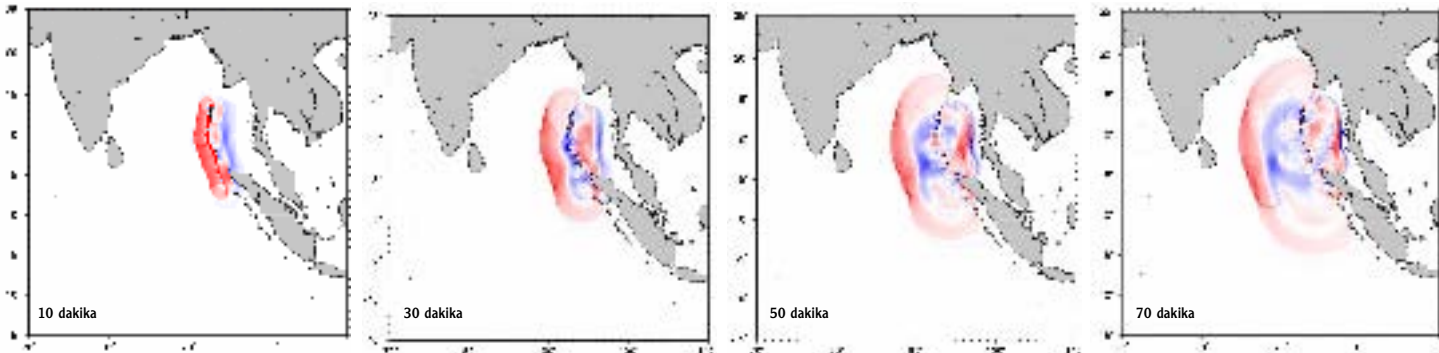


# BİZDE DE

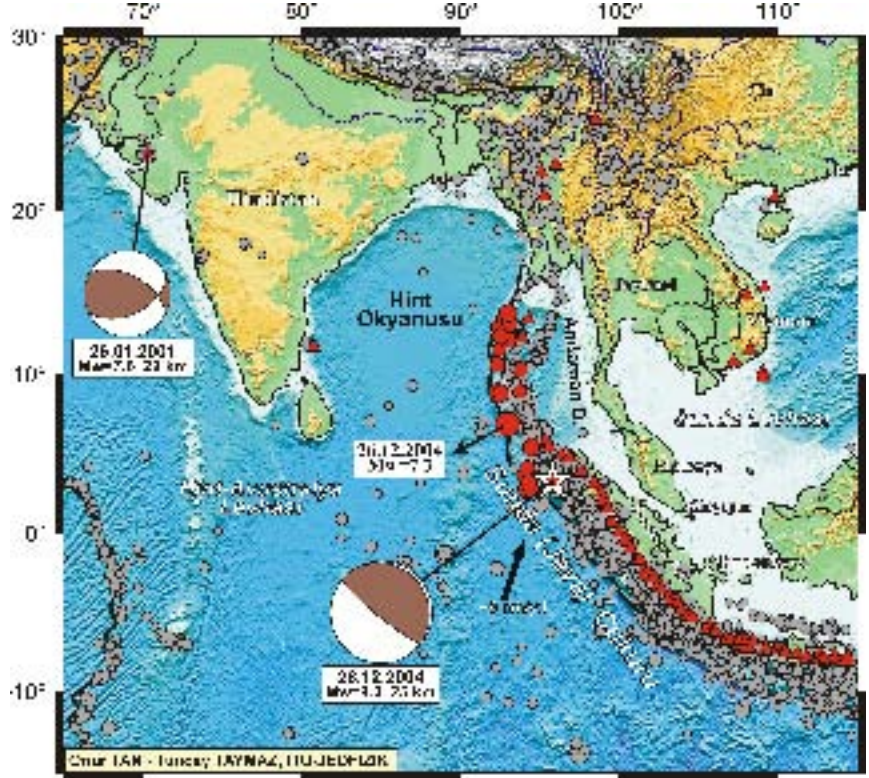
Yeni yılın arifesinde Hint Okyanusu'nda meydana gelen büyük deprem ve ardından ortaya çıkan dev dalgaların yol açtığı muazzam can kaybı ve yıkım, tsunami sözcüğünü tüm dünyanın dikkatine taşıdı. Daha önce, örnekleri sınırlı alanlarda görülen, yıkım potansiyelini, ancak soyut olarak zihinlerimizde canlandırabildiğimiz bu akıl almaz güçteki dalgaların koskoca bir okyanusu geçerek kıyıya vurduğu her yerde sergilediği dizginsiz şiddetini televizyon kameralarından canlı yayın gibi izledik. Ülkemiz de önemli bir deprem kuşağında bulunduğu ve önümüzdeki 25-30 yıl içinde Marmara'da büyük bir deprem beklendiğinden ister istemez herkesin aklına aynı ürkütücü ve acılı manzaraların ülkemiz kıyılarında da yaşanıp yaşanmayacağı sorusu geldi. Bilim ve Teknik dergisinin baskısını durdurarak herkesin aklındaki ya da bilinç altındaki “bizde de olur mu?” sorusunu, sizin adınıza bu alanda dünya ölçeğinde yaptıkları başarılı çalışmalarla ünlenen bilim insanlarımıza sorduk.



# OLUR MU?

26 Aralık 2004 günü Kuzey Sumatra (Endonezya) ve bölgedeki pek çok ülkeyi etkileyen ve bu yüzyılın en büyük depremlerinden olan  $M_w \sim 9.1$  büyüklüğündeki bu depremde ön bilgilere göre açığa çıkan sismik enerji miktarı  $M_0=4.0 \times 10^{22}$  newton-metre değerindedir ve kırılma yaklaşık 190 saniye sürmüştür (Harvard-CMT). Kuzey Sumatra (Endonezya) depreminde boşalan sismik enerji 17 Ağustos 1999  $M_w=7.4$  Gölcük depreminin sismik enerjisinden yaklaşık 300 kat daha büyüktür. Bu depremin büyüklüğünün hesabında cisim dalgalarının genliklerinin ölçümünde güçlükler yaşanmaktadır ve teknolojik yetersizlikler gözlenmiştir ve muhtemelen daha büyük bir depremdir.

Bu son deprem, yer bilimciler tarafından çok iyi bilinen Hint-Avustralya, Filipinler ve Avrasya levhalarının etkileşimlerinin sonucunda oluştu. Levha Tektoniği kuramı çerçevesinde geçmişte sürekli depremlerin gözlendiği ve bu sıkışma (bindirme) türü mekanizmalar ve yanıl yerdeğiştirmelerin sonucu Alp-Himalayalar kuşağında çok iyi bilinen yüksek Himalaya sıra dağlarının (Everest Tepesi - 8,848 metre) ve ada yaylarının oluşumunda bu büyüklükteki depremler önemli rol oynamaktadırlar. Hint-Avustralya levhası Kuzey-Sumatra bölgesinde günümüzde yaklaşık 6.1 cm/yıl'lık bir hızla hareket etmektedir. Bu bölgede litosfer içinde üst-kabukta yoğunlaşan önemli depremler 10-70 km derinliklerde oluşmaktadır. Ancak, çok daha derinlerde üst-manto ve manto içerisinde de bü-

