ	9
2.2. FAY	11
2.2.1. FAY TÜRLERİ	11
2.3. TSUNAMİ	17
3. TÜRKİYE ve ÇEVRESİNİN TEKTONİĞİ	23
4. DEPREM AFETİ ve AFET YÖNETİMİ	35
4.1 AFETLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	40
5. DEPREMLERİN ÖNCEDEN BELİRLENMESİ	45
5.1. DEPREM ERKEN UYARI, ÖNCEDEN BELİRLEME, ..	46
5.1.1 DEPREM ERKEN UYARI	46
5.1.2. DEPREMİ ÖNCEDEN BELİRLEME	47
5.1.3. DEPREM TAHMİNİ	47
5.2. AVRUPA ETİK KURALLARI	50

6. DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME İSTASYONLARI AĞI ve DEĞERLENDİRME MERKEZİ KURULUMU	53
6.1. DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME İSTASYONLARI ve MERKEZİ KURULUMU PROJELERİ	58
6.2. İSTASYON YERLERİNİN SEÇİMİ, BİNALARIN İNŞASI ve ALETLERİN YERLEŞTİRİLMESİ	68
6.3. ÖLÇME ALETLERİ ve ÖZELLİKLERİ	70
7. UYGULAMA	81
7.1. KONFERANSLAR	91
8. SONUÇ ve ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR	103
TEŞEKKÜR	107
DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İSTASYONLARI ve MERKEZİ FOTOĞRAFLARI	109



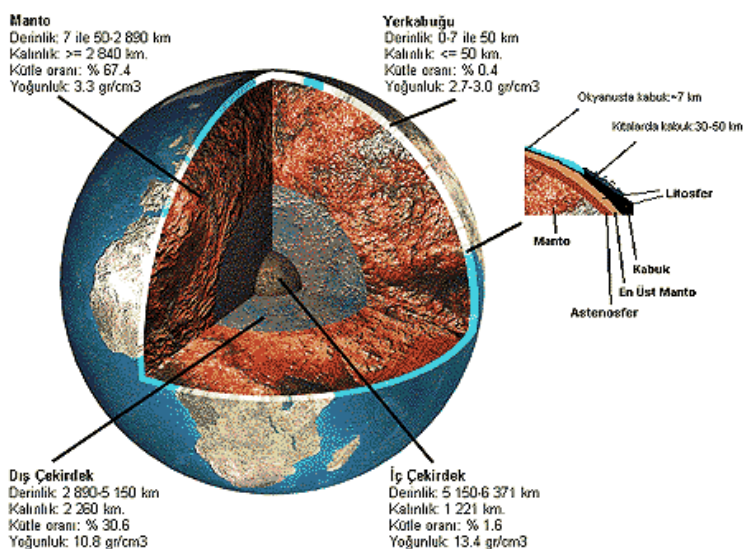
1. DÜNYANIN OLUŞUMU

Dünyamız, 15-20 milyar yıl önce uzayda meydana gelen çok büyük bir patlamadan sonra değişik aşamalardan geçerek bugünkü haline gelmiştir. Bu büyük patlama (**big bang**), çok büyük gaz ve toz bulutunun oluşmasına neden olmuştur. Böyle bir ortamda birbiriyle çarpışan gaz kütleleri ile toz taneciklerinin birleşmesi sonucunda, ergimiş toplar halinde çok büyük kütleler meydana gelmiş; bunlar, dünyamız gibi bugünkü yıldızları ve gezegenleri yaratmıştır.

Başlangıçta çok sıcak olan dünya yüzeyi, ilk önce ergimiş kayalardan oluşmuş sonra da soğuyarak farklı katmanlara ayrılmıştır. Bu süreçte ağır maddeler içe doğru çökerek çekirdeği, daha düşük yoğunluktaki maddeler ise çekirdek

çevresindeki katmanları oluşturmuştur, (Şekil 1). Yüzeydeki ergimiş maddelerin soğumasıyla da **yer kabuğu** şekillenmiştir, (Atabey 2000).

Yer kabuğunun kalınlığı kıtalarda 35-70 km, okyanuslarda 5-8 km kadardır.



Şekil 1. Dünyamızın yapısı

Litosfer, yer kabuğunun altındaki ergimiş kısımdır. Litosferin üst kısmındaki kabuk, çeşitli minerallerin oluşturduğu çok değişik kayaç gruplarından meydana gelmiştir. Mineraller,

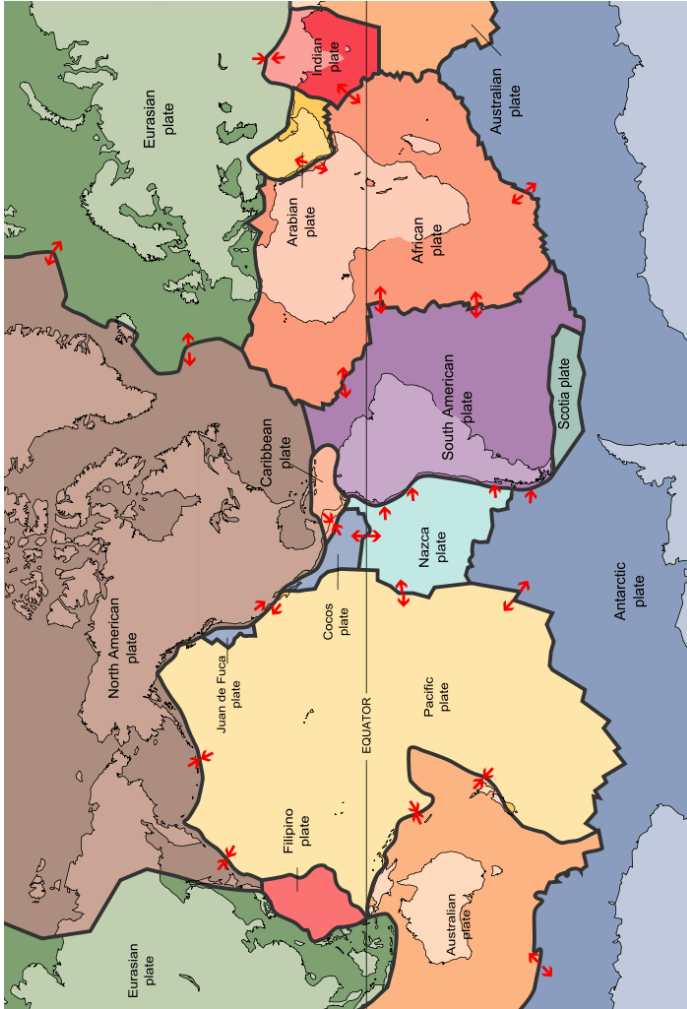
belirli kimyasal bileşimi ve kristal şekli olan asıl bileşenlerdir. Bunlar, canlı organizmalardaki hücreler gibi doğanın en küçük birimleridir.

Mineraller yan yana gelerek kayaçları, kayaçlar yan yana gelerek dağları ve dağlar da yan yana gelerek kıtaları oluşturur.

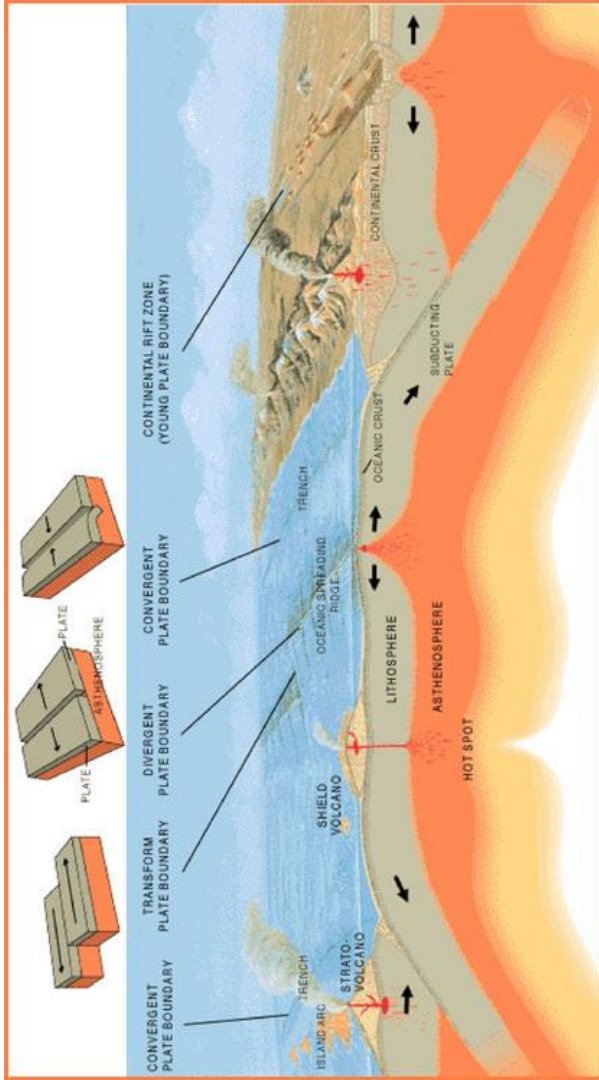
Milyarlarca yıldır var olan dünyamızın görüntüsü bugüne kadar birçok kez değişmiştir, (Şekil 2, Şekil 6). Yer kabuğunun yüzeyi, küreye benzer şekli bozulmadan çatlamış yumurta kabuğu gibi pek çok parçadan oluşmuştur. Bu kabuk parçalarının her birine **levha (tektonik plaka)** denilmektedir. Bu levhalar Şekil 2’de görüldüğü gibi bir yayılma kutbu eksenini etrafında sürekli olarak hareketlerini sürdürmektedir.

Yer kabuğunda, Büyük Okyanus, Avrasya, Arabistan, Güney Amerika, Kuzey Amerika, Afrika, Nazka, Hindistan-Avustralya, Antarktika, Kokos, Tongo, Anadolu levhası gibi büyük levhalardan başka birçok küçük levha daha bulunmaktadır. Levhalar, kıtaları oluşturan **kıtasal kabuk** ile okyanusların tabanındaki kısmı oluşturan **okyanusal kabuktan** ya da sadece bunlardan birinden meydana gelmektedir.

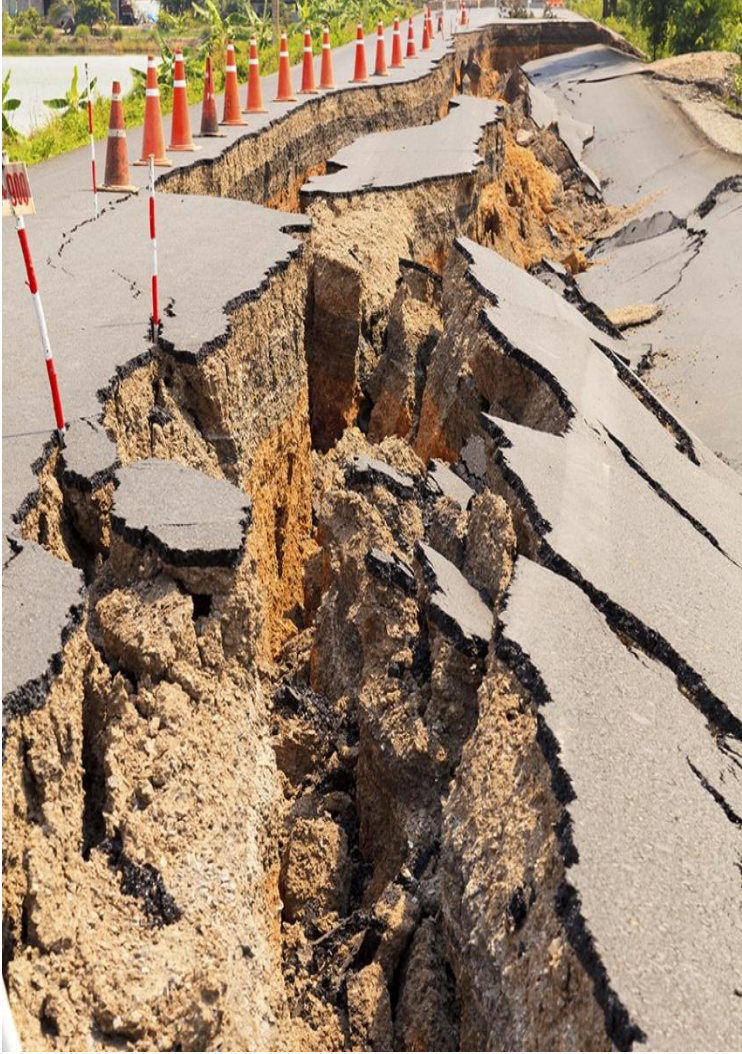
Magma, nükleer reaksiyon sonucu ortaya çıkan çok yüksek ısı nedeniyle genleşir ve mantoyu delerek dışarıya çıkmaya çalışır. Bu olay, üst mantonun hareketlenmesine ve burada konveksiyon akımlarının gelişmesine neden olur. Bu hareket-



Şekil 2. Yirminci yüzyılın ikinci yarısında haritalanan dünyamızın tektonik plakaları ve hareket yönleri



Şekil 3. Çeşitli plaka sınırları (Atabey 2000)



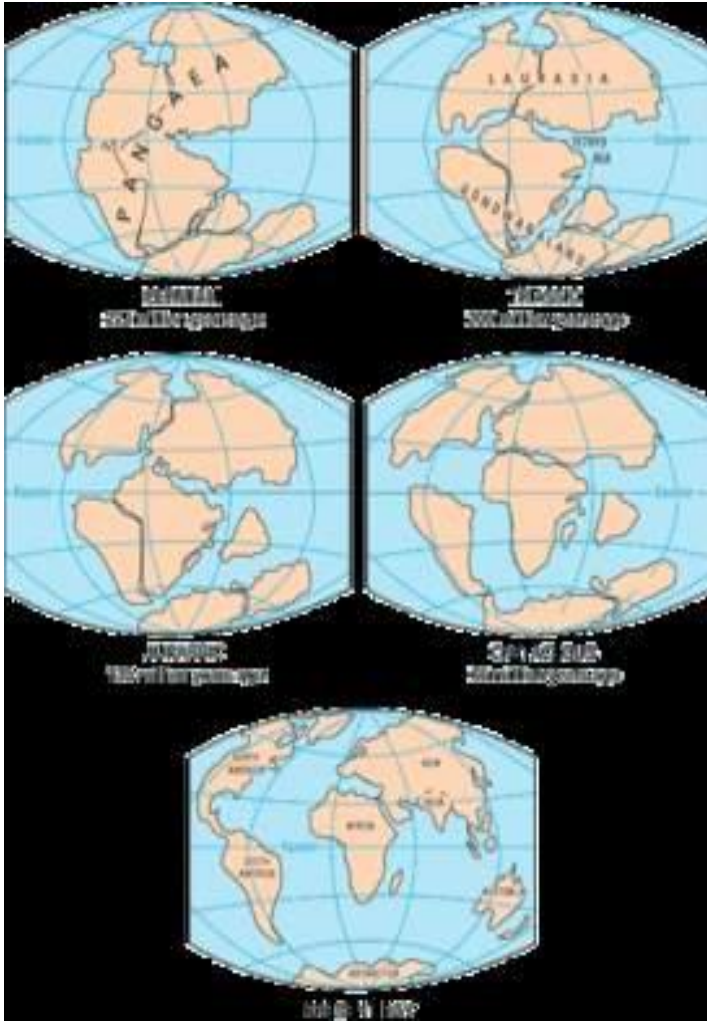
Şekil 4. Normal atımlı fay

ler, yeryüzünü kaplayan kırılğan yer kabuğu parçalarının (levhaların) birbirini itmesine ve onların hareket etmesine, buna bağlı olarak oluşan kırıklardan yanardağların püskürmesine, kıtalar arasındaki okyanusların açılmasına ya da kapanmasına neden olur, (Şekil 2 - 6).

Levhaların kıtasal kabukları, bazen birbirinden uzaklaşır bazen birbirine yaklaşırlar. Yaklaşma, okyanusal kabuğun kırılarak yerin içine doğru dalmasına neden olur. Fakat kıtasal kabuk kesimlerinin birbirinden uzaklaşan konveksiyon akımlarının etkisi altında kalmasıyla kabuk iki parçaya ayrılır ve parçalar birbirinden uzaklaşmaya başlarlar. Bu uzaklaşma iki parça arasında genişleyen bir okyanus ile büyüyen bir okyanusal kabuğun gelişmesine neden olur. Levhaların hareket hızları yılda 24 cm kadar değişiklik gösterir. Bu da Şekil 3'te görüldüğü gibi kıtaların konumlarında ve coğrafyasında sürekli değişikliklere neden olur, (Atabey 2000).



Şekil 5.



