

## TSUNAMİLER\*

*Tüm Dünya üzgün ve şaşkın. Güneydoğu Asya'da meydana gelen 9 Büyüklüğündeki depremin ardından oluşan tsunami dalgaları yaklaşık 200 000 insanın ölümüne neden oldu. Maddi zarar 14 Milyar dolar. Yüzyılımızın en önemli 5 büyük depreminden biri. Son 40 yılın en büyük doğal afeti. 1000 km. Tık kırık boyunca tüm coğrafya değişti. Afetlerin arttığı bir yüzyıla mı giriyoruz? Türkiye kıyılarında tsunami olur mu?*

*Prof. Dr. Şükrü ERSOY,*

*YTÜ Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi*

*Beşiktaş-İstanbul*

*[sersoy@yildiz.edu.tr](mailto:sersoy@yildiz.edu.tr)*

Mitolojiye inanır mısınız bilmem ama yeryüzünde söylencelerin, destanların büyük bir kısmı geçmişte gerçekten olmuş doğal afetlere dayanmaktadır. Bu öykülerin önemli bir kısmı da su baskınları üzerinedir. Nuh Tufanı, Atlantis ve Gılgamış destanı gibi daha birçok öykü hep suların gücüyle ilgilidir. Yunan mitolojisinde depremleri ve tsunamileri oluşturan insan biçimli tanrı Poseidon (roma tanrısı olarak Neptün) öfkelenince deprem ve dev deniz dalgaları oluşturan bir tanrıdır. Bu söylencelerden birine göre (Yunan mitolojisi), Atinalıların kralı Theseus'un, Hippolytus adında yakışıklı bir oğlu vardır. Theseus'un karısı Pheadra, Hippolytos'a aşık olur, fakat aşkına karşılık bulamaz. Hippolytos'un onu reddetmesi üzerine Phaedra Hippolytos'un kendisine tecavüz ettiğini söyleyen bir mektup bırakarak kendini asar. Theseus, Phaedra'nın ölümünden etkilenip Hippolytus'un suçlu olduğuna inanır. Hippolytus savaş arabasını taşlık deniz kıyısında sürerken dev bir deniz dalgası (tsunami) onun üzerine gelir ve kıyıyı sular altında bırakır. Dalga çekildikten sonra Hippolytus'un parçalanmış cesedi bulunur. Hippolytus'un ölü bedeni sonunda gerçeği geç te olsa öğrenen Theseus'a götürülür. Phaedra ve Hippolytos'un efsanesindeki dalğanın Santorini volkanının M.Ö. 1600'lerde harekete geçmesinden kaynaklanan tsunami olduğuna inanılmaktadır. Şu anda adı Thera olan bu volkanik ada, Akdeniz'de Girit'in kuzeydoğusundadır. Günümüzden 3600 önceki bu katalizmik hareketlenme (geçmişte kaydedilen en kuvvetli volkanik hareketlenme) Girit'teki Minoan medeniyetinin yok olmasında büyük rol oynamıştır. Volkanik hareketleme yüzünden meydana gelen deniz dalgaları Girit'e yakın kıyıları ve tarımsal alanları sular altında bırakmıştır. Doğu Ak-

denizdeki kıyasal düz arazilerin çoğunda sular altında kalmıştır. Hatta bu dev dalgalar birkaç saat içinde Mısır kıyılarını bile vurmuştur. Efsanevi mitolojik ülke Atlantis'in sular altında kalması ile ünlenen Deucalion ve kızı Pyrrha hakkındaki söylencedeki su baskınlarının nedeni de bu dalgalarla açıklanabilir.

Tsunamilerle ilgili ilk bilgiler M.Ö. 6. yüzyıldan önce Anoksogoras, Demokritos, Aristotile, Starbo ve Pliny ile başlar M.Ö. 5. yüzyılda Thucydides tsunamilere depremlerin neden olduğu görüşünü savunmuştur. Orta çağda İbni Sina ve Omar Al Alam'da bu görüşün üzerinde durmuştur. Aynı görüş Darwin ve diğer araştırmacılar tarafından paylaşılmıştır. Tsunami konusunda en önemli çalışmalar bundan en çok zarar gören Japonlar yapmıştır. Orta Doğu'da tsunamiye ilişkin ilk bilgiler günümüzden 4000 yıl öncesine dayanan Ugarit ve günümüzden 3370 yıl öncesine dayanan Ras Samara'da bulunan tabletlerde yazılıdır. Tsunami sözcüğü literatüre 1896'da 26 000 kişinin öldüğü Japonya'daki Meiji Büyük Sanriku tsunamisinden sonra kullanılmaya başlamıştır.

### **Tsunami nedir ?**

Tsunami deniz tabanının düşey hareketinden kaynaklanan uzun okyanus dalgalarıdır. Japoncada liman dalgası anlamına gelir. Tsunami "tunami" diye okunur. Tsunamiler bazen sismik deniz dalgaları olarak da isimlendirilirler. Bazende -yanlış olarak- gel-git dalgaları da denir.