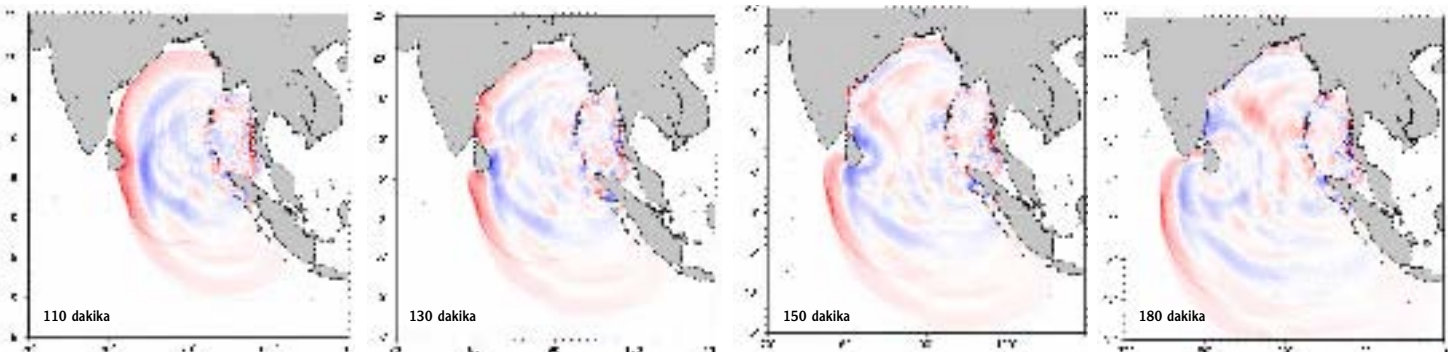


Endonezya ve çevresinin sismotektonik haritası. Kahverengi büyük daireler 2001 Hindistan ve 26 Aralık 2004 ( $M_w \sim 9.1$ ) Kuzey Sumatra (Endonezya) depremlerinin odak (kırılma) mekanizması çözümlerini gösterir. Fay Düzlemi Çözümleri Harvard-CMT kataloğundan alınmıştır. Odak küresi altındaki rakamlar, depremlerin tarihini, büyüklük ( $M_w$ ) ve kırılmanın gözlendiği yerküre içindeki odak derinliğini (h) kilometre ölçeğinde göstermektedir. Gri daireler 1973-2004 yılları arasında bölgede meydana gelmiş yıkıcı depremleri ( $M > 5.0$ ), kırmızı daireler ise 26 Ocak 2004 Sumatra Depremi'nin bir günlük artçıları ( $M > 5.5$ ) gösterir. Bölgedeki aktif genç volkanlar kırmızı üçgenlerle temsil edilmiştir. Kalın siyah çizgiler önemli levha sınırlarını göstermektedir.

yül ölçürlü depremler gözlenmektedir.

26 Aralık 2004 Kuzey Sumatra (Endonezya) depremini izleyen 2-günde 29 adet artçı deprem ( $7.3 < M_w < 5.5$ ) ve 10 metre yüksekliğe ulaşan Tsunami "depreşim dalgaları" oluşmuştur. Tablo 1'de özetlendiği gibi USGS-NEIC ve Harvard-CMT çözümlerinden el-

de edilen şimdilik en güvenilir sonuçlara göre, Kuzey Sumatra depremi sıkışma (bindirme; ters faylanma) mekanizmasıyla ilişkili gelişmiştir ve sığ odaklıdır ( $h = 25-30$  km). Yıkıcı büyük depremler, Hint-Avustralya levhasının bağıl olarak yılda 6.1 cm'lik bir hızla kuzey-kuzeydoğu'ya ( $\sim 40$  derece) doğ-



Deprem Büyüklüklerine göre tahmini dinamik parametreler

Sismik Enerji Me (Newton-Metre)	Moment Büyüklüğü (Mw)	Kırılan Fay Uzunluğu (km)	Kırılan Fay Geniliği (km)	Oralama Yerleşimine (metre)	Oralama Çiki Alanı (km <sup>2</sup> )
1.1 x 10 <sup>21</sup> Nm	8.0	146	46	8	10639
2.6 x 10 <sup>21</sup> Nm	8.2	197	85	11	18450
6.0 x 10 <sup>21</sup> Nm	8.5	264	109	16	31500
1.2 x 10 <sup>22</sup> Nm	8.7	337	133	21	49000
3.0 x 10 <sup>22</sup> Nm	8.9	488	173	30	88000
<b>Kuzey Sumatra (Endonezya) Depremi</b>					
4.0 x 10 <sup>22</sup> Nm	9.1	~1200	~200-250	20-25	108000
1.0 x 10 <sup>23</sup> Nm	9.2	708	245	50	190000
2.2 x 10 <sup>23</sup> Nm	9.5	833	388	87	315000

Depremlerde Açığa Çıkan Enerji Miktarı

Büyüklük (Mw)	Sismik Enerji (erg)	Enerji Miktarı (TJ)	Enerji Miktarı (ton TNT)	Nükleer Bomba Karşılığı*
9.5	1.1 x 10 <sup>25</sup>	11 000 000	2 661 888 463	134 x Castle Bravo 33 574 x Nagasaki 176 089 x Hiroshima
9.0	2.0 x 10 <sup>25</sup>	2 000 000	476 879 156	24 x Castle Bravo 23 760 x Nagasaki 31 670 x Hiroshima
8.5	3.5 x 10 <sup>24</sup>	350 000	86 802 435	1.8 x Castle Bravo 4 234 x Nagasaki 6 382 x Hiroshima
8.0	8.3 x 10 <sup>24</sup>	83 000	15 057 361	1 000 x Hiroshima 790 x Nagasaki
7.5	1.1 x 10 <sup>24</sup>	11 000	2 838 063	178 x Hiroshima 13 x Nagasaki
7.0	2.0 x 10 <sup>24</sup>	2 000	478 011	31.7 x Hiroshima 25.8 x Nagasaki
6.5	3.5 x 10 <sup>23</sup>	350	86 042	6.7 x Hiroshima 4.3 x Nagasaki
6.0	8.3 x 10 <sup>23</sup>	83	18 057	1 x Hiroshima 0.78 x Nagasaki
5.5	1.1 x 10 <sup>23</sup>	11	2 829	0.17 x Hiroshima 0.13 x Nagasaki
5.0	2.0 x 10 <sup>23</sup>	2	478	0.03 x Hiroshima 0.02 x Nagasaki
4.5	3.5 x 10 <sup>22</sup>	0.35	86	0.008 x Hiroshima 0.004 x Nagasaki
4.0	8.3 x 10 <sup>22</sup>	0.083	18	0.001 x Hiroshima 0.0008 x Nagasaki

ru hareketi sonucunda oluşuyorlar.

26 Aralık 2004 Kuzey Sumatra (Endonezya) depremi, 17 Ağustos 1999 Mw=7.4 Gölçük ve 13 Ocak 2001 El Salvador Mw=7.6 depremlerinden çok daha büyük ölçekli bir depremdir. Kuzey Sumatra (Endonezya) depremi, kı-

rılan üst kabuk içerisinde ve okyanus tabanından oluştuğundan Tsunami (depreşim) dalgaları oluşturarak çevredeki pek çok ülkede yüksek hasar ve can kaybına neden olmuştur.