Şekil 6. Pangeadan bugünkü kıtalara



2. DEPREM

Yer sarsıntısı olarak da tanımlanan **deprem**, dünyanın kabuğundaki enerjinin aniden serbest kalması sonucunda sismik dalgalar yaratan, dünyanın yüzünün hissedilebilen sallanmasıdır. Yani yerküre içerisindeki kırık (**fay**) yüzeyleri üzerinde biriken şekil değiştirme enerjisinin aniden boşalması sonucunda meydana gelen ve böylece oluşan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzünü sarsması olayına **deprem** denir.

2.1. DEPREM PARAMETRELERİ

Herhangi bir deprem olduğunda, bunun tanımlanması ve anlaşılabilmesi için “**deprem parametreleri**” denen bazı kavramlar kullanılır. Bunlar:

Odak Noktası (Hiposantr)

Odak noktası, yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktadır. Bu noktaya **odak noktası** veya **iç merkez** denir. Gerçekte enerjinin çıktığı yer, bir nokta değil **fay düzlemi** üzerindeki bir alandır. Fakat uygulamada nokta olarak kabul edilir.

Dış Merkez (Episantr)

Dış merkez, odak noktasına en yakın olan yer yüzeyindeki noktadır. Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli olarak hissedildiği yerdir. Aslında bu bir alandır. **Depremin dış merkez alanı**, depremde açığa çıkan enerjiye ve derinliğe bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları yüzlerce kilometreyle belirlenebilir. Bu nedenle dış merkezin **episantr bölgesi** ya da **episantr alanı** olarak tanımlanması gerçeğe daha yakındır.

Odak Derinliği

Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzüne uzaklığı, **depremin odak derinliği** olarak adlandırılır.

Orta ve derin depremler daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde oluşur. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir. Buna karşılık yaptıkları hasar azdır.

Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilir ve bu alan içinde çok büyük hasar yapabilir, (AFAD 2004).

Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km arasındadır.

2.2. FAY

Yerkabuğundaki çeşitli ölçekteki kayma yüzeyleri yani üzerinde deprem olan ve hareket eden iki levha ya da levhacık arasındaki ara yüzey, **fay** olarak tanımlanır, (Şekil 7-15).

Diri Fay

Son tarihsel dönemde deprem oluşturmuş olan tüm faylar **diri faylar** olarak isimlendirilir. Bu fayların dirilikleri sadece yazılı tarihsel kataloqlardan değil aynı zamanda tarihi yapıları etkileyen faylanma işaretlerinden de anlaşılabilir. İki milyon yıldan daha yaşlı olmayan genç kuvaterner çökellerini kesen faylar, ötelenmiş genç akarsu yatakları, ötelenmiş akarsu – denizel şekiller, basınç sırtı ya da çöküntü gölcükleri, uzamış sırtlar gibi genç morfolojik şekiller oluşturmuş faylar, diri faylardır.

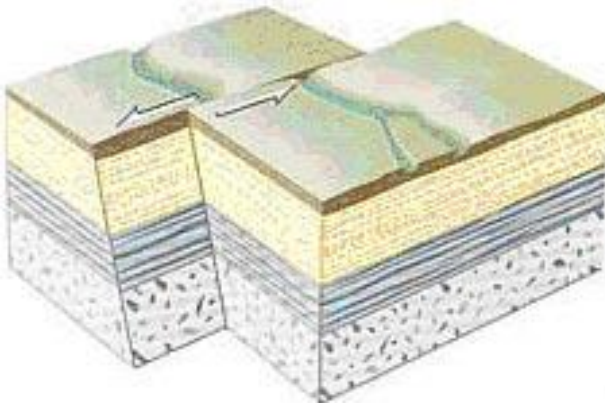
2.2.1. FAY TÜRLERİ

Faylar, oluşum türlerine göre sınıflandırılır:

Doğrultu Atımlı Fay

Bu tür fay düzlemleri, yeryüzüne 90 dereceye yakın dik bir konumda olan ve yerin içine doğru hafifçe eğimlenen yalnızca

yatay atımın oluşturduğu yanal atımlı faylardır. Bu faylar, atımlarına göre sağ ya da sol yönlü olabilirler. Kuzey Anadolu Fayı, sağ; Doğu Anadolu Fayı ise sol yönlü doğrultu atımlı faylardır, (Şekil 7).



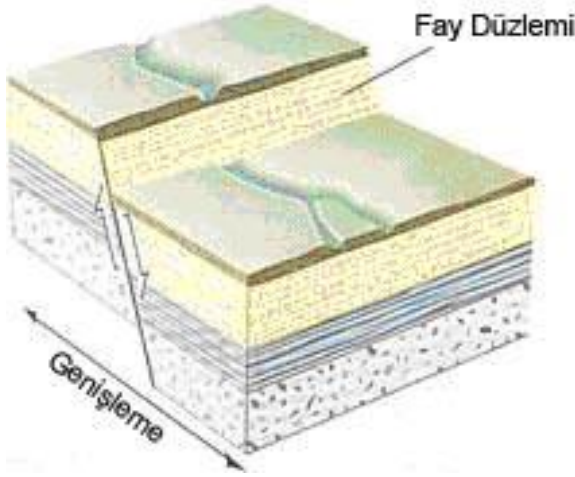
Şekil 7. Doğrultu atımlı fay

Normal Atımlı Fay

Bu tür faylarda fay düzleminin bir tarafındaki blok yükselirken diğer tarafındaki düşerek uzaklaşır. Burada hareket yine göreceli olarak gelişmektedir.

Bir başka deyişle bir blok yükselirken diğeri yerinde durabilir ya da bir taraf yerinde dururken diğere taraf düşebilir. Örneğin

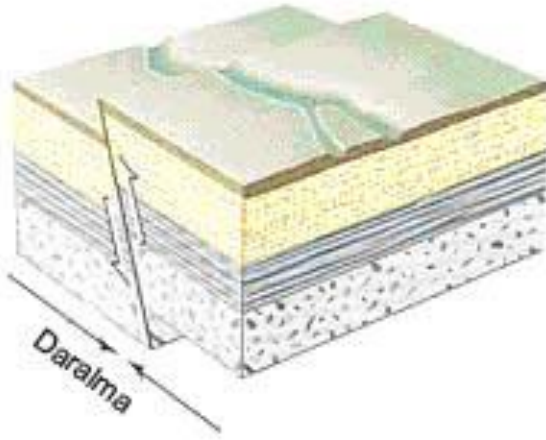
1970 Gediz ve 1995 Dinar depremleriyle ilgili faylar bu türden normal atımlı faylardır, (Şekil 8).



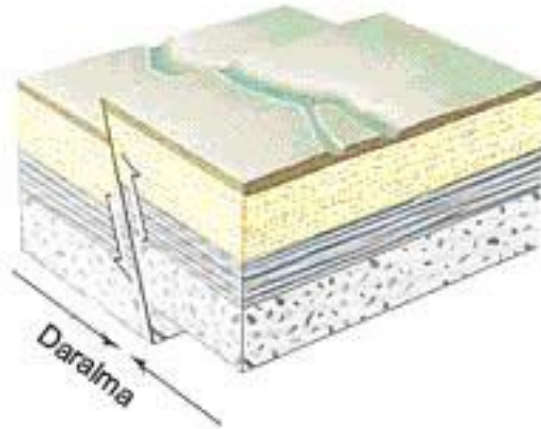
Şekil 8. Normal atımlı fay

Ters Atımlı Fay

Bu tür faylar da düşey atımlı faylardır ancak fay düzlemi boyunca hareket, eğim yönüne göre ters yönde olmakta ve bloklar birbirine yaklaşmaktadır. Örneğin 1975 Lice depremiyle ilgili faylar ters atımlı faylardır, (Şekil 9).



Şekil 9. Ters atımlı fay



Şekil 10. Oblik fay

Verev (Oblik) Fay

Fay düzlemi boyunca ortaya çıkan hareketin hem düşey hem de yatay yönde olduğu faylardır, (Şekil 10, AFAD 2014).



Şekil 11



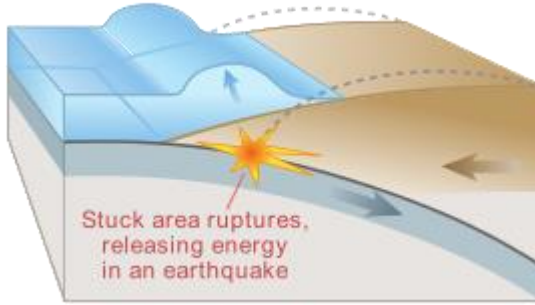
Şekil 12.



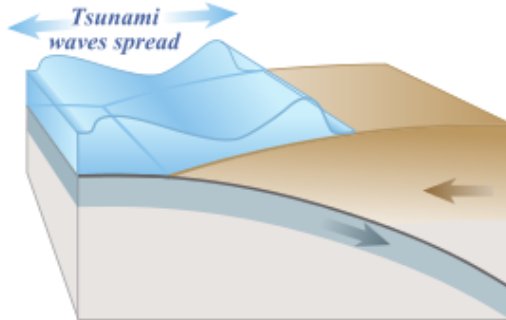
Şekil 13. Hindistan'da deprem etkisiyle çöken bir baraj

2.3. TSUNAMI

Tsunami, Japonca'da **liman dalgaları** demektir. Tsunaminin nedeni, genelde denizaltında gerçekleşen depremlerdir.



Şekil 14. Denizin altında oluşan deprem enerjisini suya aktarır.



Şekil 15. Serbest kalan bu enerji, tsunami dalgaları oluşturur.

Yunanlı tarihçi Tukididis (MÖ 460-395), tsunamilerin, denizaltı depremlerinden kaynaklandığını Peleponnes Savaşı'nın Tarihi adlı kitabında öne sürdü. Aradan ikibindörtüüz yıl geçmesine karşın tsunaminin oluşumu hakkında 20. yüzyıla kadar pek fazla bir şey bilinmemekteydi. Konu, günümüzde hala araştırılmaktadır.

Gök taşı düşmesi, deniz altındaki nükleer patlamalar, volkan patlaması ve bunlara bağlı taban çökmesi, zemin kaymaları gibi tektonik olaylar sonucu denize geçen enerji de tsunamiye neden olabilir.

Ayrıca kasırgalar da tsunamiye sebep olabilmektedir. Tropikal kasırğa gibi bazı meteorolojik olaylar, büyük alçak basınç alanları yaratarak denizi aşırı yükseltir ve bu **meteotsunamiler**e neden olabilir. Meteotsunamiler, deniz seviyesini gelgit normalinin birkaç metre üstünde çıkartabilir. Bu dev dalgalar kıyıya erişince etrafı suya boğarak tsunami etkisi yaratabilir.

Myanmar, 2008'de meteotsunami nedeniyle büyük yıkıma uğramış; 85.000 kişi ölmüş, 54.000 kişi kaybolmuştur.

Tsunami tek bir dalgadan oluşmaz, bir dalgalar serisidir. Büyük bir tsunamide bu dalga serisi, bir saatten daha uzun bir süre devam edebilir. Bu dalgaların şiddeti ve büyüklüğünün gittikçe azalacağı garanti edilemez.

Karaya vurduklarında dev boyutlara ulaşmalarına rağmen, açık okyanusta tsunami dalgalarının yüksekliği bir metre kadardır. Dalga uzunluğu, yani iki dalga arasındaki uzaklık 40

metreyi bulabilir. Dalgaların hızı ise saatte 800 kilometreye kadar ulaşabilir.

Tsunami okyanusun sığ bölgelerine ulaştıkça, dalga uzunluğu daralır ve dalga yüksekliği artar, hızı ise azalarak saatte 80 kilometreye düşer.

Tsunamiyi önceden tahmin etmek neredeyse imkansızdır. Ancak kıyılardaki sular aniden çekilirse, birkaç dakika önceden uyarı yapmak mümkün olabilir. Bu da dalgalar arasındaki boşluğun kıyıya, dalganın tepe noktasından önce varacağı durumlarda mümkündür, (Wikipedia).

2011 Tōhoku depremi ve tsunamisi, 11 Mart 2011'de, Japonya'nın Tōhoku bölgesinde 9,0 Mw büyüklüğünde gerçekleşti. Merkez üssü Tōhoku bölgesinin doğu kıyısında, yerin 24.4 km derinliğinde olan depremin şiddeti 9.0 olarak açıklandı.

Deprem sonrasında bölgede yüksekliği 37.9 metreye varan tsunami dalgaları meydana geldi.

Bu tsunami ülkede çok büyük yıkıma yol açtı. Depremde 15828 kişi hayatını kaybetti ve 3760 kişi kayıp olarak bildirildi. Fukushima Nükleer Elektrik Santrali, kara ve demiryolları ağır hasar gördü, çeşitli yerlerde yangınlar çıktı ve bir baraj yıkılarak bölgeyi su basmasına neden oldu. Kuzeydoğu Japonya'da 4.4 milyon ev elektriksiz, 1.5 milyon ev ise susuz kalmış, deprem sonrasında gıda sıkıntısı meydana geldi, (Wikipedia).



Şekil 16. Tsunami (Japonya Fukushima)



Şekil 17. Tsunami (Japonya Fukushima)



Şekil 18.Tsunami'den sonra Fukishima

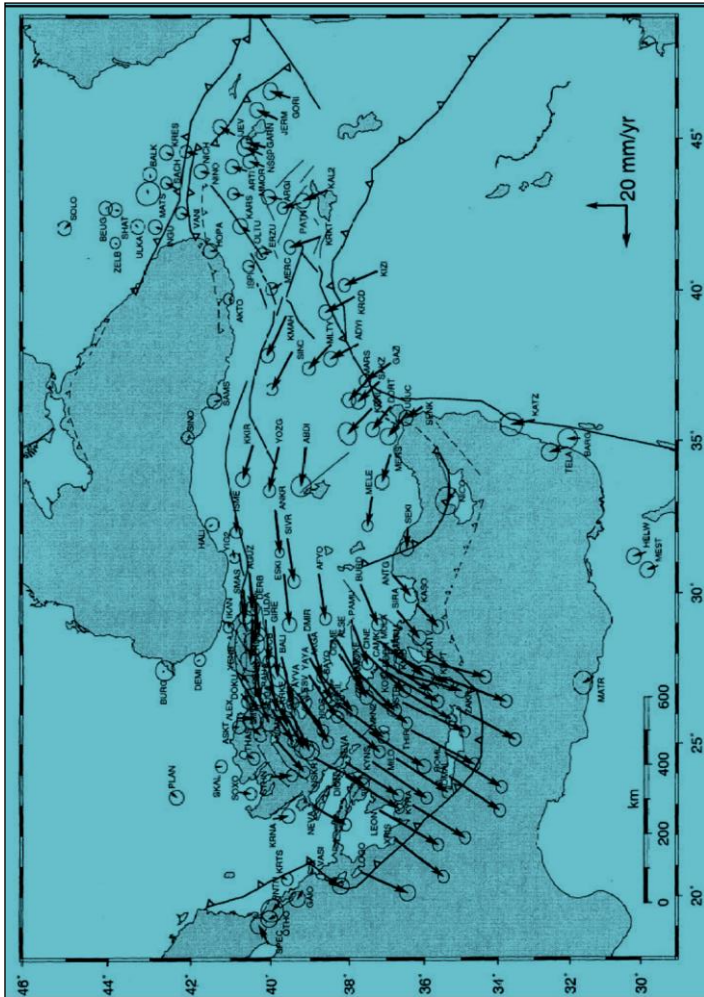
Bu iki ana fay zonunun dışında Ege Bölgesi, açılma rejimine uygun olarak ve Doğu Anadolu Bölgesi ise sıkışma rejimi nedeniyle yıkıcı nitelikte depremlerle karşılaşmaktadır.

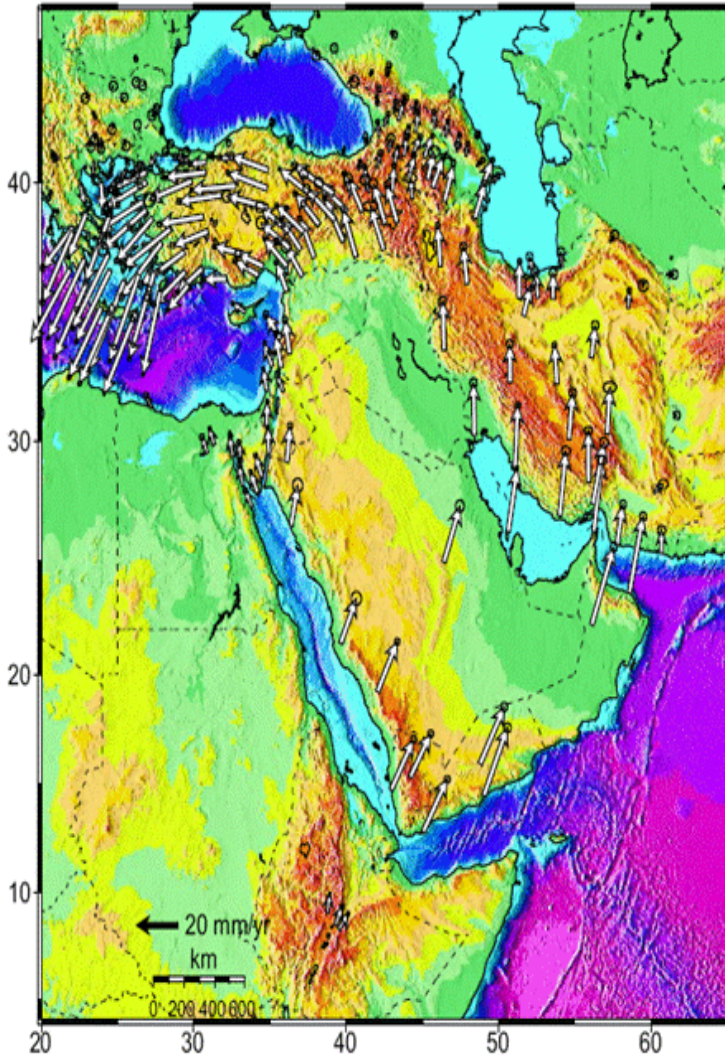
Ege'nin yükselmesinde Girit – Rodos dalma batma zonunun da önemli etkisi vardır.