Yıkıcı büyük depremler, bu bölgede geçmişte olduğu gibi gelecekte de

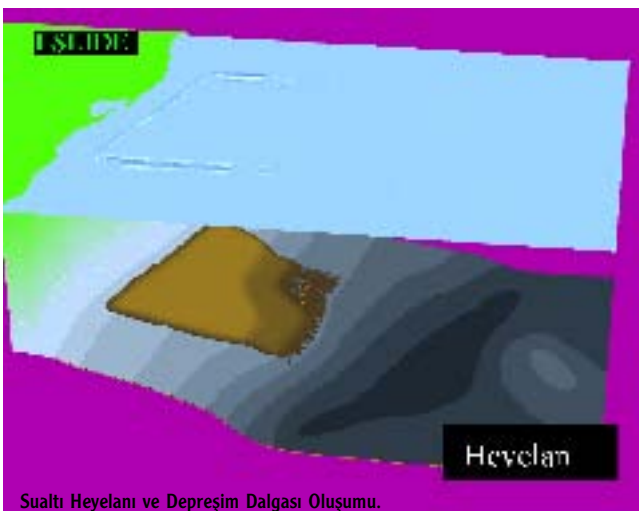
Hint-Avustralya ve Avrasya levhalarının dinamik hareketliliği sürdüğüne oluşacaklardır. Bir başka deyişle, bu bölgede her gün (dünyanın birçok aktif deprem kuşağında gözlemlendiği gibi) irili ufaklı deprem oluşuyor ve bunların birçoğunu bizler hissetmiyoruz. Bu depremlerde en az yıkıcı depremler kadar önemli; çünkü aktif fay zonlarının ve sismik etkinliğin işaretçisidirler.

## Depreşim Dalgası (Tsunami)

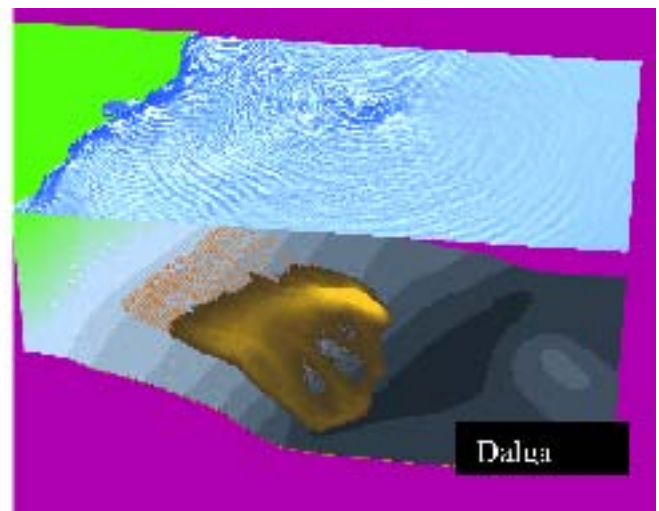
Denizin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim nedeniyle ortaya çıkan dalgalar, Japonca'da tsunami olarak adlandırılan uzun dönemli bir dalga türü.

Tsunami sözcüğü, 1896 yılında Japonya'daki Büyük Meiji Tsunamisi afetinde yaklaşık 22000 kişinin ölümüne neden olmasından sonra, Japonların tüm dünyaya yaptıkları yardım çağrısı içinde yer almış. O tarihten beri de birçok dilde aynı adla tsunami olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tsunami sözcüğü Çince kaynaklı olup, tsu (liman) ve nami (dalga) sözcüklerinin birleşiminden oluşarak, liman dalgası anlamında kullanılmakta. Nedeni, zayıf bir tsunaminin bile kıyılarda ve sığ sularda şiddetli akıntılar oluşturması ve özellikle limanlarda hasara yol açmasıdır. Yukarıdaki tanım değerlendirilerek, denizin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim nedeniyle ortaya çıkan dalgalar için, "depreşim dalgası" tanımlaması yazarlar tarafından uygun görülmektedir.

Deprem sırasında havuzlarda olu-



Sualtı Heyelanı ve Depreşim Dalgası Oluşumu.



Dalgı

şan dalgalanma, depreşim dalgası olarak adlandırılmaz. Ancak havuza atlayan bir insanın yarattığı dalga küçük ölçekte bir depreşim dalgasıdır. Doğadaysa, denizlerin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim (deniz taban deformasyonu, çökmeler, oturmalar, zemin kaymaları, göçmeler, volkanik hareketler, meteor çarpmaları gibi kütle hareketleri) biçimindeki olaylardan herhangi biri ya da birkaçının birden oluşması sırasında potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşerek, deniz ortamına kısa sürede enerji aktarılması gerçekleşir. Denize geçen enerji, su kütlesi içinde akıntılar ve su düzeyi değişimine neden olarak depreşim dalgası oluşur.

## Tsunami (Depreşim) Hareket Biçimi

Depreşim dalgası ilk oluştuğunda genellikle tek bir dalga biçimindedir. Ancak kısa bir süre içinde 4 veya 5 dalgaya bölünerek kıyılara doğru hareket eder. Önde giden dalga uyarıcı dalga olarak tanımlanabilir. Ancak ikinci ve üçüncü dalgalar etkili nitelikte olurlar. Arkadan gelen diğer dalgalar daha küçük olup daha az etkilidirler.

Depreşim dalgasının hızı, bulunduğu derinliğin karekökü ile doğru orantılıdır. Derin sularda hızlı, sığ sularda yavaş hareket eder. Ancak, rüzgar dalgalarından farklı olarak çok daha uzun periyotlu olurlar ve dalganın altında bulunan su moleküllerinin birbirini iterek yer değiştirmesi ile hareket ederler. Bu itme ve yer değiştirmenin sonucunda su kütlelerinde yatay düzlemde sürekli akıntı ve sürekli su transferi oluşur. Su kütlelerinin bu hareketi, su derinliğinin taşınan su kütlelerini eşit kılmak su düzeyinin yükselmesi (genlik artması), deniz taban sürtünmesi etkisi ile de dalga boyu (iki dalga tepesi arasındaki uzaklık) kısalması gerçekleşir. Kıyılara gelen dalga, denizin önce geri çekilmesi, ya da karaya doğru ilerlemesi, ardından da karada dalga tırmanması ve su taşınımı oluşturur. Bunun sonucu olarak da kıyılarda şiddetli akıntılar ve su düzeyi değişimleri gerçekleşir.

## Marmara, Ege ve Akdeniz'de Tsunami Oluşabilecek Bölgelerin Araştırılması

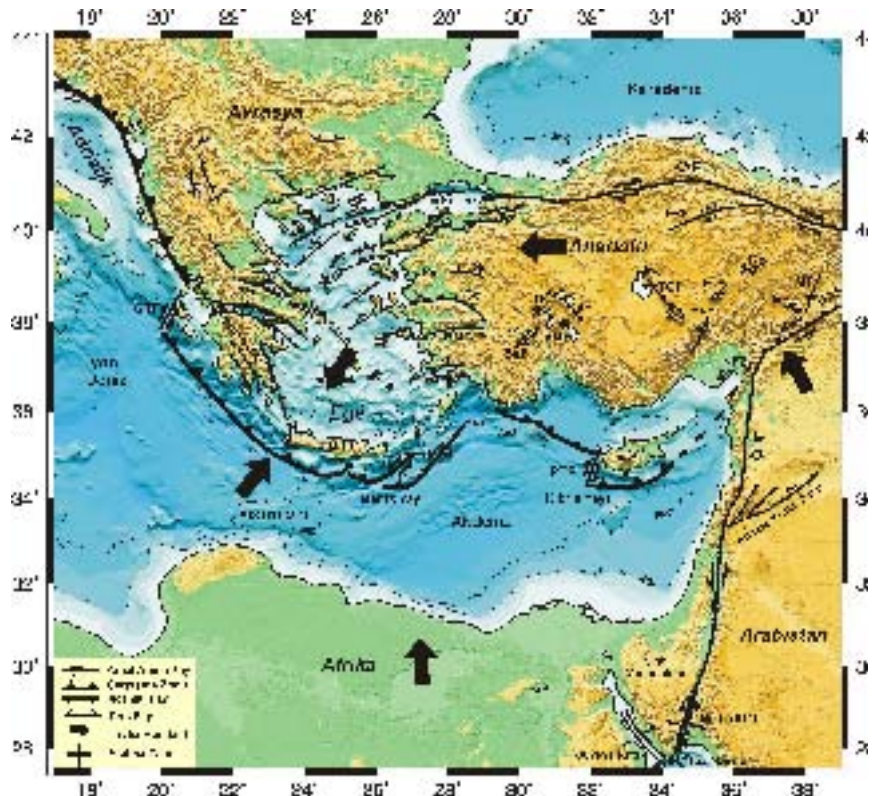
17 Ağustos 1999 depreminde oluşan fay, bazı yerlerde düşey bileşen gösteriyor olsa da genel olarak doğrultu atımlıdır. Doğrultu atımlı faylar genel olarak depreşim dalgası yaratmazlar. Ancak bu tür fayların başladığı ya da bittiği yerlerin, çek-ayır mekanizması nedeniyle oturma oluşan ya da fayın kıvrım yaptığı bölgelerinde depreşim dalgası oluşabilir. 17 Ağustos 1999 depreminde oluşan fay, Kavaklı, Gölcük, Yüzbaşılar, Değirmendere ve Halidere arasındaki bölgede kıyıya çok yakın geçti ve Değirmendere ile Hersek deltası arasındaki bölümde denizde farklı konumlarda birbirine paralel normal faylar ve bunlara bağlı kıyı ve sualtı heyelanları oluştu. İzmit Körfezi ve çevresinde depremin yarattığı zemin hareketleri, katı ve sıvı ortamların birbiriyle önemli etkileşimlerine neden olarak, kıyılarda ve deniz tabanında birbirini tetikleyen sıvılaşma, kayma, göçme ve heyelan biçiminde hareketler yarattı.

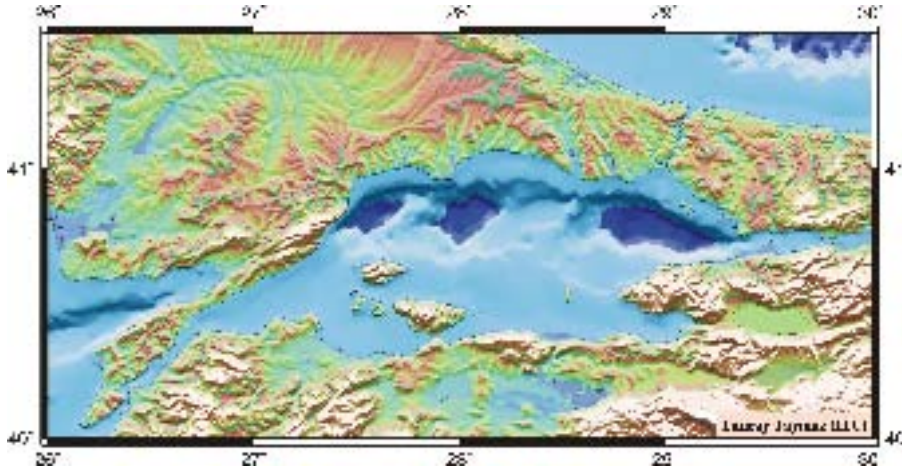
İzmit Körfezi üç havzadan oluşuyor. Değirmendere'nin doğusunda kalan "doğu havza", Değirmendere ile Hersek Yarımadası arasında kalan "orta havza" ve Hersek yarımadasının batısında yer alan "batı havza".

Doğu havzada su derinliği 30 m'den daha sığdır. Deprem sırasında, düşey faylanma ya da başka nedenlerle bu havzanın güney kıyılarında (Kavaklı bölgesinde) genel bir çökme oldu. Bu çökme, doğal olarak güneye doğru su akımı ve buna bağlı olarak dalgalanma yarattı. Bu olay, depreşim dalgası oluşumu için yeterli bir neden. Ancak, su derinliğinin az olması, depreşim dalgasının bu havzada yeterli olgunluğa ulaşmasını engelledi.

Sadece, Gölcük havzası olarak nitelenen doğu havzadaki duruma bakarak, ve diğer iki havzayı ve özellikle körfezin en derin olduğu orta havzadaki olayları ihmal ederek, deprem nedeniyle İzmit Körfezi'nde depreşim dalgası oluşmadığı genellemesi yapmak bilimsel olarak doğru bir yaklaşım değildir.

Depreşim dalgasının belirgin biçimde gözlemlendiği ve kıyılarda çok belirgin izleri bulunan bölge, orta havzadır. Orta havzada, Değirmendere Çınarlık parkının kıyıya paralel 252 m ve kıyı-





ya dik olmak üzere 70 m uzunluğundaki bölümü, iskele, otel, çay bahçeleri, çınar ağaçlarıyla beraber çöktü. Sadece bu olay bile başlı başına depre-

şim dalgası oluşumu için açık bir örnek.

Orta havzadaki su derinliği, Ulaşlı açıklarında 204 m'ye varmakta. İzmit

körfezinde böylesi bir derinliğin oluşması için çeşitli jeolojik nedenler etken olmuş ve olmakta. Depreşim dalgası da genellikle ortamdaki en derin yerlerde ya da bu bölgeleri çevreleyen yamaçlarda oluşabiliyor.

Orta havzanın kuzeyinde kalan kıyılarda Tütünciftlik, Körfez, Kirazlıyalı ve Hereke'de depremden sonra birkaç dakika içinde depreşim dalgası kıyılara ulaştı. Dalganın, orta havzanın Güney kıyılarından kıyıya ulaşmasıyla depremlerle beraber gerçekleşti. Depreşim dalgasının en yüksek tırmanma yüksekliği, kuzey kıyılarda 2,6 m. (Tütünciftlik, Körfez, Kirazlıyalı) ve Güney kıyılarda 2,9 m (Değirmendere) olarak ölçüldü. Dalganın periyodu 30-40 saniye düzeyindeydi. 17 Ağustos depreminde oluşan bu depreşim dal-

## Terimler

**Deprem:** Yerküre içerisinde biriken elastik deformasyon enerjisinin, kayaçların kırılma direncini aşması sonucunda kayaçların kırılması ve bu kırılma hareketlerinin oluşturduğu elastik dalgaların yeryüzünde yarattığı titreşim hareketi; bir başka deyişle, yerin yüzeyin altındaki kayaların ani hareketi sonucunda silkinmesi.

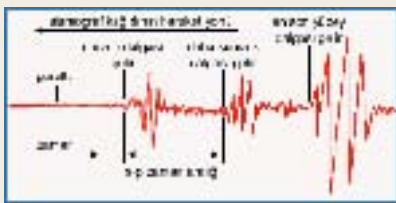
**Çekirdek:** Dünyanın en içteki katmanı. İç çekirdek katıdır ve 1300 kilometrelik bir yarıçapa sahiptir (Dünyanın yarıçapı 6371 kilometredir). Dış çekirdek sıvıdır ve yaklaşık olarak 2300 kilometre kalınlığındadır. S-dalgaları dış çekirdekte geçemez.

**Manto:** Yeryüzü kabuğuyla dış çekirdek arasındaki kaya tabakası. Yaklaşık olarak 2900 kilometre kalınlığındadır ve dünyanın başlıca tabakalarının en büyüğüdür.

**Kabuk:** Yerküre yüzeyindeki ince kabuk; okyanusların altında 10 kilometre, kıtaların altında 10-70 kilometre kalınlığındadır. İnsanların görebildiği tek yer katmanı budur.