Depremlerin oluşumunun dünya genelinde ve ülkemizde belirli bir düzeni vardır. **Levha tektoniği** ile açıklanan bu düzen birçok gözlemle kanıtlanmıştır. Daha önce belirttiğimiz gibi **manto** denen akışkan yer katmanının üzerindeki kabuk, hareket halinde birçok levhadan oluşmaktadır. Bu hareketler sırasında levha kenarlarında ve levha içlerinde enerji birikmektedir. Bu kuvvet, kabuk mukavemetini aştığı anda enerji açığa çıkmakta ve depremler oluşmaktadır.

Türkiye ve çevresinin sismotektonik özelliklerine bakıldığında, yıkıcı deprem tehdidi hemen hemen %80 dolayındadır. Bu sismotektonik yapıyı oluşturan, iki ana fay sistemidir. Yukarıda değinildiği gibi bunlardan ilki **Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)**, ikincisi ise **Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)**'dur. Bütün tektonik gelişmeler bu iki fay zonunun denetimi altındadır. KAFZ, 17 Ağustos 1999 Kocaeli- Gölcük Depremi ($M_s=7,6$) Marmara fayının aktivitesini başlatmıştır. Doğudan batıya bakıldığında sırasıyla Gemlik, Bursa, Erdek, Çanakkale bölgelerindeki ikinci derece kollar ve levha içi depremler, KAFZ'ın etkisi altındadır. 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi, Erzincan 1939 depreminden ($M_s=8$) sonra yüzyılın ikinci büyük depremidir. Bunlar, etkileri ve faylanma özellikleri açısından **kent depremi** niteliğindedir.

Levhaların sıkışması sonucu, **levha-içi** (intra-plate) **depremler** de oluşabilmektedir. 1938 Kırşehir ($M_s=6,8$) ve 1976 Çaldıran





Şekil 21. Arap levhası ile birlikte Türkiye'nin tektonik hareketleri, (Relinger et al 2006)

Son zamanlarda hızla gelişen **GPS** (Global Positioning System=**Küresel Konum Belirleme Sistemi**) teknolojisiyle levhaların yer değiştirme hızlarının gerçel (absolüt) olarak ölçülmesi, Türkiye ve yakın çevresini etkileyen gerilme kuvvetlerinin yönü ve büyüklüğünün, veri temelinde belirlenmesini sağlamıştır.

Vektörlerin hızlarının Batıya doğru ve özellikle güney batıya doğru arttığı, Marmara Denizi'nde yılda 2-2,5cm olduğu saptanmıştır. Bu hareket, Ege Denizi'nde özellikle Girit'in kuzeyinde yılda 3,5-4cm dolaylarına çıkmaktadır. Bu bilgiler Girit dalma-batma zonunun yakın bir gelecekte büyük depremler üreteceği anlamına gelmektedir.



Şekil 23. Yanal atılımlı fay



Şekil 24. Yolu kesen yanal atımlı fay (1999 Gölçük)



Şekil 25. Doğrultu atımlı fay (1999 Düzce)



Şekil 26. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi



Şekil 27. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi



Şekil 28



Şekil 29. 2011 Van depremi

Tablo 1. Türkiye’deki büyük depremler

TARİH	YER	BÜYÜKLÜK	KAYIP
13.12.115	Antakya	7,5	260 000
19.5.526	Antakya	8	300 000
1268	Klikya	7	60 000
10.9.1509	İstanbul	7,2	10 000
17.8.1668	Anadolu	8	8 000
29.4.1903	Malazgirt	6,7	600
9.8.1912	Tekirdağ Mürefte	7,3	216
4.10.1914	Burdur	6,9	300
13.9.1924	Erzurum Horasan	6,8	60
31.3.1928	İzmir	6,5	50
18.5.1929	Sivas Suşehri	6,1	64
4.1.1935	Balıkesir Erdek	6,4	5
19.4.1938	Kırşehir	6,6	160
22.9.1939	İzmir Dikili	6,6	60
26.12.1939	Erzincan	7,8	32 700
15.11.1942	Balıkesir Bigadiç	6,1	16
20.12.1942	Tokat Erbaa	7,0	3 000
20.6.1943	Adapazarı Hendek	6,6	336
26.11.1943	Samsun Ladik	7,4	4 000
1.2.1944	Bolu Gerede	7,5	3 959
6.10.1944	Balıkesir Ayvalık	6,8	30
17.8.1949	Bingöl Karlıova	6,8	450
13.8.1951	Çankırı Kurşunlu	6,9	50
18.3.1953	Çanakkale Yenice	7,2	265
16.7.1955	Aydın Söke	6,8	23
25.4.1957	Muğla Fethiye	7,1	67
25.5.1957	Bolu Abant	7,1	52
6.10.1964	Balıkesir Manyas	7,0	23
19.8.1966	Muş Varto	6,7	2 396

22.7.1967	Adapazarı Mudurnu	7,2	89
3.9.1968	Bartın	6,5	29
28.3.1969	Manisa Alaşehir	6,5	53
28.3.1970	Kütahya Gediz	7,2	1 086
22.5.1971	Bingöl	6,9	1 000
6.9.1975	Diyarbakır Lice	6,6	2 385
24.11.1976	Van Muradiye	7,5	3 840
30.10.1983	Erzurum	6,9	1 155
13.3.1992	Erzincan	6,8	498
1.10.1995	Afyon Dinar	6,1	90
27.6.1998	Adana Ceyhan	6,2	146
17.8.1999	İzmit	7,4	17 118
12.11.1999	Düzce	7,2	894
3.2.2002	Afyon Sultandağı	6,5	44
27.1.2003	Tunceli Pülümür	6,1	1
1.5.2003	Bingöl	6,4	177
17.10.2005	İzmir	5,7	-
18.10.2005	İzmir	5,9	-
20.10.2005	İzmir	5,9	-
8.3.2010	Elazığ Karakoçan	6,1	41
19.5.2011	Kütahya Simav	5,8	2
23.10.2011	Van	7,2	601
9.11.2011	Van	5,6	5
7.10.2015	Antalya Demre	5,5	-



4. AFET YÖNETİMİ

Deprem, yeraltında biriken enerjinin aniden açığa çıkmasıyla oluşan bir doğa olayı olarak adlandırılmasına karşın saniyelerle anılan zaman dilimi içinde yıkıcı etkisiyle uygarlıkları bile yok edecek bir afete dönüşebildiği için afet türleri içinde en öncelikli sırada yer almaktadır, (Şekil 27-31).

Ülkemizde özellikle kent depremleri olarak adlandırılan 17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce yıkıcı depremlerinden hemen sonra zarar azaltma politikaları, afet yönetim yapılanması içerisinde yeniden değerlendirilip geliştirilmiş ve canlandırılmıştır.



Şekil 30. Deprem paniği

Günümüzde dünya genelinde yapılan çalışmaları incelediğimizde sel, Tsunami vb birçok afeti, oluşmadan önce tespit ederek halkın uyarılması yönünde çalışmalar başarılımışken depremle ilgili bir iki örnek dışında henüz istenilen aşamaya gelinememiştir.

Öncelikle can kayıplarını önlemeye yönelik risk azaltma çalışmaları kapsamında ele alınması gereken, depremin önceden belirlenmesi çalışmasıdır.

Ülkemizde çağdaş anlamda afet yönetiminin tartışılmasına, 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinden sonra başlanmıştır. Bu iki deprem, faylanma özellikleri ve etkileri

açısından yukarıda değinildiği gibi kent depremleri niteliğindedir.



Şekil 31. Mutlu haber: Bu genç kurtuldu

Ardından meydana gelen 1999 Doğu Marmara, 1999 Düzce-Kaynaşlı ve 2011 Van-Erciş depremleri de afet kavramı ve afet yönetimi açısından köklü değişimler yapmayı ve önlemler almayı gerekli kılmıştır. Bu süreçte, **tehlike** ve **risk** kavramları öne çıkmıştır. Deprem zararlarının azaltılması, risklerin azaltılması kavramı ile özdeş hale gelmiştir.



Şekil 32

Afetlerle ilgili mücadelede temel amaç, can ve mala gelebilecek zararı en aza indirmektir. Bu mücadelede öncelikle can kayıplarının azaltılması hedeflenir.

Dünya ölçeğinde Türkiye, yıkıcı depremlere en fazla uğrayan ülkelerden biridir. Bunun nedeni sismotektonik yapısı ve bu tehlikeye uyum sağlamayan, yasalara uymayan, denetimsiz kentleşmedir. Bu durum ise yaşanabilecek yıkıcı büyüklükteki bir depremde can kayıplarının daha da artmasına neden olacaktır.

Kentsel riskler tüm afet yönetim çalışmalarının yanısıra depremi önceden belirleme konusunda yapılan çalışmaları da önemli kılmaktadır.

Afet yönetiminin temel amacı, afete uğrayan insanları kurtarmak ve en kısa sürede normal yaşam koşullarını sağlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmenin olmazsa olmaz koşulları, bilgi, deneyim, planlama ve eşgüdümdür.

Afet yönetimi odaklı bakıldığında, afetle ilgili temel kavramların anlaşılması önceliklidir. Bu kavramların anlaşılması, kurum ve kuruluşlar arasındaki ortak terminolojinin oluşturulmasının da ön koşuludur.



Şekil 33. Depremde ilk anlar



Şekil 34. Kurtarma ekibi iş başında

4.1. AFETLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Afet, toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay, müdahalede kaynağın yetersiz kalma durumu olarak ifade edilebilir (Işık et al 2012).

Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi için

toplumca yapılması gereken topyekûn mücadele sürecine **afet yönetimi** denir. Bu, afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla, afet öncesi, sırası ve sonrasında alınması gereken önlemler ve yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, imkan ve kaynaklarının belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını gerektiren çok yönlü, çok disiplinli ve çok aktörlü; dinamik ve karmaşık bir yönetim sürecidir. Çalışmaların başarısı büyük ölçüde bir sonraki evredeki çalışmaların başarısını etkilediği için bu döngü iç içe geçmiş zincir halkaları veya dairelerle gösterilmektedir, (AFAD 2014). Kısaca afet yönetimi afetle baş edebilme, afetlerin etkisini kısa sürede gidererek iyileştirme yeteneğidir.

Yukarıda değinildiği gibi afet yönetiminin temel gayesi, afete uğrayan insanları ve diğer canlıları kurtarmak ve en kısa sürede normal yaşam koşullarını sağlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmenin olmazsa olmaz koşulları:

- * **gerekli bilgi,**
- * **deneyim,**
- * **planlama ve**
- * **eşgüdüm'**

dür.

Afet yönetimi sistemi, birbirinden ayrı ama birbirini tamamlayan iki yönetim sisteminden oluşur:

a) Risk yönetimi (zarar azaltma + hazırlık)

b) Acil durum (kriz) yönetimi.

Kökenleri ve gelişim hızları ne olursa olsun tüm afet olayları ile ilgili faaliyetler, aşağıdaki dört ana aşamaya ayrılmaktadır:

1- Zarar azaltma,

2- Hazırlıklı olma,

3- Olaya müdahale,

4- İyileştirme.

Bu aşamalardan ilk ikisi herhangi bir afet olmadan önce, diğer ikisi ise afet anı ve sonrasında yapılan faaliyetleri kapsamaktadır.

Afet yönetim süreci bir döngüyü belirtmektedir. Zarar azaltma ve hazırlık aşaması ile başlayan bu döngü, afetten sonra müdahale, iyileştirme ve yeniden inşa ile devam etmektedir.

Tehlike belirleme:

*** afet önlem,**

*** zarar azaltma,**

*** güçlendirme,**

*** iyileştirme,**

*** hazırlık,**

*** eğitim,**

*** erken uyarı,**

*** destek,**

*** acil afet yönetimi**

gibi olgularla bu döngü içinde yerini bulmalıdır. Bu aşamalarda yapılması gereken faaliyetler, birbirlerinden bağımsız değildir. Aksine bunlar, iç içe geçmiş, birbirlerini takip etme zorunluluğu olan ve bir önceki aşamada yapılan çalışmaların başarısının bir sonraki aşamadaki çalışmaların başarı ve verimliliğini büyük ölçüde etkileyen ve süreklilik göstermesi gereken faaliyetlerdir.

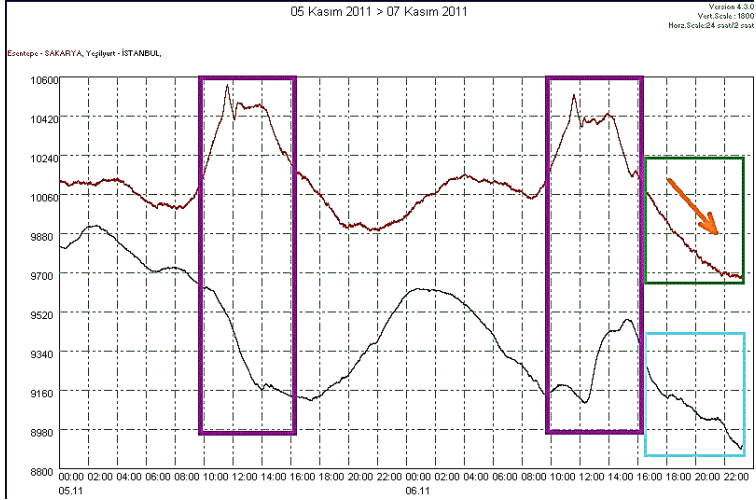
Tehlike ve risk kavramları çoğunlukla birbirine karıştırılır. Ama bunlar, afet yönetiminin zarar azaltma safhasında ortaklaştırılması gereken kavramlardır.

Tehlike, olası bir tehdidi, can ve mal kayıplarına neden olmanın yanısıra sosyoekonomik düzen ve etkinliklere zarar verme potansiyeli olan herşeydir.

Risk ise yapılara, yerleşime, sanayiye, insanların güvenliğine olabilecek etkileri ifade edecek bir olgu olarak değerlendirilmelidir.

Bir örnek verecek olursak Marmara Bölgesi içinde belirlenen faylar ve onların kinematik ve dinamik özellikleri ve depremlerin gerçekleşme olasılıkları tehlikeyi ifade etmektedir. Bu bölgedeki yerleşim, yapılaşma, sanayi, nüfus yoğunluğunun özellikleri ve zemin yapısı ise riski oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi'nde hiçbir yerleşim ve yapılaşma olmasaydı tehlike olmasına karşın risk olmayacaktı.

Sismik risk ise bir bölgede belirli büyüklükteki bir depremin gerçekleşme olasılığıdır.



5. DEPREMLERİN ÖNCEDEN BELİRLENMESİ

Depremın episantrı, derinliği, şiddeti ve etki süresi çok önemlidir.

Deprem düşey ve yatay bileşenleriyle tanımlanabilen üç boyutlu dalgalar üretir. Bu dalgaların düşey bileşenlerinin genlikleri, yatay bileşenlerine göre daha küçüktür; genellikle fazla etkili olmazlar. Oysa yatay bileşenlerinin genlikleri daha büyüktür ve etkili olurlar.

Deprem dalgaları, kaya gibi sert zeminlerden hızla geçer gider ama gevşek ve dolgu zeminlerden kolaylıkla geçip gidemezler. Böylece art arda gelen dalgalar, bu tür zeminlerde üst üste gelerek büyür ve zemindeki suyu açığa çıkarır. Üzerindeki bina ağırlığı nedeniyle aşağıya doğru çökerken zeminde açığa çıkan su yarınlardan yukarı kaçır. Buna **zemin sıvılaşması** denir.