**Deprem Fırtınası:** Sınırlı bir alanda ve sürede gerçekleşen ana şoktan bağımsız bir dizi küçük deprem.

**Depremın Büyüklüğü:** Deprem esnasında açığa çıkan sismik enerjinin bir ölçüsüdür ve logaritmik bir tanımlaması olup, hesaplamalarda kullanılan sismik dalga fazlarının karakterlerine bağlı olarak değişik değerler alabilir. Sismolojide en çok kullanılan büyüklük değerleri, cisim dalgası fazlarından hesaplanan mb, yüzey dalgalarından hesaplanan Ms ve dalga şekilleri (wave-



form) modellemesinden hesaplanan Mw değerleridir.

**Şiddet:** Herhangi bir derinlikte oluşan bir depremin yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki gücünün ölçüsü. Deprem şiddetini belirlemek için depremin insanlar, yapılar ve toprak/yer üzerindeki etkilerinin derecesine dayanan gözlemsel ölçek. Şiddet yalnızca depremin büyüklüğüne değil, merkez üstünden uzaklığa ve o yerin yapısına da bağlıdır.

**Artçı Deprem:** Ana sarsıntıdan sonra, yer kabuğunda bozulan dengenin sağlanması için meydana gelen küçük deprem.

**Aktif Sismik Kuşak:** Fay zonu boyunca uzanan aktif deprem kuşağı. Dünya depremlerinin %60'ı Pasifik-Çevrimi kuşağında ortaya çıkar.

**Büyük Deprem:** Richter ölçeğine göre 8,0 ve üstünde büyüklüğü olan deprem.

**Cisim Dalgası:** Yerkürenin içinden geçme özelliğine sahip sismik dalga. P- ve S- dalgaları cisim dalgalarıdır.



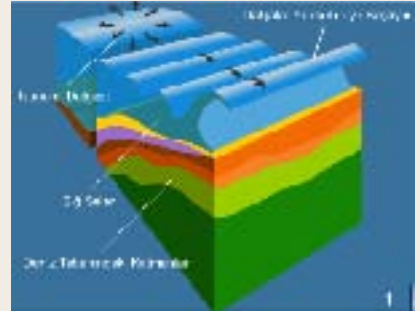
**P-Dalgası:** Birincil, döngüsüz, boyuna, itme, basınç dalgaları olarak da adlandırılır. P-dalgaları yayılma hızları en fazla olan ve bu nedenle kayıtlarda ilk görünen cisim dalgalarıdır. İkincil S-dalgalarından önce varırlar. Bu dalgaların yer içindeki taneciklerin titreşim hareketi, yayılma doğrultusu (yönü) ile aynıdır ve cisimleri dalga yönünde taşır. P dalgaları yerkürenin bütün katmanlarından geçebilir. P-dalgaları insanlar tarafından genelde vurma/tepme olarak hissedilir.

**S-Dalgası:** İkincil, döngüsel ya da kesme/sallama dalgaları olarak da bilinir. Bu dalga-



lar enerjisi yerkürenin içinde çok karmaşık şekillerde taşır. P dalgalarından daha yavaşlardır, ama genlikleri daha büyüktür. Titreşim hareketi, yayılma doğrultusuna diktir. S-dalgaları dış çekirdekte geçemez çünkü sıvı ve gazlarda var olmazlar.

**Depreşim Dalgası (Tsunami):** Okyanus ta-



banında meydana gelen büyük ölçekli hareketlenme sonucu ortaya çıkan dev deniz dalgaları. Japonca'da tsunami olarak adlandırılan uzun dönemli bir dalga türüdür. Bu dalganın fiziksel özellikleri, oluşumu, hareketi ve kıyılardaki davranışları konusunda yapılan güncel araştırmalarla yeni bulgular elde edilmekte, böylece depreşim dalgasının doğal afet olarak yapabileceği etkileri saptayabilmek ve korunmak için yöntemler geliştirilmekte.



**Elastik Dalga:** Bir tür elastik deformasyon (etki eden güçler ortadan kalktığında yok olan bir şekil değişikliği) sonucu ilerleyen dalga. Sismik dalgalar buna örnek.

gasının körfezin bazı yerlerindeki tırmanma yükseklikleri, rüzgar dalgalarının tırmanma yüksekliklerine benzer değerlerde (1 m'nin altında) kaldı. Bu doğaldır. Ancak bu nedenle depremle oluşan depreşim dalgasının tırmanma yüksekliği, bu yerlerde anormal bir durum olarak farkedilemedi.

17 Ağustos 1999 depremi öncesinde 11 Ağustos 1999 saat 19:15'te Karamürsel'de, depremden 3 gün önce Ulaşlı'da, 7 gün önce Değirmendere'de, bir gün önce İstanbul'da, gemi dalgası sanılan bazı anormal dalgalar gözlenmişti. Bu dalgalar olasılıkla, gemi dalgaları olmayıp, deprem habercisi niteliği taşıyan küçük depreşim dalgalarıydı. Gemi dalgalarının periyodu (iki dalga tepesi arasındaki zaman aralığı) 10 saniyeden azdır. Gözlenen dal-

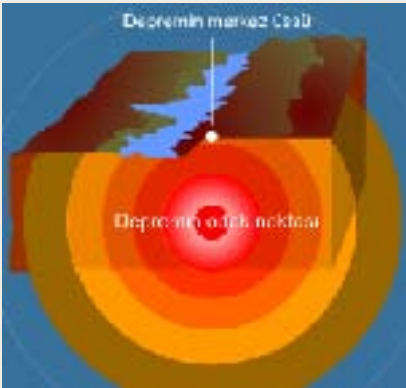
gaların periyodu 10 saniyenin üzerindeyse, bunların gemi dalgaları olmayıp, depremin habercisi depreşim dalgaları olma olasılığı yüksektir.

Marmara Denizi'nde yüksek şiddette deprem olacağı, yer bilimciler tarafından saptanmış durumda. Böylesi bir deprem deniz tabanında olacağına göre, sualtı kütle hareketleri oluşturabileceği ve depreşim dalgası yaratabileceği durumu göz önüne alınmalıdır. Depreşim dalgası oluşumu ve etkileri hakkında sağlıklı bilgilere ulaşmak ve önlemler geliştirmek için ABD ve Japonya'da uygulandığı gibi bilgisayar modeli kullanmak, büyük önem taşımaktadır.

Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı verileri (son yüzyıldaki deprem merkezleri) kullanılarak, Ege ve

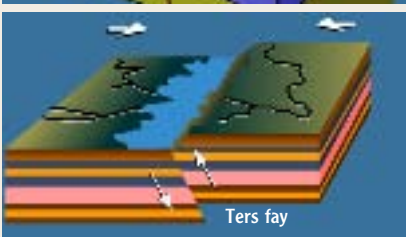
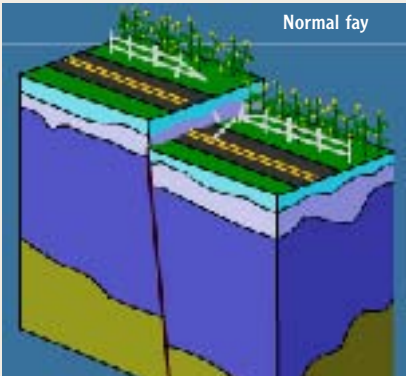
Akdeniz'de ülkemiz kıyılarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemesi olası depreşim dalgalarının tahmin edilen oluşma bölgeleri olarak, toplam 19 bölge gösterilebilir. Geçmişte yaşanmış ya da gelecekte ortaya çıkabilecek olası depreşim dalgalarının bu bölgelerde oluşmuş ya da oluşacak olması beklenebilir.