Zeminin yapısı yani deprem dalgası geçirgenliğinin az olmasının başka bir etkisi daha vardır. Depremler sadece olduğu yerde değil yukarıda açıklanan nedenle uzaktaki bir alanda da yıkıcı olabilir. Örneğin 1999 Gölcük depreminde olduğu gibi üzerine gelen dalgaları geçiremeyen veya iletemeyen 100 kilometre uzaktaki İstanbul Avcılar'da deprem dalgaları birikip büyüyerek büyük bir yıkım yapmıştır. Gölcük depreminde meydana gelen ağır hasarın % 5'i, orta hasarın %20'si ve hafif hasarın % 16'sı İstanbul Avcılar'da oluşmuştur.

Bu bakımdan neresi olursa olsun yapılacak inşaatlarda zeminin yapısı çok önemlidir; Kaya ve benzeri sert zeminler tercih edilir; Dolgu veya yumuşak zeminlerden kaçınılır.

Depremin derinliği de önemlidir. Derinlik azaldıkça etkisi büyür. Aksine daha derinde oluşan aynı şiddetteki bir deprem daha az etkili olur.

Depremin süresi son derece önemlidir. Uzun süre devam eden depremin etkisi daha büyük olur.

5.1. DEPREM ERKEN UYARI, ÖNCEDEN BELİRLEME ve TAHMİNİ

Özellikle erken uyarı, depremi önceden belirleme ve deprem tahmini birbirine karıştırılabilen kavramlardır. Bu sakıncaları önlemek için kavramları tekrar gözden geçirmek yararlı olacaktır

5.1.1. DEPREM ERKEN UYARI (EARLY WARNING)

Gelmekte olan tehlike veya tehdidin kaynağı, yeri, zamanı, şiddeti veya büyüklüğü, olasılığı, muhtemel etkileri

belirlenerek, resmî kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan duyurular, **erken uyarı (early warning)** olarak tanımlanır. Erken uyarının afete hazırlık çalışmaları içinde çok önemli bir yeri vardır. Amaç, mümkün olduğu kadar çok sayıda insana hızla ulaşarak onları tehlikelere karşı, zamanında ve gerektiği gibi davranmalarına imkân tanıyacak şekilde haberdar etmek, can kayıpları ve yaralanmalar ile ekonomik kayıpları azaltabilmektir.

5.1.2. DEPREMİ ÖNCEDEN BELİRLEME (DEPREM ÖNDEYİ) (EARTHQUAKE PREDICTION)

Depremi önceden belirleme kapsamındaki bazı terimler de birbirine karıştırılmaktadır. Gelecekte olabilecek bir depremin yeri, zamanı ve büyüklüğünün bilimsel olarak kabul gören çok disiplinli yaklaşım ve yöntemler kullanılarak büyük bir doğrulukla belirlenmesine yönelik çalışmaya **depremin önceden belirlenmesi (öndeyi / earthquake prediction)** denir.

5.1.3. DEPREM TAHMİNİ (EARTHQUAKE FORECASTING)

Belirli bir bölgede, belirli büyüklükteki bir depremin öngörülen belirli bir zaman içerisinde meydana gelme olasılığının, bilimsel olarak kabul gören yaklaşım ve yöntemlerle tahmin edilmesi sürecine **deprem tahmini (earthquake forecasting)** denir, (AFAD 2014).

Depremleri önceden belirleme çalışmalarının temel amacı, depremin nerede, ne zaman, kaç büyüklükte olacağının kabul edilebilir aralıkta, bilimsel olarak saptanmasıdır.

Depremi önceden belirleme ve tahmin çalışmalarının tarihçesini incelediğimizde, özellikle 1960'lı yıllardan itibaren başta Japonya, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin olmak üzere pek çok ülkede çeşitli araştırmalar yapılmaya başlandığı görülür. Bu çalışmalarda,

- *Yerin manyetik alanı,*
- *Elektrik alanı,*
- *Elektromanyetik alanı,*
- *Sıcaklık, nem ve atmosferik basınç,*
- *Gravite,*
- *Sismik hızlar (V_p , V_s),*
- *Depremsellik,*
- *Mikro deprem etkinliği,*
- *Yeraltı su seviyesi,*
- *Radon gazı çıkışı,*
- *Kaplıca su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri,*
- *Bitki ve hayvanların davranışlarındaki anormallikler*

gözlenmektedir.

Başarılı olarak belirlenen depremlerin başında,1975 yılında Çin'de meydana gelen $M=7,3$ büyüklüğündeki Haicheng depremi vardır. Bu depremden önce bölgedeki öncü değişimler dikkatli bir şekilde izlenmiş, analizler yapılmış ve bölgede bulunan halk depremden önce uyarılarak önlemler alınması sağlanmıştır. Böylece yüz binlerce kişinin hayatı kurtarılmıştır, (Ergünay 2002).

Bu depremden yaklaşık bir buçuk yıl sonra 1976 yılında $M_s=7,8$ büyüklüğünde meydana gelen Tangshan depreminde bazı öncüler gözlenirse bile Haicheng Depremi'ndeki gibi bir öndeyi ve uyarı yapılamamış bu da depremin önceden belirlenmesi konusundaki iyimserliğin azalmasına neden olmuştur.

Araştırmalar bu başarısızlığın etkisiyle azalmıştır.

Ama Amerika Birleşik Devletleri'nde Kaliforniya eyaletinde San Andreas fayının Parkfield bölümünde 1857, 1881, 1901, 1922, 1934 ve 1966 yıllarında meydana gelen depremlerin incelenmesi, tekrarlanma aralıklarının düzenli olmasından dolayı karakteristik özellik gösterdiklerinin ortaya koyulması, önceden belirleme çalışmalarının tekrar başlatılmasına neden olmuştur. Bu çalışmaların sonunda 1985 ile 1993 yılları arasında bir deprem meydana geleceği belirtilmiştir. Beklenen deprem, 1993 yılına kadar meydana gelmemiş hatta tekrarlama aralığını on yıl kadar aşarak 2004 yılında olmuştur.

Ancak bu depremin beklenen deprem olup olmadığı konusunda bilim adamlarının farklı görüşleri vardır (Aksade 2014).

Depremi önceden belirleme konusunda ülkemizde de önemli çalışmalar yapılmıştır. Bunun ilk örneği, birçok üniversite ve kurumun alet donanımları ile insan kaynaklarının yanısıra Alman ve daha sonra Japon araştırmacıların katılımıyla yapılan "Depremlerin Önceden Belirlenmesi, Zararlarının Azaltılması Türk-Alman Ortak Projesi" dir. Bu araştırma, 1984 yılında başlatılmıştır. 17 Ağustos 1999 İzmit depreminden önce bu proje kapsamında kurulan istasyonlarda çeşitli anomaliler gözlenmiştir.

Ayrıca bu projeden başka ülkemizde özellikle son yıllarda dar kapsamlı da olsa bazı üniversiteler ve kurumlarda kısa süreli çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir.

5.2. DEPREMİN ÖNCEDEN BELİRLENMESİYLE İLGİLİ AVRUPA ETİK KURALLARI

Depremi önceden tahmini ile ilgili bilgiler, bilim ve toplum arasındaki ilişkileri düzenleyen sağlıklı etik kurallarına uygun olarak sunulmazsa, toplum üzerinde dramatik etkiler yaratabilir. Yanlış tahmin paniğe yol açabilir ve halkta bilim adamları ile kamu yetkililerine karşı güvensizlik yaratarak sosyal, psikolojik, politik, ekonomik vb. sakıncalı sonuçlara neden olabilir.

Deprem tahmini üzerinde çalışan bilim adamlarının profesyonel davranışlarının temel ilkesi, dürüstlük olmalıdır. Bilim adamlarının topluma, kamu yetkililerine, kuruluşlarına, meslektaşlarına ve medyaya karşı sorumluluklarının bilincinde olarak tarafsız davranmaları ve sahip oldukları bilgiyi insanlığın yararına kullanmaları gerekir.

Bir bilim adamı, yürüttüğü araştırmalar sonucunda bir depremi önceden tahmin etme noktasına gelirse, **Depremi Önceden Belirlenmesine İlişkin Avrupa Etik Kuralları** (ECECEP = European Code of Ethics Concerning Earthquake Prediction) uyarınca aşağıdaki işlemleri özenle yerine getirmelidir:

- ***Bilim adamı, depremi tahmin etmesine yol açan bilimsel verilerin ve yöntemlerin geçerliliğini diğer bilim adamlarına danışarak doğrulamalı ve bağlı***

bulunduğu veya bünyesinde çalıştığı bilimsel ve teknik kuruluşların üst yöneticilerini yaptığı çalışmalar hakkında bilgilendirmelidir.

- ***Bilim adamı, yaptığı tahminleri çalıştığı ülke yetkililerinin dikkatine sunmakla görevlidir. Bunun hangi yollarla yapılacağı önceden belirlenmelidir. Bilim adamı, depremle ilgili tahminleri hakkında medyaya veya topluma rastgele bilgi vermemelidir. Yalnızca, kendisine bu konuda yetki verilmiş veya kendisinin kamu yetkililerince bu amaçla görevlendirilmiş olması durumunda, kamu yetkililerince uygun görülen yolları kullanarak, toplumu bilgilendirmelidir.***

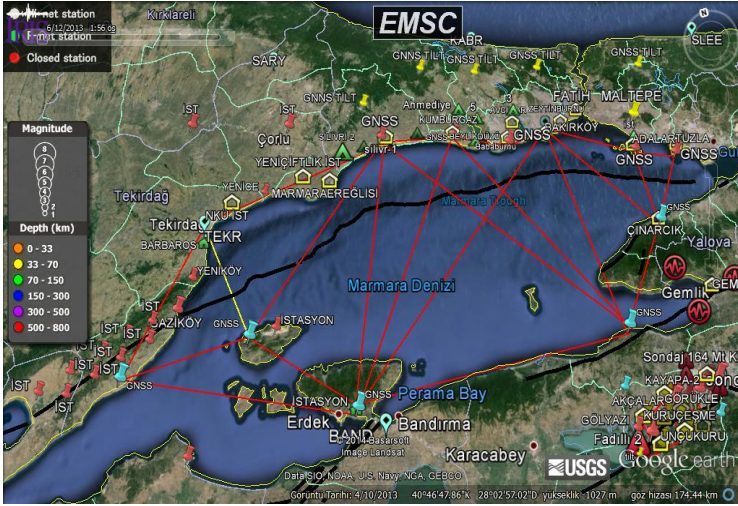
ECECEP eğer gerek ve olanak varsa, deprem tahmini alanında her ülkede bir Ulusal Değerlendirme Komitesi kurulması önerilmektedir.

Avrupa Deprem Danışma Komitesi ise Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG) ile diğer uzmanlaşmış bilimsel Avrupa kuruluşlarına danışılarak, Avrupa Sismoloji Komitesi (ESC) tarafından önerilen en fazla on beş bilim adamından oluşur.

Avrupa Deprem Danışma Komitesi'nin gerektiğinde başvurabileceği bir danışmanlar listesi hazırlanır.

Avrupa Danışma Komitesi'nin yazmanlığı, Açık Anlaşma (Open Partial Agreement) yazmanlığı tarafından üstlenilecek ve anlaşma danışmanlarınca, Avrupa Sismoloji Komisyonu ile işbirliği yapılarak desteklenecektir.

Avrupa Deprem Danışma Komitesi üyelerinin görev süresi altı yıl olacak ve bu süre uzatılamayacaktır. Üyelerin yarısı her üç yılda bir yenilenecektir (udk.tubitak.gov.tr).



6. DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME İSTASYONLARI AĞI ve DEĞERLENDİRME MERKEZİ KURULUMU

Türkiye, jeolojik yapısı, topoğrafyası ve iklim özellikleri nedeni ile başta depremler olmak üzere insanlar için afet sonucu doğuran tüm tehlike ve tehditlerle sık sık karşılaşmış, deprem ve diğer afetlerle baş edebilme konusunda Cumhuriyet döneminden bu yana önemli gelişme ve deneyimler sağlamış bir ülkedir. Ancak ülkemizde son dönemde yaşanmakta olan hızlı göç, denetimsiz kentleşme ve hızla gelişen sanayileşme süreçleri, kentlerimizi çevresel ve insani kaynaklı tehlikelere karşı savunmasız bırakmıştır. Bu durumun canlı örneğini talihsiz 1999 Doğu Marmara ve Düzce depremi ile tecrübe eden Türkiye, önlenmesi mümkün olmayan fakat zararları

enaza indirgenebilecek deprem felaketine karşı hazırlıklı olmaya verilmesi gereken önemin ancak farkına varmıştır.

Kentleri oluşturan temel ögelerin nicelik ve nitelik olarak büyüyüp çoğalması ve çeşitlenmesi, işlev ve ayrıntı düzeyinin yükselmesi, bir yerleşim yerinin kent sayılıp sayılmayacağının da bir ölçüsü sayılmaktadır. Günümüz kent / bölge planlamasının ve kentsel dönüşüm planlamalarının hedeflerinden en önemlisi, insanlara sağlıklı ve güvenli bir yaşam sağlamaktır.

Doğal risklerin en tehlikelilerinden biri olan depremleri incelersek bütün dünyada yılda ortalama 700 adet hasar yaratıcı deprem meydana geldiğini görürüz. Bunlar arasında kentsel bölgelerdeki depremler, en yıkıcı doğal afetler arasında yer almaktadır.

Ülkemizde meydana gelen yaklaşık 120000 aileyi evsiz bırakan 1999 Kocaeli depremindeki toplam kayıpların (fiziksel ve sosyo-ekonomik) 20 milyar USD civarında olduğu tahmin edilmektedir, (Erdik et al 2000).

Türkiye'nin coğrafi büyüklüğü ve tarih boyunca yaşanan yıkıcı felaketler gözönüne alındığında depremin, diğerleriyle kıyaslanmayacak büyüklükte ulusual bir doğal afet türü olduğu gerçeği ortaya çıkar.

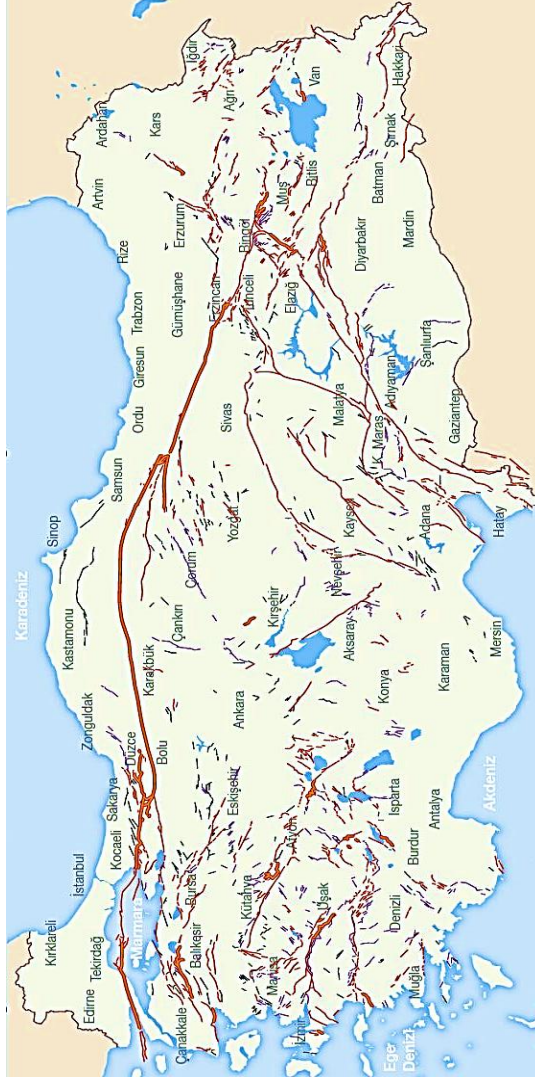
Zira deprem dışındaki diğer afet zararları, belirli bir bölgeyle sınırlı kalmakta ülkenin tümünü etkilememektedir, (Ergünay 2002). Depremlerin önceden yer, zaman, şiddet, süre ve derinlik bazında belirlenmesi çalışmaları henüz mümkün olmamakla beraber bu yöndeki çalışmalar bilim ve teknolojinin tüm olanakları kullanılarak devam etmektedir.

Bu belirsizliklerine rağmen deprem hasarlarına karşı alınacak önlemlerle, deprem sonucu ortaya çıkan maddi hasar ve sosyo-ekonomik kayıpların makul seviyelere indirilmesi olanaklıdır. Bu konuda kent yerel yöneticilerine, kentsel planlama, arazi kullanımı ve yapıların denetimi konusunda önemli görevler düşmektedir. Yerel yöneticilerin kent halkı ile olan yoğun ve direkt ilişkileri, deprem zararlarının azaltılmasına yönelik bilgilerin transferini ve genel anlamda halkın depremlere karşı bilinçlendirilmesini olanaklı kılmaktadır, (Erdik et al 2000).