Ege ve Akdeniz için olası depremler, bu bölgelerde var olan sismik boşluklarda yer alabilecektir. Bu depremlerin depreşim dalgası oluşturabilecek nitelikte fay hareketine neden olması beklenebilir. Ancak oluşacak fayın doğrultu ya da düşey atımlı olması, bölgede heyelana dönüşebilecek taban eğimi ve zemin malzemesinin bulunup bulunmaması, tsunami oluşumu için en önemli parametrelerdir.



**Merkezüstü:** Yerkabuğu içinde bulunan odak noktasının yeryüzündeki izdüşümü.

**Fay/Kırık:** Yerkabuğu ve üst mantoda kaya tabakalarının koptuğu ve kaydığı yerdeki zayıf nokta. Başka bir deyişle yerkabuğundaki deformasyon enerjisinin artması sonucunda, kayaç küt-



lelerinin bir kırılma düzlemi boyunca yerlerinden kaymasıyla ortaya çıkan kırık. Faylar deprem sonucunda ortaya çıkar, depremler daha önceden var olan faylar boyunca ortaya çıkar.

**Faz:** Farklı bir tür sismik dalganın gelişini belirten ve sismogramda (deprem kaydı) görülen bir hareket ya da salınım.

**Kırılma:** Yırtılma, bükülme ya da yön değiştirme.

**Kıtasal Kayma:** İlk kez Alfred Wegener tarafından öne sürülen ve dünya kıtalarının başta tek bir parça olduğunu söyleyen kuram. Kara parçaları buradan koparak uzaklaştı ve kıtaları oluşturdu.

**Levha:** Yeryüzü kabuğunu meydana getiren dev bölümlerden her biri. Levhalar sürekli hareket halindedir.

**Levha Sınırı:** İki ya da daha fazla levhanın birleştiği hat.

**Levha Tektoniği:** Yeryüzü kabuğunun ve üst mantonun (litosfer) belli sayıda katı ama sürekli hareket eden parçalara ya da levhalara ayrıldığını söyleyen ispatlanmış ve halen geçerli olan kuram.

**Mikro-Deprem:** Richter ölçeğinde büyüklüğü 2 ya da daha düşük olan deprem.

**Ödak:** Bir depremin ilk hareketinin ve elastik dalgaların yer kabuğu içinde başladığı ve enerjinin açığa çıktığı nokta.

**Öncü Deprem:** Daha büyük bir depremden ya da ana şoktan birkaç saniye ya da birkaç hafta önce gelen ve büyük depremin kırılma alanının

içinde ya da yakınında ortaya çıkan küçük deprem.

**Periyot:** İki dalga tepesi (tepesi) arasındaki zaman.

**Rayleigh Dalgası:** Bir taşın suya atıldığına benzer hareketliliği olan yüzey dalgası. Bu dalgalar depremler tarafından yaratılan en yavaş, fakat en büyük ve yıkıcı kesme dalgalarıdır. Büyük depremlerde gelişlerini görmek mümkündür. İngiliz fizikçisi Lord Rayleigh'in adıyla anılır.

**Richter Ölçeği:** Bir depremin kuvvetinin ya da ortaya çıkardığı gerilim enerjisini, sismografik gözlemlere dayanarak ölçmeye yarayan sistem. 1935'te Prof. Charles Richter tarafından geliştirilen logaritmik bir ölçeği temel alır ve fiziksel bir araç değildir.

**Tektonik:** Yerkabuğunun biçim değiştirmesi sonucunda ortaya çıkan yapıya ilişkin (yapı: kayaç kütlelerinin kıvrılma, kırılma gibi biçim değiştirme olayları sonucu birbirleriyle ilgili) durumları.

**Yırtılma Zonu:** Bir deprem sırasında faylanmanın (yırtılmanın/kırılmanın) meydana geldiği yeryüzü alanı. Toplu iğne başından binlerce km<sup>2</sup>'lik bir alana kadar değişebilir.

**Yüzey Dalgaları:** Cisim dalgalarına göre daha yavaş yayılırlar. Ancak genlikleri daha büyüktürler. İki türü vardır: Love ve Rayleigh dalgaları. Depremler sonucunda ortaya çıkar ve dünya çevresini birkaç defa dolaşabilirler. Bir yöne doğru giden G dalgaları G1, G3, G5 ... şeklinde adlandırılırken, ters yönde yayılanlar G2, G4, G6 ... şeklinde adlandırılırlar.

**R Dalgaları:** Dünya çevresini dolaşabilen bir tür Rayleigh dalgasıdır. Adlandırılmaları G dalgalarının gibidir (R1, R3, R5 ...).

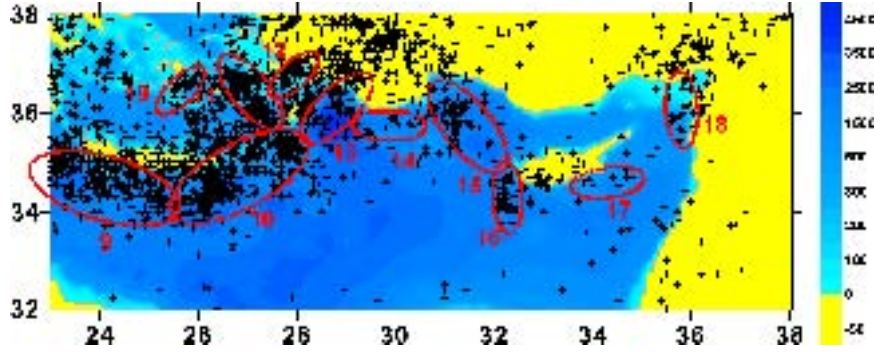
**Zemin İvmesi:** Zemin üzerindeki bir birim kütlenin üzerine deprem nedeniyle gelen kuvvetin ölçüsü olan zemin hareket parametresidir. Yapılar için yıkıcı etkisi olanlar S ve yüzey dalgalarıdır. Deprem sırasında yapıyı etkileyen yanal ve düşey yükler, kuvvetli zemin ivmesinin sonucu olarak ortaya çıkarlar. Yapı mühendisliğinde en yaygın olarak kullanılan parametreyse en büyük zemin ivmesidir.

Bunlara rağmen, eldeki bilgiler ve veriler değerlendirildiğinde, bu bölgelerin hemen hepsinde (ancak öncelikli olarak Güney Ege ve Akdeniz'deki bölgeler içinde) düşey atımlı faylanma ve bazılarında da denizaltı heyelanları beklemek yanlış olmaz.

## Ege Denizi'nde Depreşim Dalgası Oluşma Olasılığı Olan Bölgeler

Ege Denizi'ndeki son yüzyılda alet-sel veriler yardımıyla saptanan deprem merkezlerinin dağılımları incelendiğinde, bu merkezlerin hemen hepsinin, denizlerdeki derin bölgeleri izlediği görülür. Bölgelerin dağılımına bakıldığında, Kuzey Ege'de Saros'tan başlayıp güney batıya yönelen ve denizde çukur bölgeleri izleyen Kuzey Anadolu Fay zonunun Kuzey Ege'deki uzantısı üzerinde bulunan 4 ayrı bölge (Bölge 1-4), Karaburun Yarımadası kuzeyi (Bölge 5), Midilli adasının güneyi ve batısı (Bölge 6-7), Sakız adasının batısı (Bölge 5), Santorini, Astypalaea ve Amorgos adaları üçgeni içinde kalan bölge (Bölge 19), Rodos adasının kuzeyi (Bölge 11, 12), Girit ve Rodos'un güneyinden Anadolu'ya, Dalaman Fethiye açıklarında Akdeniz'in en derin yerinden geçerek yönelen Hellenic Yay (Bölge 9, 10, 13), sayılabilir.