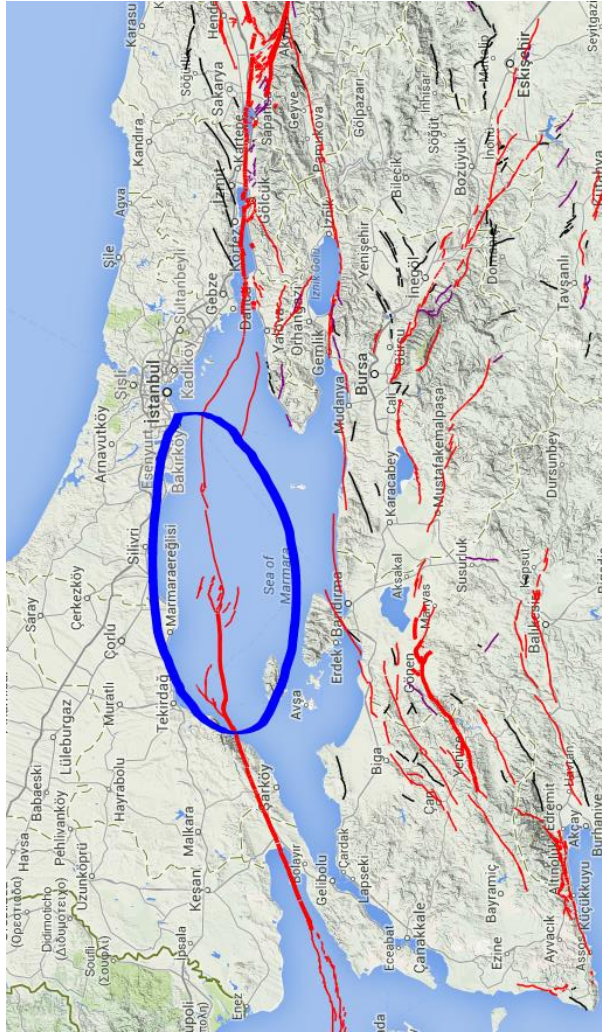
Sık sık depremlere ve volkanik aktivitelere maruz kalan Japonya, geliştirmiş olduğu deprem erken uyarı sistemiyle, olası büyük bir depremin çok az hasarla atlatılabilmesini büyük ölçüde sağlamıştır. Kurduğu sismometre istasyonlarından elde ettiği verilerle depremi 15 saniye öncesine kadar tahmin edebilen; bu zaman zarfında da elektrik, doğalgaz, asansör gibi deprem anında büyük tehlike yaratabilecek sistemlerin kapatılmasını sağlayan sistem, pek çok insanın depremden en az zararla kurtulabilmesine olanak sağlamıştır.

Deprem konusunda riskli bir bölge olması göz önüne alındığında, Türkiye’de de böyle bir çalışmanın yapılması gerekliliği açıktır. Belirli aralıklarla gözlem istasyonları kurup farklı disiplinlere ait yöntemlerle izleme yapmak, deprem olma riskinin elde edilen veriler ışığındaki öngörüyü ve muhtemel depremlere karşı insanların hazırlıklı oluş seviyelerinin arttırılmasını sağlayacaktır.

1999’da İzmit’te meydana gelen deprem sonrasında Kuzey Anadolu fay hattının komşu segmentlerde kırılmayan kısmı,



Şekil 35. MTA tarafından yapılan 1999'dan günümüze kadar olan dönemde hareketlilik gösteren deprem fay hatları



Şekil 36. Marmara Denizi'nde Çanakkale Boğazı'na doğru uzanan Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın olası büyük bir depremde kırılacağı düşünülen fay parçası

İstanbul açıklarından Çanakkale Boğazı'na doğru uzanan kesimdir, (Şekil 35,36). Burada meydana gelebilecek büyük bir deprem çok büyük bir il olan İstanbul'u ve çevre illeri yakından ilgilendirmektedir.

6.1. DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME İSTASYONLARI ve MERKEZİ KURULUMU PROJELERİ

Yıkıcı etkilerinden korunmak amacıyla depremin oluş zamanının, yerinin, derinliğinin, süresinin ve büyüklüğünün belirli güvenilirlikte, önceden kestirilebilmesi için sık aralıklı ve çok iyi donanımlı deprem izleme istasyonları kurularak yavaş yer hareketleri ve bazı deprem öncü işaretleri, çeşitli aletlerle sürekli olarak takip edilir ve elde edilen veriler yorumlanır.

Japonya örneğinde olduğu gibi bir deprem öncü işaretleri izleme istasyonları ve izleme merkezi kurma projesi, pek çok parametresi olan depremi, öncesinde tahmine yöneliktir. 10-15 km aralıklarla inşa edilecek bu istasyonlara, önemli parametreleri sürekli olarak ölçüp kaydedecek nitelikte cihazlar yerleştirilir. Kaydedilen veriler, hazırlanacak bir matematiksel modelle değerlendirilerek olası depremin tahmin edilmesi hedeflenir.

Deprem öncesinde yer altındaki kayaçların fiziksel değişimleri, yer üstünde farklı özelliklerde gözlemlenir ve duygalarla algılanır. Bunlar, kayaçlar arasında oluşan gerilmelerden meydana gelen elektrostatik alan, self potansiyel, manyetik alan değişimi, yerin elektrik direnci (rezistivite), yer yamulmaları (Uydularla Küresel konum belirleme) ölçümleri, yeraltı radon ve metan gazı çıkışı, iyonosfer üzerinde meydana gelen değişimler, atmosferik değişimler, kuyu suları

sıcaklıklarındaki değişimler ve hayvanlardaki davranış değişimleri vb. parametreler depremi önceden belirlemede yol gösterici olarak literatürde yer almıştır.

Bu düşüncelerin ışığında, Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın komşu segmentlerinin söz konusu kırılmayan kısmında olası bir depremi önceden belirlemek için bu hattın kuzey ve güneyinde kısa aralıklarda gözlem istasyonları kurarak bir gözlem ağı oluşturulması; bu istasyonlarda yukarıda belirtilen parametreleri sürekli ölçerek veri toplayıp değerlendirme gerektiği tüm açıklığıyla ortaya çıkar, (Şekil 34).

Bunu gerçekleştirmek amacıyla İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi'nden bazı öğretim üyeleri ile Doğa Hareketleri Araştırma Derneği üyeleri biraraya gelerek iki ayrı proje önerisi hazırlamışlar ve mali destek arayışına girişmişlerdir.

İstasyon binalarının inşasının ve gerekli aletlerin temin edilmesinin, belirli bir maliyeti vardır. Bunları karşılamak üzere hazırlanan projeler, ilk önce Adalar, Arnavutköy, Avcılar, Bakırköy, Beylikdüzü, Büyükçekmece, Çekmeköy, Eyüp, Fatih, Kadıköy, Küçükçekmece, Silivri, Tuzla ve Zeytinburnu Belediye Başkanları ve Beylikdüzü Kaymakamı'na ayrı ayrı sunulmuş ve kurulacak gözlem ve merkez istasyon binalarının arsalarının sağlanması ve inşaatlarının yapılması için destek sağlanmışır.

Ölçüm aletlerinin sağlanması için İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA), Afetlere Hazırlık Mali Destek 2013 ve 2014 yılı programlarına iki ayrı projeyle başvurulmuştur.

2013 yılında **Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı Kurulumu** ve 2014 yılında **Deprem Öncü İşaretleri İzleme ve Değerlendirme Merkezi Kurulumu** Projelerimize, İSTKA'dan destek alınmıştır.

Bu iki proje, birbirinin devamı ve tamamlayıcısı niteliğindedir. **Projelerin ortak ve temel amacı**, risk azaltma çalışmaları kapsamında ele alınması gerken, **öncelikle can kayıplarını en aza indirmeye yönelik depremin önceden belirlenmesidir**.

Ülkemizde bu yöndeki çalışmalar içerisinde en çarpıcı çalışma olarak değerlendirilen bu projelerin yürütücülüğünü, sağladığı bürokratik kolaylıklar nedeniyle Doğa Hareketleri Araştırma Derneği üstlenmiştir. Proje ortakları, İstanbul Kültür Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi ile Adalar, Arnavutköy, Avcılar, Bakırköy, Beylikdüzü, Büyükçekmece, Çekmeköy, Eyüp, Fatih, Kadıköy, Küçükçekmece, Silivri, Tuzla ve Zeytinburnu Belediyeleridir.

Projeler, Marmara Bölgesi'nin Şekil 33'te gösterilen kısmında olası bir depremin önceden belirlenmesine yönelik **çok parametrelili izlemeye** dayanmakta ve

- **deprem öncü işaretleri verilerini toplama ve değerlendirme sisteminin kurulması,**
- **toplanan veriler üzerinde çeşitli algoritmalarla bir model ve bilgisayar programı geliştirilmesi ve**
- **böylece deprem zararlarının en aza indirgenmesi**

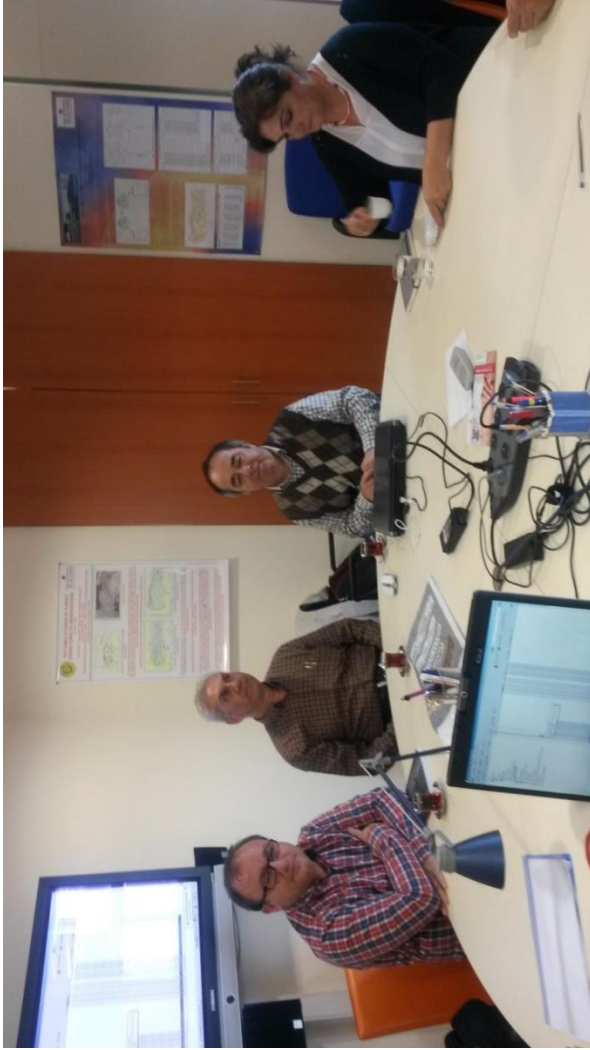
hedeflenmektedir. Kurulan istasyonlarda sürekli ölçülüp kaydedilen verilerle depremlerin çok disiplinli ve sistematik



Şekil 37. Marmara Bölgesi Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı



Şekil 38. Bir Proje Yönetim Kurulu toplantısı



Şekil 39. Bir proje değerlendirme toplantısı

Tablo 2. Deprem İzleme İstasyonları ve Merkezi koordinatları

İSTASYON	ENLEM	BOYLAM
MERKEZ (BEYLİKDÜZÜ)	40° 58' 39,51"	28° 39' 39,21"
AVCILAR	41 01 08,45	28 42 28,80
BAKIRKÖY	40 57 31,39	28 48 45,43
BEYLİKDÜZÜ 1	40 58 32,24	28 39 58,69
BEYLİKDÜZÜ 2	40 58 31,70	28 36 29,83
BÜYÜKÇEKMECE 1	41 02 00,74	28 28 42,29
BÜYÜKÇEKMECE 2	41 03 13,49	28 23 40,08
BÜYÜKÇEKMECE 3	41 00 04,49	28 32 37,64
FATİH	40 59 37,87	28 55 27,44
KÜÇÜKÇEKMECE	41 03 31,58	28 47 10,23
SİLİVRİ 1	41 04 25,27	28 12 32,50
SİLİVRİ 2	41 02 51,24	28 01 30,24
SİLİVRİ 3	41 03 32,56	28 19 57,33
TUZLA	40 49 08,20	29 16 47,72
ZEYTİNBURNU	40 59 00,46	28 53 32,04
ÇATALCA 1	41 13 49,72	28 29 30,52
ÇATALCA 2	41 19 01,29	28 05 30,47

Tablo 3. Deprem izleme istasyonlarındaki ölçme aletleri

İSTASYON	G P S	E Ğ İ M Ö L Ç E R	S İ S M O M E T R E	S T A T İ K A L A N Ö L Ç E R	T E R M O M E T R E	B A S I N Ç Ö L Ç E R	N E M Ö L Ç E R	T O P R A K N E M İ Ö L Ç E R	R Ü Z G A R H İ Z İ Ö L Ç E R
AVCILAR			+	+	+	+	+	+	+
BAKIRKÖY			+	+	+	+	+	+	+
BEYLİKDÜZÜ 1	+		+	+	+	+	+	+	+
BEYLİKDÜZÜ 2		+	+	+	+	+	+	+	+
BÜYÜKÇEKMECE 1	+		+	+	+	+	+	+	+
BÜYÜKÇEKMECE 2			+	+	+	+	+	+	+
BÜYÜKÇEKMECE 3			+	+	+	+	+	+	+
FATİH			+	+	+	+	+	+	+
KÜÇÜKÇEKMECE			+	+	+	+	+	+	+
SİLİVRİ 1	+		+	+	+	+	+	+	+
SİLİVRİ 2		+	+	+	+	+	+	+	+
SİLİVRİ 3		+	+	+	+	+	+	+	+
TUZLA	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ZEYTİNBURNU			+	+	+	+	+	+	+
ÇATALCA 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ÇATALCA 2	+		+	+	+	+	+	+	+

mühendislik araştırmalarıyla izlenmesini sağlayacak bir yöntem oluşturulmaya çalışılmaktadır, (şekil 37-44).

Projelerde, Türkiye’de afet yönetim yapılanması içinde konunun yerini ve önemini gösteren; Avrupa Etik Kuralları çerçevesinde değerlendirilebilme yetisine sahip bir yapılanma oluşturulması gereğine özellikle dikkat edilmiştir.

Tablo 2’de İstanbul’da Silivri’den Tuzla’ya 8-10km aralıklarla kurulan ve GPS, sismometre, tiltmetre, statik alan probu, sıcaklık, basınç, nem, toprak nem, rüzgar sensörleri ve kameralarla donatılan dokuz adet örnek **deprem öncü işaretleri izleme istasyonu** ve bu istasyonlarda yapılan gözlemler hakkında bilgi verilmektedir. Bunlardan elde edilen veriler, kesintisiz olarak Merkez’e gönderilmekte ve burada değerlendirilmektedir, (şekil 48-56).

Bundan başka DOHAD’ın gerçekleştirdiği Tablo 4’te gösterilen ve bir kısmı Kuzey Anadolu Fay Hattı’nın kuzeyinde bir kısmı da güneyinde kalan deprem öncü işaretleri izleme istasyonları da bu ağa bağlanmıştır.

Mayıs 2016’ya kadar özellikle Bursa bölgesine yerleştirilmiş dokuz istasyonda kaydedilen verilerle Manyas’ta meydana gelen 4,4 şiddetinde ve Ege Denizi’nde meydana gelen 6,2 şiddetinde depremler önceden tahmin edilebilmiştir.

İstanbul’da kurulan istasyonlar ile Bursa’da bulunan bazı istasyonlara yerleştirilen Global Navigation Satellite System (GNSS/GPS) alıcılarında kaydedilen verilerle iyonosfer ve troposfer hakkında da bilgi edinilmektedir. Böylelikle troposferdeki sıcaklık değişimleri ile istasyonlarda yüzeyde ve 100 m derinlikte okunan ve yüzey sıcaklığından bağımsız

sıcaklık verisinin birlikte değerlendirilmesi, parametrik izleme yapma olanağı sağlanmaktadır.