Bu bölgeler arasında 19 no'lu bölge içinde Santorini, Columbus ve Christiana volkanları yer almakta olup, bu volkanlar tarih içinde aralıklı olarak etkinleşmişlerdir. Ege denizi depreşim dalgalarının kayıtlarda yer a-



Türkiye'nin Akdeniz kıyılarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemesi olası depreşim dalgalarının, son yüzyıldaki deprem merkezleri kullanılarak tahmin edilen oluşma bölgeleri (Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı Verileri)

lan en eski depreşim dalgası M.Ö. 1629-1630 yıllarında oluşan, Santorini Volkanı patlamasına bağlı Minos dönemi depreşim dalgasıdır. Bu dalganın oluştuğu yer 19 numaralı Bölge içinde kalır. Bu dalganın kıyılarda bıraktığı izler Didim'de kıyından 60 m uzakta ve 1,5 m yükseklikte bulunmuş olup, Fethiye'deki izleri kıyından 210 m uzakta ve 2,5 m. yüksektedir. Bölge 19 aynı zamanda 9 Temmuz 1956 Güney Ege Depreşim Dalgasının da oluştuğu bölgedir. Datça'nın ve İstanköy (Kos) adasının güneyinde yanibaşımızda yer alan Nissiros adası da diğer bir etkin volkan olup 12 numaralı bölgede yer alır.

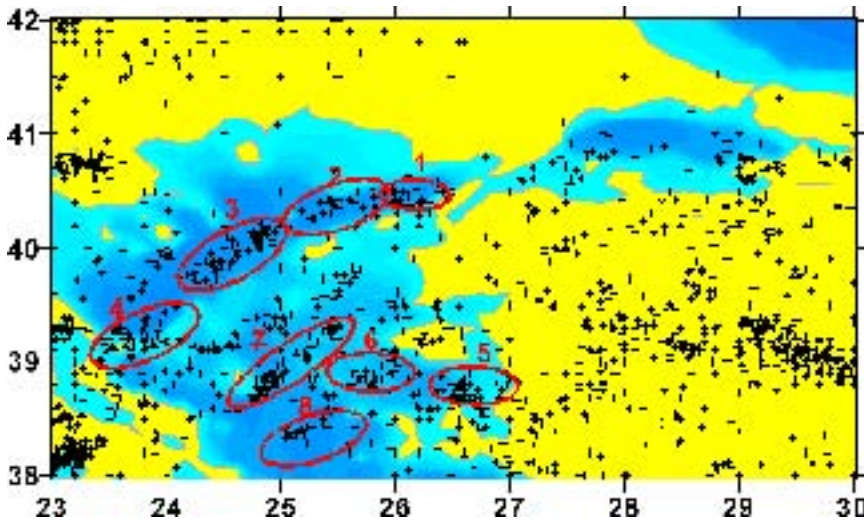
## Doğu Akdeniz'de Depreşim Dalgası Oluşma Olasılığı Olan Bölgeler

Ülkemizin güneyine rastlayan doğu Akdeniz'deyse Kaş açıkları (bölge 14), Kıbrıs Antalya arası (bölge 15), Kıbrısın güney batısı (bölge 16), Kıbrısın güney doğusu (bölge 17) ve İskende-

run körfezi güneyi (bölge 18) yer almaktadır. Bu bölgeler arasında yer alan 9 ve 10 numaralı bölgeler, tarih içinde doğu Akdeniz'de en etkili olan depreşim dalgasının (365 yılı doğu Akdeniz depreşim dalgası) olduğu tahmin ediliyor. 15 ve 16 numaralı bölgelerin 20 Mayıs 1222 depremine bağlı dalga sonucu oluştuğu düşünülüyor. Kıbrıs, Anadolu ve Suriye kıyılarında etkili olmuş olan 1202 Levant kıyıları depreşim dalgasının oluştuğu yerinse bölge 18'e rastladığı düşünülebilir.

Tsunami hareketinin modellenmesi çalışmalarında, deniz taban hareketine bağlı olarak tanımlanan başlangıç dalgası özellikleri (yırılma süreçleri) kullanılarak sayısal çözüm yoluyla dalganın denizde ve sığ sularda ve karadaki dalga hareketleri hesaplanabilir.

Tuncay Taymaz<sup>1</sup>, Onur Tan<sup>1</sup>, Seda Yolsal<sup>1</sup>  
Ahmet Cevdet Yalçın<sup>2</sup>, Ceren Özer<sup>2</sup>,  
Hülya Karakuş<sup>2</sup>, Uğur Kuran<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>İTÜ, Maden Fak., Jeofizik Müh. Böl., Sismoloji ABD  
<sup>2</sup>ODTÜ İnş. Müh. Böl., Deniz Müh. Araş. Mer.  
<sup>3</sup>Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara



Türkiye'nin Ege kıyılarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemesi olası depreşim dalgalarının, son yüzyıldaki deprem merkezleri kullanılarak tahmin edilen oluşma bölgeleri (Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı Verileri)

**Kaynaklar**  
DeMets ve diğ. (1990). Current plate motions, *Geophysical Journal International-Oxford*, 101, 425-478.  
Kious, WJ ve Tilling, R.F. (1996). *This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics*, USGS-NEIC.  
Le Pichon, X, Taymaz, T. Şengör, C. (2000), "important Problems to be Solved in the Sea of Marmara", Presentation at Nato Advanced Research Seminar, Integration of Earth Sciences on the 1999 Turkish and Greek Earthquakes and Needs for Future Cooperative Research, Abstracts page: 66-69, 14-17 May 2000, Istanbul  
Mai, P. M. and Beroza, G. C., (2000) Source scaling properties from finite-fault-rupture models *BSSA*, 90, 604-615.  
McKenzie, D ve Morgan, W.J. (1969). The evolution of triple junctions, *Nature*, 224, 125-133.  
Yalçın, A.C., (2000), "Modeling of August, 17, 1999 İzmit Tsunami and Future Tsunamis in the sea of Marmara", Invited Presentation at HAZARD 2000, 8th Conference on Mitigation of Natural and Man Made Hazards", 22-26 May, 2000, Tokushima, Japan  
Tan, O. (2004). Kafkasya, Doğu Anadolu ve Kuzeybatı İnan Depreşimlerinin Kaynak Mekanizması Özellikleri ve Yırılma Süreçleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Müh. Doktora Programı, 308 sayfa, Ekim, 2004.  
Wilson, J.T. (1963). Evidence from islands on the spreading of ocean-floors, *Nature*, 197, 536-538.



# TSUNAMİDEN KORUNMA

Doğal felaketler hiç beklemediğimiz zamanlarda ve beklemediğimiz biçimlerde gerçekleşebilir. Bununla birlikte, dünyanın her yerinde çeşitli doğal afetler yaşanıyor, insanlar ve çevre bundan zarar görüyor. Doğal afetler genellikle engellenemez olsalar da, bunlardan korunmanın birtakım yolları var. Türkiye'nin bir deprem ülkesi olması nedeniyle, birçoğumuz depremden korunma konusunda bilgi sahibiyiz. Ama özellikle okyanuslara kıyısı olan ülkelerde depremle birlikte gelen bir başka felaket daha var: tsunami. Denizlerde olan depremlerden ya da yanardağ patlamalarından sonra görülen tsunamilerin de, en az depremler ve yanardağ püskürmeleri kadar yıkıcı etkileri olabiliyor. Bunun için, tsunamiler konusunda da hazırlıklı olmak ve böyle bir afet karşısında nasıl davranmak gerektiğini bilmek çoğu zaman hayat kurtarıcı olabiliyor.

Tsunami yalnızca depremin olduğu bölgeyi değil, depremin merkez üssünden yüzlerce kilometre uzaktaki kıyıları da vurabiliyor. Bu dev dalgalar, saatte 800 km'ye varan hızlarda ilerlediğinden, birçok ülke için tehlike söz konusu. Bu nedenle erken uyarı sistemleri kuruluyor. Bunlardan biri olan ve Büyük Okyanus'ta bulunan Pasifik Tsunami Uyarı Merkezi, okyanusta gerçekleşen herhangi bir depremin yerini saptayan birçok istasyonla bağlantılı çalışıyor. Depremin tsunamiye yol açma olasılığı varsa, hemen Büyük Okyanus çevresindeki yerleşim yerlerine gerekli uyarılar yapılıyor. Kıyılarda kurulmuş olan gelgit istasyonları aracılığıyla da tsunami dalgalarının gelişini izleniyor, halka gerekli uyarılar yapılıyor. Ancak, yanardağ püskürmesine ya da deprem merkezine çok yakın kıyılarda yaşayanlar için kimi zaman gerekli uyarıları yapmaya yeterli zaman bulunamayabiliyor. Bununla birlikte, tsunami riski taşıyan yerlerde yaşayanlar da, tıpkı Türkiye gibi deprem riski olan ülkelerde yaşayanlar gibi, kimi önlemleri almaları yolunda önceden uyarılıyorlar.

## Tsunami Öncesi

Altı ayda bir gözden geçirilen ve yenilenen bir acil durum çantası hazırlayın.

Tsunami olasılığına karşı, ev, işyeri ya da okuldaki güvenli bir yere ulaşılacak alternatif bir yol planı çizin. Bu yolu kullanarak alıştırmaya başlayabilirsiniz.

Ailenizle olası bir tsunami anında yapılması gerekenleri içeren bir acil durum planı yapın.

Tsunami genellikle deprem ya da yanardağ patlaması sonrasında oluştuğu için, bu tür afetlerden sonra denize kıyısı olan bir yerde yaşıyorsanız tsunami olasılığını göz önünde bulundurun ve yapılan uyarıları dinleyin. Bunun için en uygun

araç, pille çalışan bir el radyosu olacaktır.

Unutmamak gerekir ki, bir deprem ya da yanardağ patlamasının etkisi saatler sonra bile, özellikle okyanusa kıyısı olan çok uzak yerleşim yerlerini vurabilir. Bu nedenle tetikte bekleyin, yetkililerin uyarılarını dinleyin ve denizde anormal bir hareket ya da renk değişimi olup olmadığını gözleyin.

## Tsunami Sırasında

Yetkililerden tsunami uyarısı gelirse, acil durum çantanızı alın ve hemen binayı terk edin. Yeterli zamanınız varsa, evden çıkmadan önce, elektrik, su, doğalgaz vb. vanalarını kapatın.

Okuldaysanız, öğretmen ve okul yöneticilerinden uyarılarını dinleyin.

Tsunami olasılığı varsa, derhal kıyından uzaklaşın ve olabildiğince yüksek bir yere çıkın.

Deprem olduğunda deniz kıyısında bulunuyorsanız, tsunami uyarısını beklemeden hemen kıyından uzaklaşın.

Eğer o sırada betonarme bir bina içindeyseniz ve kaçacak kadar zaman yoksa, mümkün olduğunca üst katlara çıkmaya çalışın, sıkı sıkıya tutunabileceğiniz sabit ve ağır bir sütun bulun.

Dalganın çarpmasıyla yıkılabilecek binalardan ve köprülerden uzak durun.

Akarsu ve su kanallarından uzaklaşın.

Tsunami dalgaları birden fazla olabileceği için

## Acil Durum Çantası

Acil durum çantası enkaz altında kaldığımızda (ulaşabiliyorsak eğer) ya da felaket sonrası dışarıda geçireceğimiz günlerde kullanabileceğimiz gerekli eşyaları barındırır. Kişisel bir acil durum çantasında olması gerekenler:

- \*Su
- \*Enerji veren yiyecekler
- \*Bir kat giysi
- \*El feneri, radyo ve yedek piller
- \*İlk yardım çantası, kişisel ilaçlar
- \*Çakı
- \*Düdük
- \*Kalem, kâğıt
- \*Bir miktar para
- \*İçinde önemli telefon numaraları ve iletişime geçilecek kişilerin adresleriyle, önemli evrakların fotokopilerinin bulunduğu su geçirmez dosya.

\*Aile fotoğrafı

\*Küçük bir oyuncak (çocuklar için hazırlanan çantada)

Her altı ayda bir çantanızı elden geçirmeli, pilleri, ilaçları, suyu ve yiyeceği yenilemelisiniz.

asla ilk dalgadan sonra tehlikenin geçtiğini düşünüp kıyıya yaklaşmayın.

Tsunami sırasında büyük bir gemi ya da tekneyle denizde bulunuyorsanız, uyarı yapıldıktan sonra limana dönmeye çalışmayın, açık denize doğru yol alın. Tsunami, su seviyesinde hızlı değişimlere ve limanlarda beklenmedik akıntılara neden olabilir.

Limandaki kayık ve küçük teknelerde bulununlar içinse, karaya çıkmak ve hemen kıyından uzaklaşmak daha güvenlidir.

## Tsunami Sonrasında

Yetkililerden yapılan uyarıları dinlemeyi sürdürün, talimatlara uyun.

Eğer buldukları yer sizin için de tehlike oluşturuyorsa, yaralı ve kazazedelere yardım edin.

Mümkünse çıplak ayakla yere basmayın; cam kırıkları ve diğer parçalar nedeniyle afet sonrası ayak kesikleri en sık rastlanan yaralanmalardır.

Çocuk, yaşlı ve engelli bireyleri bulunan komşularınızın yardıma gereksinimleri olup olmadığını kontrol edin.

Telefonu yalnızca yardım çağırma ve çok acil durumlar için kullanın.

Etrafta hâlâ su varsa binaya girmeyin. Tsunami suları, binaların temelini zarar verip çökmesine ya da yıkılmasına neden olabilir.

Binaya girdiğinizde fener yardımıyla elektrik, su ve gaz kaçağı olup olmadığını, yangın ya da yıkılma tehlikesini kontrol edin.

Yerel yetkililer güvenli olduğunu bildirmeden musluk suyu içmeyin.

Zehirli yılanlar gibi, suyun etkisiyle yuvalarından çıkan hayvanlara dikkat edin.

Tavan, siva ve duvarların yıkılma riskini kontrol edin.

Binayı kurutmak için pencere ve kapıları açın. Binaya dolan çamuru, duvarların kuruyabilmesi için ıslakken boşaltmaya çalışın.

**Türkiye kıyılarında da daha önce tsunami görülmüştür ve bundan sonra da görülebilir. Günümüzde kıyılarda çok sayıda tesis ve bina bulunması ve kıyıların çok yoğun kullanılıyor olması, tsunaminin yaratacağı etkileri artırabilir.**

Elif Yılmaz

## Kaynaklar

- <http://www.fema.gov/rrr/talkdiz/tsunami.shtm>
- [http://ioc.unesco.org/itsu/categories.php?category\\_no=17](http://ioc.unesco.org/itsu/categories.php?category_no=17)
- [http://redcross.org/services/disaster/0,1082,0\\_592\\_00.html](http://redcross.org/services/disaster/0,1082,0_592_00.html)
- <http://www.nws.noaa.gov/om/brochures/tsunami6.htm>