Tablo 4. DOHAD'ın Bursa Nilüfer'de kurduğu istasyonlar

İSTASYON	ENLEM	BOYLAM
FETHİYE	40° 13' 36.90"	28° 58' 32.60"
ÇALIMERKEZ	40° 10' 05.81"	28° 55' 15.76"
ÇALITEPE	40° 10' 00.09"	28° 54' 44.35"
AKÇALAR	40° 11' 05.06"	28° 43' 13.42"
GÖRÜKLE	40° 12' 59.08"	28° 48' 55.83"
KURUÇEŞME	40° 07' 39.89"	28° 49' 23.16"
ATLAS	40° 07' 36.10"	28° 53' 03.79"
UNÇUKURU	40° 07' 06.50"	28° 44' 04.66"
KAYAPA-2	40° 11' 46.34"	28° 49' 32.99"
HASANAĞA	40° 10' 04.44"	28° 46' 50.38"
KAYAPA	40° 10' 21.56"	28° 50' 35.19"
FADILLI-1	40° 07' 19.23"	28° 39' 40.73"
ÖZLÜCE	40° 14' 19.21"	28° 54' 31.89"
KENTORMAN	40° 11' 15.69"	28° 59' 35.61"
ÜRÜNLÜ	40° 12' 12.47"	28° 52' 53.55"
ALAADDİNBEY	40° 12' 13.44"	28° 55' 20.08"
KÜLTÜR	40° 12' 10.32"	28° 57' 40.84"
KARAMAN	40° 12' 46.86"	28° 59' 55.47"
FADILLI2	40° 08' 44.78"	28° 42' 58.35"
BALAT	40° 16' 04.12"	28° 55' 47.37"
GÖLYAZI	40° 10' 11.77"	28° 41' 04.32"
BADIRGA	40° 15' 05.56"	28° 41' 27.63"
DAĞYENİCE	40° 09' 20.94"	28° 57' 39.12"

Özetle, söz konusu izleme ağı ile sismik veriler, kayaç gerginliği değişimleri, hava sıcaklıkları, açık atmosfer basıncı, hava nemi, rüzgar hızı, yağmur miktarı, yağışa hazır su buharı miktarı, plaka hareket vektörleri, sürekli yer hareketleri ivme değerleri vs izlenmektedir.

GNSS alıcılarından oluşturulan GPS ağıyla yer hareketleri gibi yerde meydana gelecek enerji ve akustik hareketin atmosfere yükselmesiyle atmosferde yarattığı etkiler ve değişiklikler de izlenebilmektedir, (Ürüşan 2014).

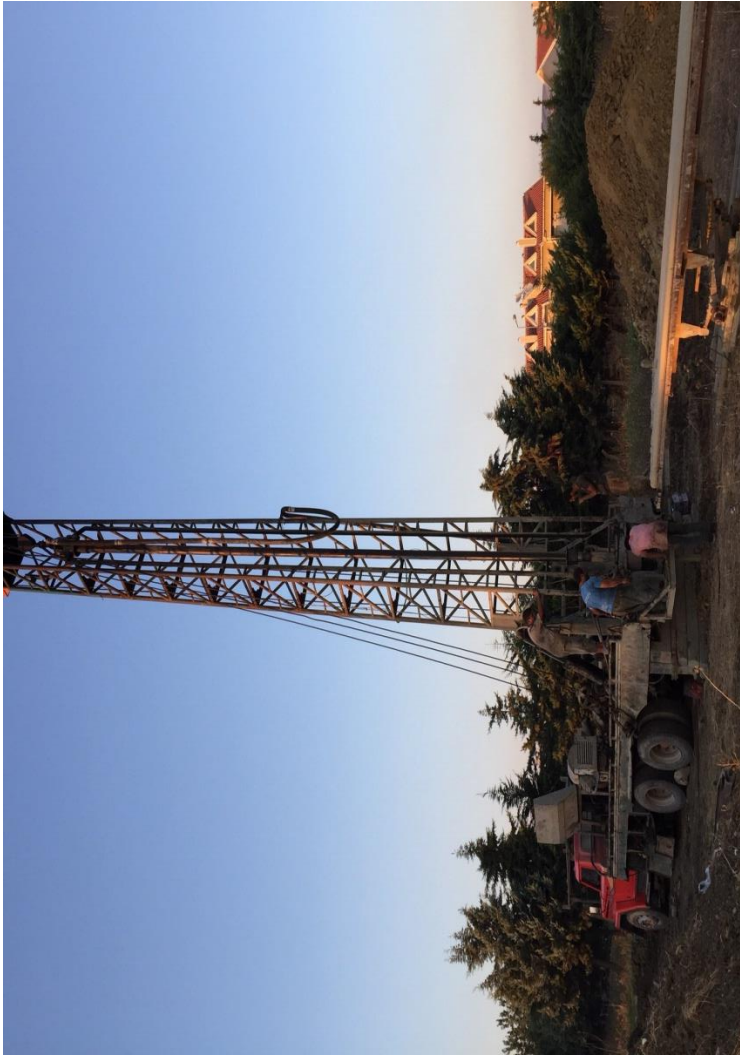
Bunun yanı sıra yağışa hazır su buharı miktarı da yine GNSS verilerinden öğrenilebilmektedir.

İstasyonların her birinde meydana gelen lokal hareketler, hız vektörleri şeklinde gösterilebilir. Bu veriler, bölgenin veya plakanın hareket yönü ve hızı hakkında bilgi verir.

İstasyonlarda kullanılan cihazların geliştirilmesi ve bunlarla <yapılacak ölçümlerden elde edilecek verilerin analiz edilerek bir sistematığının çıkarılması, parametreler arasında entegrasyonun sağlanması ve bu yolla anomalilerin tespiti, bu kapsamında yapılacak olan AR-GE faaliyetleridir. Bunlar, depremlerin önceden tahmin çalışmalarına önemli katkıda bulunacaktır.

6.2. İSTASYON YERLERİNİN SEÇİMİ, BİNALARIN YAPIMI ve ALETLERİN YERLEŞTİRİLMESİ

Fay hatlarının geçtiği yerler MTA-Diri Fay Haritası incelenmiş ve buna göre istasyon yerleri, ilgili fay hattına yakın olacak şekilde belirlenmiştir, (Şekil 46, 47)



Şekil 40. İstasyon yeri belirlemek için yapılan bir zemin sondajı

Yerel yönetimlerle yapılan görüşme sonucunda bir protokol imzalanmasının ardından haritadan belirlenen uygun 4-5 yerde zemin etüdü yapılmış ve kurulacak istasyonun yeri saptanmıştır, (Şekil 37).

İstasyon binaları 20 m² taban alanlı; bir bodrum ve bir zemin katı olmak üzere iki katlı olarak tasarlanmıştır. Binalar, mevcut fay hatlarının iki tarafına, faya 1-2 km uzaklıkta, birbirlerine 8-10 km aralıklarla sağlam kaya zemin üzerine inşa edilmiştir, (Şekil 40, Şekil 41).

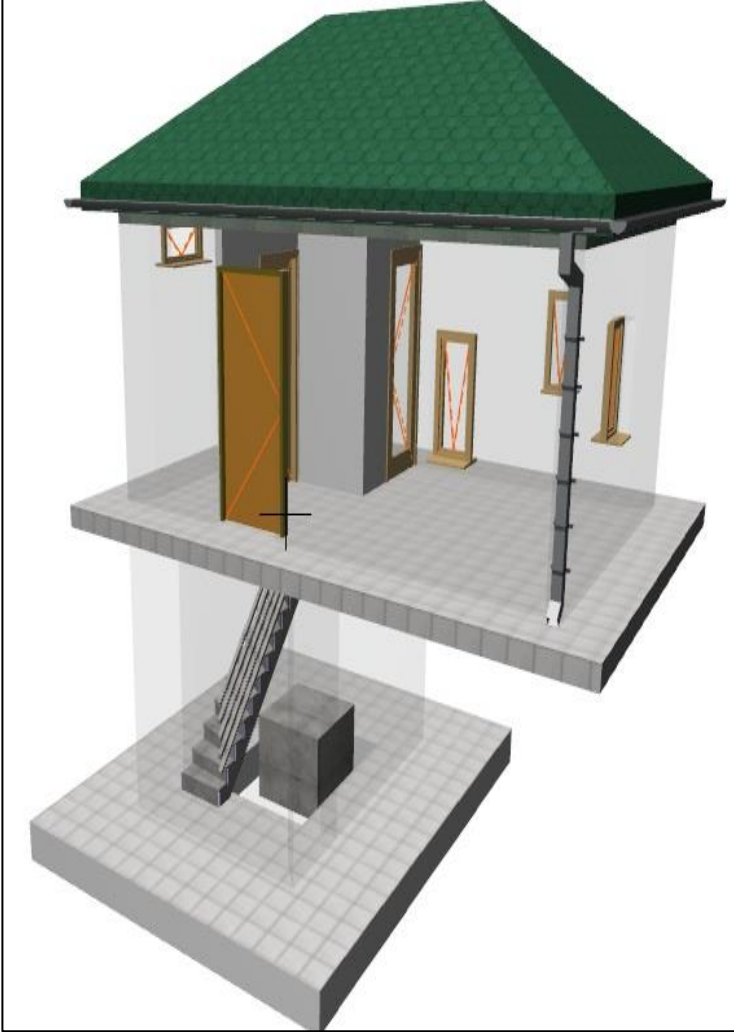
İstasyon binaları için bir prototip mimari plan hazırlanmış; statik ve betonarme hesapları yapılmıştır. Her belediye, kendi fen işleri müdürlüğü aracılığıyla bu plana sadık kalarak inşaatı tamamlamış ve kullanılır duruma getirmiştir, (Şekil 42).

Merkez binasının tasarımı ve inşası, Beylikdüzü Belediyesi teknik elemanlarınca proje ekibinin istekleri gözönünde bulundurularak yapılmıştır, (Şekil 43).

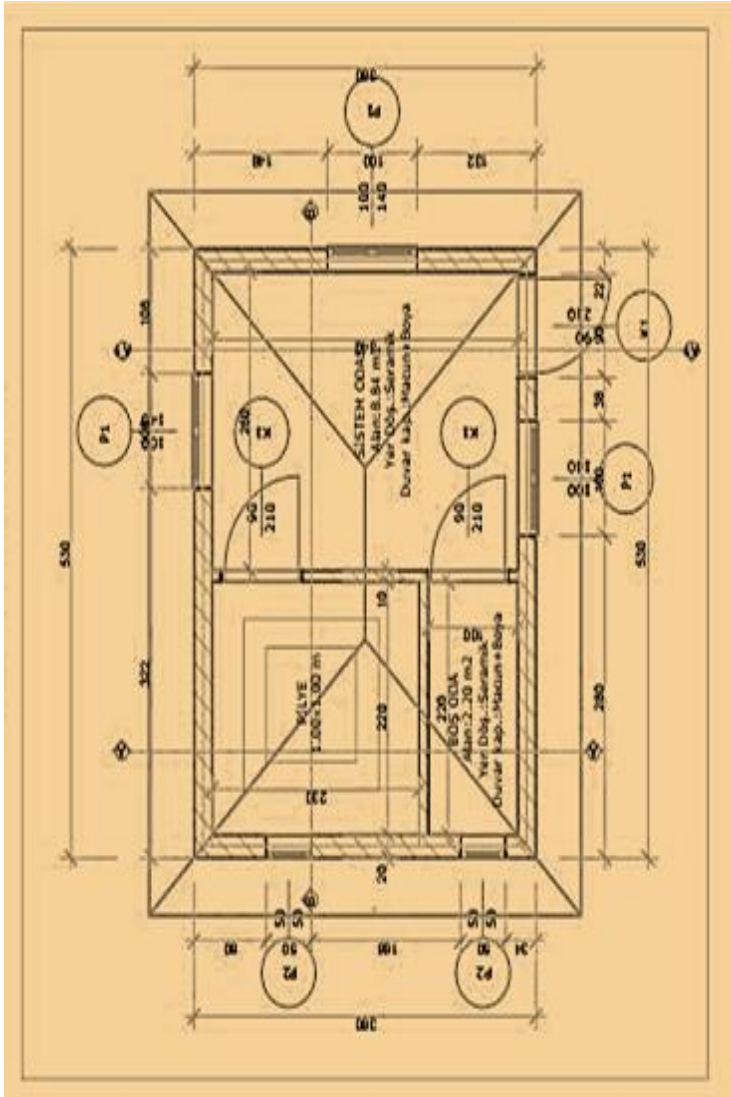
6.3. KULLANILAN ALETLER VE ÖZELLİKLERİ

Sismometre

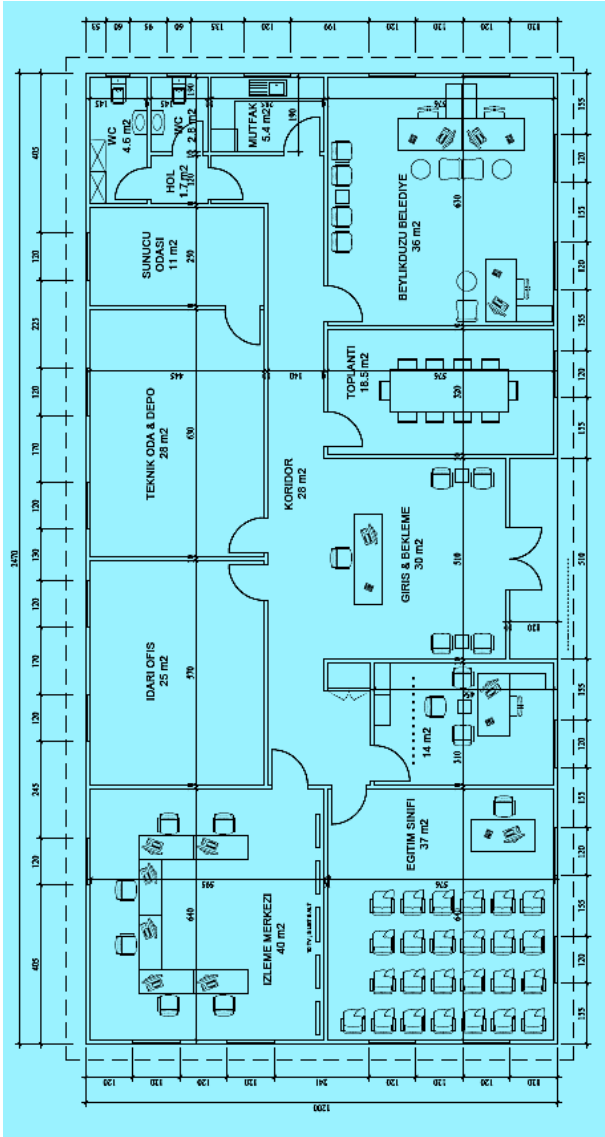
Yer üstü gürültülerinden etkilenmemesi için Sismometre cihazları ya alt katta inşa edilen beton blok üzerine monte edilmiş ve/veya sondajla yeraltı yapısına göre 60 m veya daha fazla derinliğe sondajla yerleştirilmiştir, (Şekil 41, Şekil 44).



Şekil 41. İstasyon binası (prototip)



Şekil 42. İstasyon binasının zemin kat planı



Şekil 43. İzleme Merkezi binası planı



Şekil 44. Sismometre için beton kaide yapımı

Elektrostatik Kayaç Gerginliği Ölçüm Cihazı

Elektrostatik kayaç gerginliği ölçümleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrostatik Kayaç Gerginlik İzleme Yöntemi ile Deprem Tahmini Projesi'nin uygulaması niteliğindedir. Burada çok düşük frekanslı (VLF) ve pek düşük frekanslı (ULF) yerküre kaynaklı elektriksel yük yayınları ölçülmektedir. Yeryüzüne yakın, atmosferde tek kutuplu küresel kapasiteli probalar aracılığıyla yapılan ölçümler özel olarak geliştirilmiş işaret işleyicilerle değerlendirilmekte ve olan deprem öncesi ölçülen verilerle, olması muhtemel depremlerin yaklaşık yer ve zaman aralıkları belirlenmeye çalışılmaktadır.

Küresel Konum Belirleme (GNSS) Aleti

GNSS (Global Navigation Satellite System), yaklaşık 20 250 km yukarıdaki uydular yardımıyla konum belirleme sistemidir.

CORS (Continuously Operating GPS Reference Stations System) ise GNSS sistemine dayalı olarak haftanın her günü 24 saat kesintisiz konum belirleme sistemi olarak tanımlanır. 2008 yılında ülkemizde CORS TR (TUSAGA Aktif) adıyla 147 istasyonluk bir ulusal küresel konum belirleme sistemi kurulmuştur. Projemizde görev yapan İstanbul Kültür Üniversitesi öğretim üyeleri tarafından gerçekleştirilen bu sisteme bağlanılarak Türkiye'nin her yerinde gece gündüz sürekli olarak $\pm 2\text{-}3\text{cm}$ doğrulukla konum belirlenebilmektedir, (Uzel T., Eren K. 2010, Eren K., Uzel T. 2010). Proje tamamiyle TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Deprem İzleme Projesi kapsamında kurulan deprem izleme istasyonlarına yerleştirilen GNSS aletleri, bir saniye aralıklarla

kendi koordinatlarını birkaç milimetre doğrulukla hesaplayabilmektedirler.

CORS TR (TUSAGA Aktif)'in en büyük özelliği, noktaların konumlarını bağıl değil gerçel (absolüt) olarak belirlemesidir. Böylece bir noktanın koordinat değeri, bir saniye sonra değişmişse o noktanın konumunun kesinlikle değiştiği yani hareket ettiği anlamına gelir. Bu verilerden, noktanın hareket vektörleri de bulunabilir.

Bu nedenle deprem izleme istasyonlarına GPS aletleri yerleştirilerek sabit referans noktalarının koordinatları sürekli kaydedilmekte ve zaman içinde hareketleri gözlenmektedir.

GNSS, konum ve hareket bilgisinin yanı sıra, uydularından gönderilen elektromanyetik dalgaların istasyona gelirken iyonosfer ve troposfer tabakalarından geçişi esnasında meydana gelen gecikmelerdeki değişikliklerden etkilenir. Bu değişiklikler, bir anlamda, her iki tabakadaki aktiviteler hakkında bilgiler içerir.

Deprem sırasında yerden yukarıya doğru yükselen yüksek enerji, iyonosferi de etkilemekte ve bu tabakada bazı değişiklikler yapmaktadır. GNSS sinyalleri incelenerek olası deprem hakkında tahmin çalışmaları, son zamanlarda hız kazanmıştır.

Termometre, Higrometre, Barometre

Özellikle istasyonlarda kaydedilen atmosferik sıcaklık, nem ve basınç verileri, GNSS verileriyle bir araya getirildiğinde çok anlamlı sonuçlar verebilmektedir.

Uydulardan çıkıp sırasıyla boşluktan, iyonosferden ve troposferden geçerek GNSS antenine ulaşan elektromanyetik dalgalar yardımıyla troposfer hakkında meteorolojik, özellikle yağışlar konusunda bilgiler sağlanabilmektedir, (Şekil 52).

Tiltmetre

Tiltmetreyle (eğimölçerle) yeryüzündeki eğilme veya yükselmeler, mikron değerindeki ölçülüp kaydedilmektedir, (Işık et al 2015). Elde edilen verilerin önemi, Almanlar tarafından kurulmuş olan Taşburun istasyonunda 17 Ağustos 1999 depreminin 3 gün öncesinde kaydedilen anomalide açıkça görülebilmektedir, (Şekil 42).

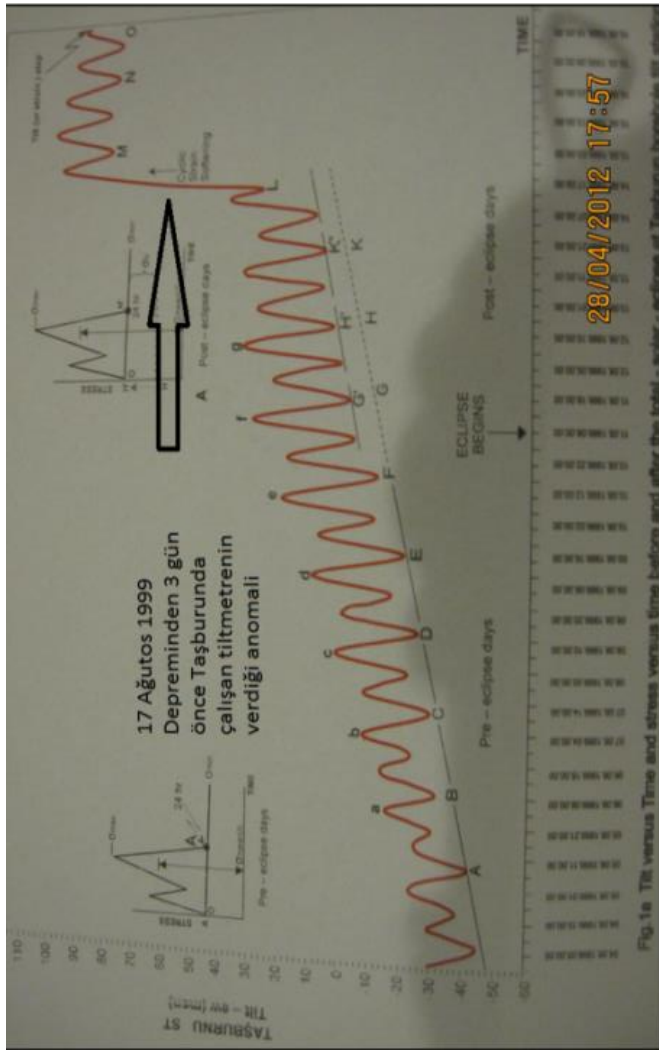
Radon Gazı Ölçüm Cihazı

Radon radyoaktif bir gazdır ve doğa tarafından uranyumun parçalanmasından ortaya çıkar. Bu gaz, her türlü toprak, kaya, kum ve taşta bulunmaktadır. Yapılan gözlemlerde yer kabuğu hareketlerinden önce radon gazında artış olduğu gözlenmiştir, (Sac et al 2011). Bu bakımdan bazı istasyonlarda radon gazı çıkışı, bir parametre olarak ölçülüp kaydedilir.

Self Potansiyel, Rezistivite ve Manyetometre vb

İstasyonlarda self potansiyel, ölçümleri sürekli olarak yapıp kaydedilmektedir.

Manyetometreleriniz prototipleri gerçekleştirilmiş olup imalat aşamasındadır, (Kaynak 2008).



Şekil 45- 17 Ağustos depremini öncesinde Taşburun'da kaydedilen tiltmetre verisi



Şekil 46. Proje ekibi toplantıda



Şekil 47. Ağ tasarımı üzerinde yapılan bir çalışma



7. UYGULAMA

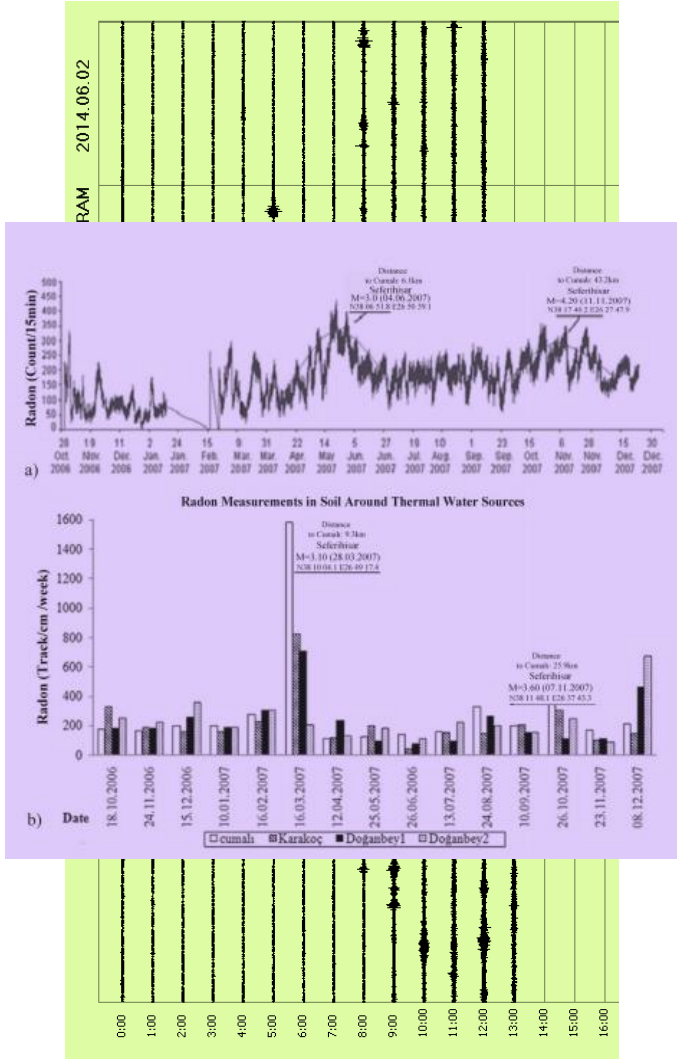
Deprem öncü işaretleri izleme istasyonlarında Tablo 3'te gösterilen aletlerle sürekli olarak ölçümler yapılmakta ve kayıt edilmektedir, (Şekil 48-53).

Örneğin Şekil 49'da görülen sismometre verisi Yeniçiftlik istasyonunda elde edilmiştir.

Yeşilköy istasyonu civarındaki elektrik alan aktivitesi sakin bir görünüm vermektedir (Şekil 49). Alan değerinin ok yönünde hızla düşüş göstermesi bir aktivite hazırlığına işaret etmektedir.



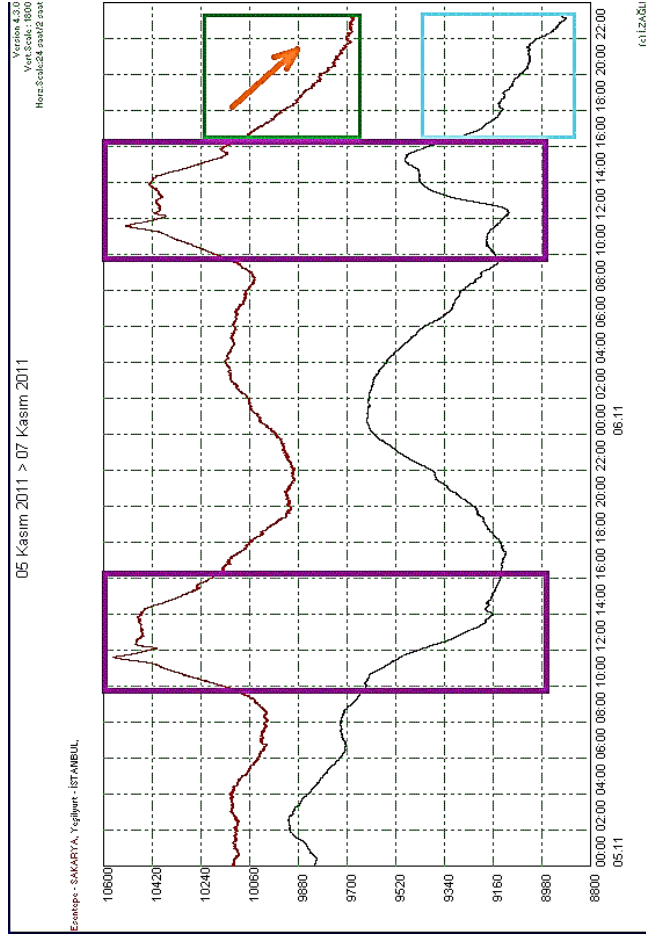
Şekil 48. Sismik çukur, pilye ve sismometre



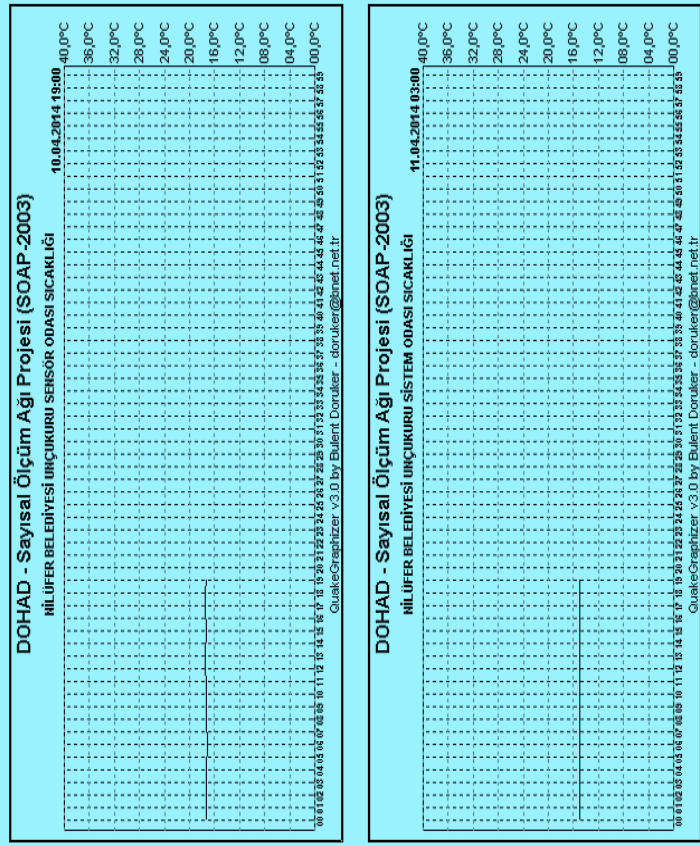
Şekil 49. Yeniiftlik isyasyonunda kaydedilen günlük sismometre grafiği



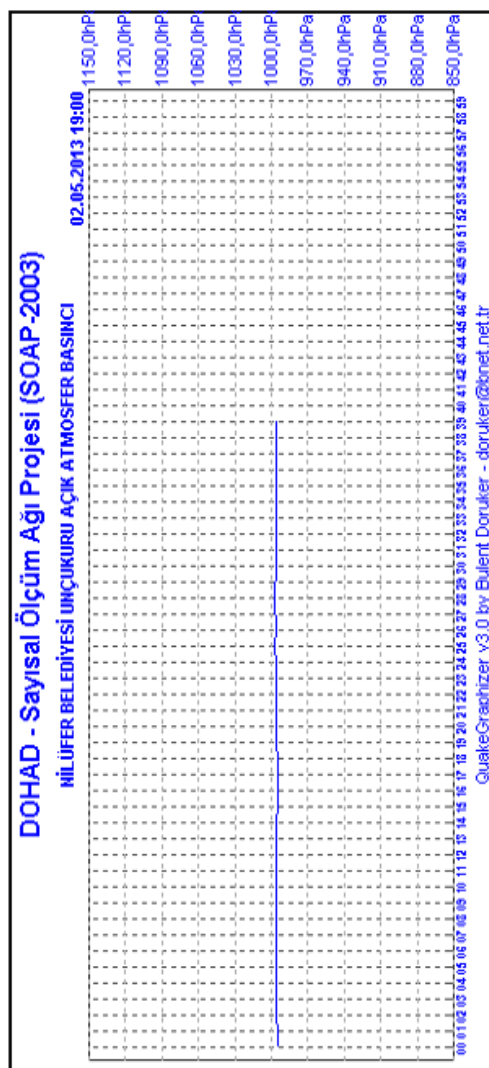
Şekil 50. Statik alan ölçme probu



Şekil 51. Esentepe ve Yeşilyurt istasyonlarında kaydedilen yeraltındaki sıkışma sonucunda yerüstünde oluşan elektromanyetik alanının proba elde edilmiş değişim grafiği



Şekil 52. Bursa-Nilüfer istasyonunda kaydedilen saatlik sensör ve sistem oda sıcaklık grafikleri



Şekil 53. Bursa-Nilüfer istasyonu civarındaki saatlik açık hava basıncı kayıtları

Şekil 52 ve Şekil 53, sırasıyla, Bursa-Nilüfer istasyonunda ölçülen sistem ve sensor oda sıcaklıkları ve açık hava basıncı grafikleridir.

İzleme istasyonlarında yapılan tüm ölçümler, sürekli olarak kaydedilmektedir. Veriler, on-line izlenebilmektedir, (Şekil 54, Şekil 56).

Projenin bundan sonraki etabında, Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın güneyinde de benzer istasyonlar kurarak daha fazla veri elde edilmeye çalışılacaktır.



Şekil 54. Veri iletişimi



Şekil 55. GNSS (Uydularla konum belirleme)



Şekil 56. Veri izleme ve değerlendirme

7.1. KONFERANSLAR

Afet zararlarını en aza indirmek için öncelikle halkın bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi gerekir. Bu, sürekli eğitimle sağlanır.

Bu amaçla önce proje paydaşları olan Beylikdüzü, Büyükçekmece ve Tuzla Belediyeleriyle işbirliği yapılarak bu belediyelerin konferans salonlarında, Proje Yönetim Kurulu Üyeleri tarafından, halka ve öğrencilere açık bir seri konferans verilmiştir, (Şekil 57-65).

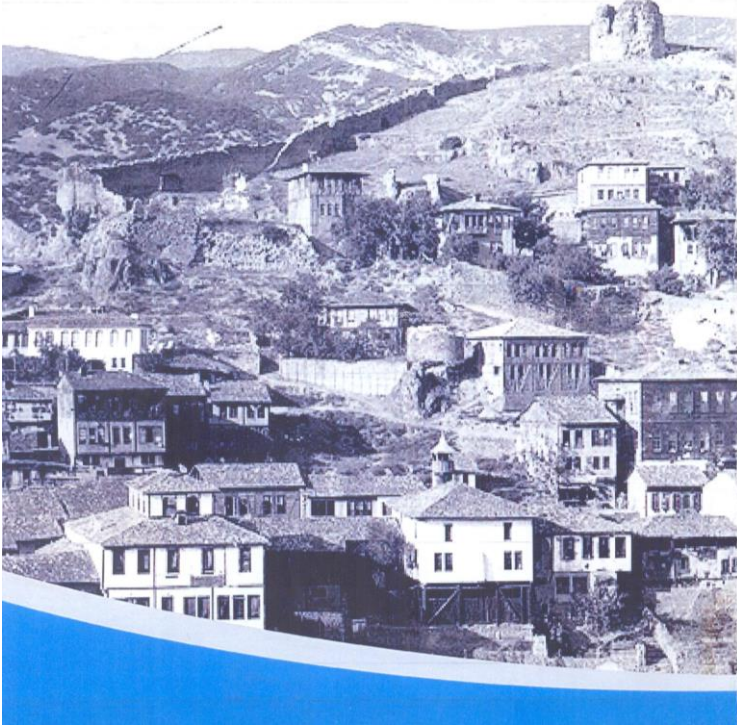
Bu sunumlarda:

- **Deprem,**
- **Deprem bilinci,**
- **Depreme hazırlık,**
- **Deprem zararlarını en aza indirme,**
- **Deprem sırasında nasıl davranılır,**
- **Haberleşme,**
- **Yardımlaşma,**
- **Deprem etiği**

vb konuları işlenmiştir.

Ayrıca Niksar Milli Eğitim Müdürlüğü, Niksar Belediyesi ve DOHAD tarafından ortaklaşa düzenlenen; yaklaşık üç bin vatandaşımızın ölümüne neden olan **1939 -1942 Niksar Depremlerinin Yıl Dönümünde Deprem Paneli**, 24 Aralık 2014 günü Niksar Kültür Merkezi Sinema Salonu'nda gerçekleştirilmiştir.

Toplantı salonunu tamamen dolduran öğrencilerin ve halkın büyük ilgiyle izlediği toplantıda, Turgut Uzel, Oğuz Gündoğdu, Özden Işık ve Fuat Agalday birer sunum yapmışlar ve sorulara cevap vermişlerdir.



Şekil 57. 1939 ve 1942 depremi sonrasında Niksar



Şekil 58. Afete hazırlık eğitimi



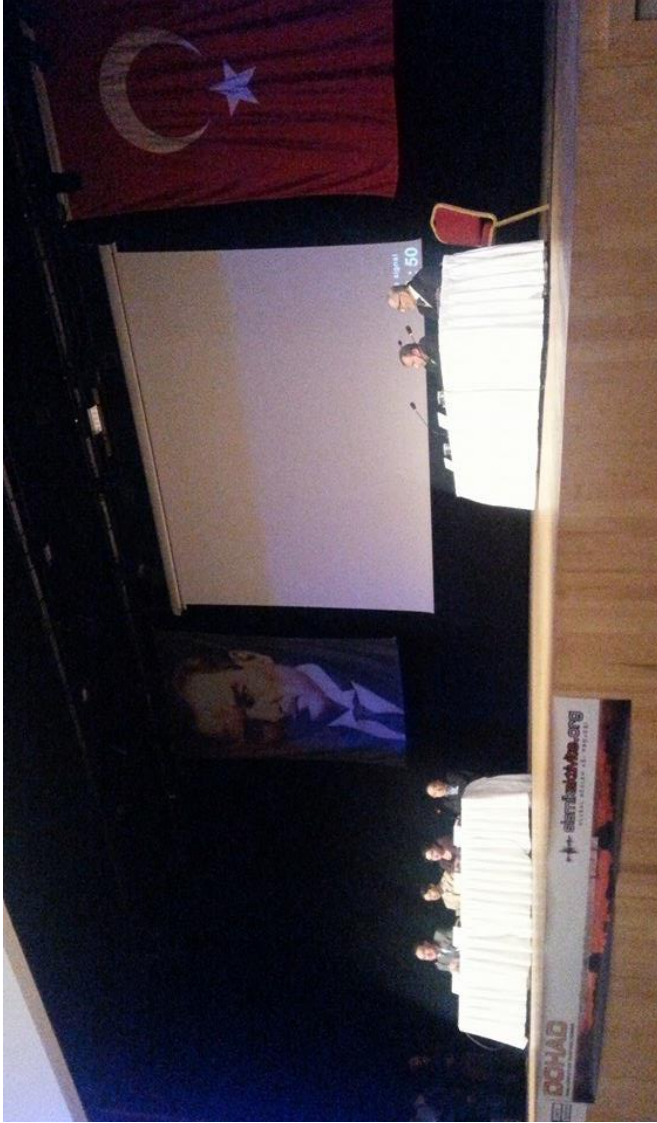
Şekil 59. Turgut Uzel'in sunumu



Şekil 60. Oğuz Gündoğdu'nun sunumu



Şekil 61. Panel



Şekil 62. Bir panel



Şekil 63. Toplantıya katılanlar



Şekil 64. Fuat Agalday'ın sunumu



Şekil 65. Özden Işık'ın sunumu



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem öncü işaretleri izleme istasyonlarından elde edilen parametrik verilerin derlenmesi, entegrasyonu, birlikte değerlendirilip analiz edilmesi ve yorumlanması için matematik modelleme çalışmaları devam etmektedir.

Projenin amacına uygun olarak aşağıdaki görüş ve öneriler belirginlik kazanmıştır:

- **Ülkemizde tehlikeli bölgelerdeki fayların kinematik ve dinamik özellikleri yeterli düzeyde araştırılmamıştır. Bundan dolayı riskleri belirlemede belirsizlikler bulunmaktadır. Tarihsel depremlerin tekrarlanma dönemlerini saptamak için jeolojik, jeofizik arşiv çalışmaları yapılmalıdır.**

- *Yaşam kalitesini arttırmak için deprem ve diğer afetlere dayanıklı binalar inşa etmek üzere kentsel dönüşüm çalışmalarından başka bir çözüm yolu görünmemektedir. Kent, ulaşım ve iletişim planlamasının, altyapı ve binaların, olası deprem gerçeğine uygun olarak tasarlanması son derece önemlidir.*
- Depremlerin önceden belirlenmesi, zarar azaltma çalışmalarından birisidir. Bu konuda yapılacak bilimsel araştırma çalışmaları teşvik edilmeli ve hızlandırılmalıdır.
- *Afet yönetimi planlarının içine, yetki ve sorumlulukları belirlenmek suretiyle meslek odaları ve sivil toplum örgütleri alınmalıdır.*
- *Halkın afetlerle mücadele etmesini sağlamak amacıyla okullardan başlayarak akredite edilmiş eğitim çalışmaları yapılmalıdır.*
- Depremi önceden belirlenmesi ile ilgili Avrupa etik kuralları gereğince Avrupa Deprem Danışma Komitesi'nin ülkemizdeki yapılanması, AFAD tarafından bir an önce gerçekleştirilmelidir.
- *Depremlerin önceden belirlenmesi ve afetlere karşı dayanıklı yapıların üretilmesi için birçok disiplinin eşgüdüm içinde çalışma zorunluluğu, ilgililerce benimsenmeli, devlet kurumlarınca desteklenmelidir.*

KAYNAKLAR

AFAD 2014, Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Kasım 2014

AGALDAY F., IŞIK Ö., GÜNDOĞDU O. 2015 , Bursa ve Çevresinde Deprem Tehlikesi ve Nilüfer Belediyesi Depremi Önceden Belirleme Projesi, Uluslararası Nilüfer Kent Sempozyumu, Odyses'ten Nilüfer'e, Bildiriler Kitabı, Nilüfer Belediyesi Yayınları (basımda)

AGALDAY F., EREN K., GÜNDOĞDU O., IŞIK Ö., KAYNAK U., UZEL T., ÜRÜŞAN A.Y. ÜSTÜNDAĞ B. 2014, Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı, Uluslararası Katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, Fırat Üniversitesi Elazığ, 9-11.10.2014

AKSADE Y.G. 2014, Deprem Kestirimi Konusunda Türkiye ve Dünyadaki Durum, Uzmanlık Tezi, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı

ATABEY E. 2000, Deprem, MTA yayını, 2000

BARKA A. 1992, The North Anatolian Fault Zone, Anneles Tectonica, Special Issue Suply to vol. 1 p.164 -195

ERDİK M., ANSAL A., AYDINOĞLU N., BARKA A., IŞIKARA A.M., YÜZÜGÜLLÜ Ö., AVCI J., ÖZEL O., ALPAY Y., BİRGÖREN G.

2000, İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı, İzmir Büyükşehir Belediyesi

(<http://www.izmir-bld.gov.tr/eski/izmirdeprem/izmirrapor.htm>)

EREN K., UZEL T. 2010, Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü, Projesi

ERGÜNAY O. 2002, Afete Hazırlık ve Afet Yönetimi, Türkiye Kızılay Derneği Genel Müdürlüğü Afet Operasyon Merkezi (AFOM), Ankara

GÜNDOĞDU O. 1996, Türkiye’de Yıkıcı Depremlere Karşı Alınması Gereken Önlemler ve İstanbul Örneği, Erzincan ve Dinar Depremleri Işığında Türkiye’nin Deprem Sorunlarına Çözüm Arayışları, TÜBİTAK Deprem Sempozyumu

IŞIK, Ö., AYDINLIOĞLU H.M., KOÇ, S., GÜNDOĞDU O., KORKMAZ, H. 2012, Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri Okmeydanı Tıp Dergisi 28 (Ek sayı2), 82-123.

KAYNAK U. 2008, Karada Depremi Önceden Belirleme Projeleri, Mühendislikte Mimarlıkta ve Planlamada Ölçü, TMMOB

McCILUSKY S., BALASSAIAN S., BARKA A., DEMİR C., GERGIEV I., HAMBURGER M., KAHLE H., KASTENS K., KEKELIDSE G., KING R., KOTZEV V., LENK O., MAHMOUD S., MISIN A., NADARIA M., OUZOUNUS A., PARADISSISS D., PETER Y., PRILEPIN M., REILINGER R., SANLI I., SEEGER H., TEABLEB A., TOKGÖZ N., VEIS G. 2000, GPS Constraints on Crustal

Movements and Deformations For Plate Dynamics, J. Geophy. Res. 105, 5695–5720

MTA fay haritaları linki:

<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>

ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Laboratuvarı, Marmara Bölgesinin Sismotektonik Haritası

OKUMURO K., YOSHIOKA T., KUSCU Ş. 1993, Surface Faulting on the North Anatolian Fault in These Two Millennia, U.S. Geological Survey Open-file Report, 94-568, 143-144, 1993

ÖZMEN, B. 2000, İzmit Körfezi Depremi'nin Hasar Durumu, TDV, Yayınları, İstanbul

REILINGER R. et al 2006, GPS Constraints on Continental Deformation in The Africa-Arabia-Eurasia Continental Collision Zone and Implications For The Dynamics of Plate Interactions, J. Geophys. Res., 111(B05411):1-26, 2006.

SAC M. M., HARMANSAH C., CAMGOZ B., SOZBILIR H. 2011, Radon Monitoring As The Earthquake Precursor in Fault Line in Western Turkey, Ekoloji 20, 79, 93-98 (2011), doi: 10.5053/ekoloji.2011.7912

SOYSAL H., SİPAHİOĞLU S., KOLÇAK D., ALTINOK Y. 1981, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TÜBİTAK, proje no. TBAK 341 TÜBİTAK yay. no.563, seri 34, Ankara.

udk.tubitak.gov.tr

UZEL T., EREN K., DİNDAR A. 2010, Monitoring Plate Tectonics and Subsidence in Turkey by CORS-TR and InSAR, FIG Congress 2010, Facing the Challenges – Building the Capacity, Sydney, Australia, 11-16 April 2010

UZEL T. et al 2010, Analysis of The National CORS Data From The View of Monitoring The Tectonic Plate Movements in Turkey, Vegener EGU, 2010

ÜRÜŞAN A.Y. 2014, Relations Between The GNSS Techniques and The Other Techniques For Prediction Earthquakes, Arabian Jurnal of Geoscience, 2014

Wikipedia

TEŞEKKÜR

Proje ekibi, değerli katkıları ve içtenlikli destekleri nedeniyle,

- ***İstanbul Kalkınma Ajansı yöneticilerine,***
- ***İstanbul Kültür Üniversitesi yöneticilerine,***
- ***Doğa Hareketleri Araştırma Derneği (DOHAD) yöneticilerine,***
- ***Adalar, Arnavutköy, Avcılar, Bakırköy, Beylikdüzü, Büyükçekmece, Çekmeköy, Eyüp, Fatih, Kadıköy, Küçükçekmece, Silivri, Tuzla ve Zeytinburnu Belediye Başkanları ve teknik ekiplerine,***
- ***özellikle izleme merkezi binasının yapılmasına destek veren Beylikdüzü Kaymakamı ve Projeler Sorumlusu 'na***

teşekkür eder.

**DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ
İSTASYONLARI VE MERKEZİ'NİN
FOTOĞRAFLARI**



Veri izleme merkezi





Proje çalışanları



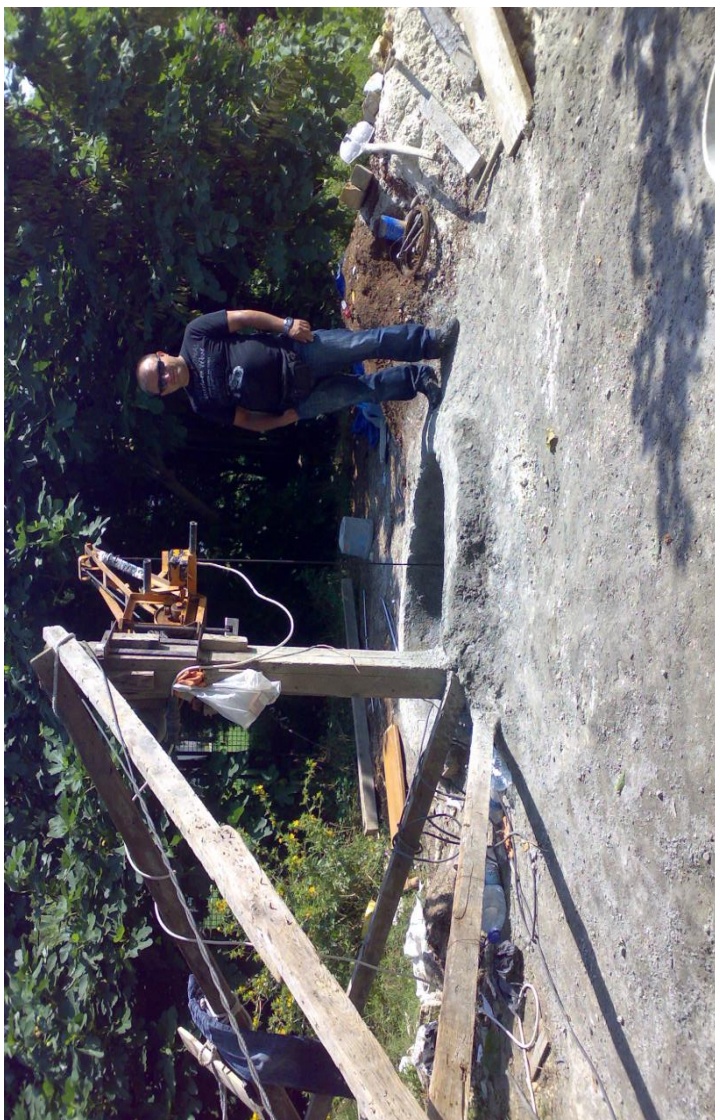
Avcılar deprem öncü işaretleri istasyonu



Avcılar izleme istasyonu



Bakırköy İzleme İstasyonu





Beylikdüzü İzleme İstasyonu





Kumburgaz izleme istasyonu



Celaliye izleme istasyonu



Celaliye İstasyonu Sismometre Sondajı 175 Mt



Çatalca İzleme İstasyonu



Çatalca izleme İstasyonu



Fatih İzleme İstasyonu









Fatih İzleme İstasyonu Seismic Vault



Silivri Gümüşyaka İzleme İstasyonu Sismik İzleme Sondajı



Silivri Gümüşyaka sismik izleme yer altı istasyonu



Silivri Selimpaşa yeraltı izleme istasyonu



Silivri Selimpaşa izleme istasyonu inşaatı



Silivri Mimarsinan Mahallesi İzleme İstasyonu





İzleme istasyonundaki bir ölçüm aletleri



Şekil . Kesintisiz enerji sistemi



MAG elemanları



Tuzla izleme istasyonu



Zeytinburnu izleme istasyonu



Zeytinburnu izleme istasyonu



Gece alışması (İşler zamanında yetişmeli)



Bir montaj çalışması







İSTANBUL
KALINMA
AJANSI



T.C.
İSTANBUL
KÜLTÜR
ÜNİVERSİTESİ

GEOMER

GEOMATİK UYGULAMA ARAŞTIRMA MERKEZİ

BURADA

**İSTANBUL KALINMA AJANSI'NIN
2014 YILI AFETLERE HAZIRLIK MALİ DESTEK
PROGRAMI KAPSAMINDA
DEPREM ÖNCÜ İŞARETLERİ İZLEME VE
DEĞERLENDİRME MERKEZİ KURULUMU
PROJESİ YÜRÜTÜLMEKTEDİR.**

Sözleşme No: TR10/14/AFK/0028



**BU ODADAKİ EKİPMANLAR İSTANBUL KALKINMA AJANSI
2014 YILI AFETLERE HAZIRLIK MALİ DESTEK PROGRAMI KAPSAMINDA
İSTANBUL KALKINMA AJANSI TARAFINDAN TEMİN EDİLMİŞTİR.**





Bir deprem bilinci konferansının öncesi









Bir istasyonun açılış töreni