Tsunamilerin belirtileri çok az veya hiç olmadan kıyı kesimlerinde büyük zararlar meydana getirebilir. Bu bölümde bunların nasıl

**Tablo 1: Tarihteki en büyük tsunamiler.**

Tarih	Kaynak Bölgesi	Yüksekliği	Olufum Sebebi	Vurum
1600 MÖ	Santorini		<b>Volkanik Patlama</b>	Akdeniz ve Yunan kıyılarını <i>harap etmiştir.</i>
1/11/1755	Portekiz	5-10 m	<b>Deprem</b>	<i>İspanya ve Portekiz kıyılarında yüzlerce insan can vermiştir</i>
13/8/1868	Peru-Şili	>10m	<b>Deprem</b>	<i>Havaii'ye zarar vermiş ve Yeni Zelanda da gözlenmiştir.</i>
27/8/1883	Krakatau	40 m	<b>Volkanik Patlama</b>	<i>30,000'den fazla ölü</i>
15/6/1896	Sanriku, Honshu	24 m	<b>Deprem</b>	<i>Yaklaşık 26,000 ölü</i>
2/3/1933	Honshu	>20m	<b>Deprem</b>	<i>Dalgalardan dolayı 3000 kişi hayatını kaybetmiştir</i>
1/4/1946	Aleutian Adası	10 m	<b>Deprem</b>	<i>Hilo'da 150 kişi ölmüş, Havai'de 25 milyon dolarlık hasar meydana gelmiştir.</i>
23/5/1960	Şili	>10m	<b>Deprem</b>	<i>Şili kıyıları boyunca 909 kişi ölmüş ve 834 kişi kaybolmuştur. Japonya ise 120 kişi ölmüştür.</i>
28/3/1964	Alaska	6 m	<b>Deprem</b>	<i>Kaliforniya 'da 119 kişi ölmüş ve 104 milyon dolarlık hasar oluşmuştur.</i>
2/12/1992	Endonezya	26 m	<b>Deprem</b>	<i>1000 den fazla kişi ölmüş ve bir çok köy hasar görmüştür.</i>
2/9/1992	Nikaragua	10m	<b>Deprem</b>	<i>170 ölü, 500 yaralı ve 13,000 insan evsiz kalmıştır.</i>
12/7/1993	Okushiri	31 m	<b>Deprem</b>	<i>239 ölü</i>
2/6/1994	Doğu Java	14 m	<b>Deprem</b>	<i>238 ölü</i>
14/11/1994	Mindoro Adası	7m	<b>Deprem</b>	<i>49 ölü</i>
9/10/1995	Jalisco, Meksika	11 m	<b>Deprem</b>	<i>1 ölü</i>
1/1/1996	Sulawesi Adası	3.4 m	<b>Deprem</b>	<i>9 ölü</i>
17/2/1996	Irian Java	7.7 m	<b>Deprem</b>	<i>161 ölü</i>
21/2/1996	Peru Kıyıları	5m	<b>Deprem</b>	<i>12 ölü</i>
17/7/1998	Papua Yeni Gine	15m	<b>Deprem</b>	<i>2200' den fazla ölü. Maddi hasar çok fazla.</i>

meydana geldiklerini ve ne çeşit zararlar oluşturacaklarını inceleyeceğiz. Ayrıca, erken uyan sistemleri ile ilgili çalışmalarında anlatacağız. Herşeyden önemlisi tsunamileri Türkiye kıyıları için değerlendireceğiz.

#### **Tsunaminin Fiziksel Özellikleri**

Normal okyanus dalgaları ortalama 100 m dalga uzunluğuna sahip olabilirler. Karşılaşılacak olursa tsunamilerde dalga

uzunluğu 200 km'ye kadar çıkabilir. Ayrıca Tsunami diğer normal okyanus dalgalarına göre daha hızlı hareket eder. Suyun en derin olduğu okyanusun açık bölgelerinde tsunamilerin hızı saatte 900 km veya daha fazla olabilir (Normal okyanus dalgalarının hızı saatte 90 km'ye yakındır). Hız ve su derinliği arasındaki ilişki nedeniyle, dalgalar sığ kıyı sularına eriştiklerinde birbirlerinin üzerine yığılır biçimde aniden yavaşlarlar. Bu dalga

yüksekliğinin sakin su seviyesinden çarpıcı bir biçimde artmasına neden olur. Bazı verilere göre bu dalgaların normal deniz seviyesinin 20, 30 hatta 40 metre kadar üzerine çıktıkları belgelenmiştir.

Tsunaminin kıyıya eriştikten sonraki davranışı normal okyanus dalgalarından farklıdır. Bazen kıyıdaki su, tsunami başlangıcından önce belirgin şekilde çekilebilir. Bu sırada deniz tabanı görülür. Balıklar çırpınmaya başlar. Tekneler tabana vurur. Çekilme olarak bilinen bu duruma göre, dalga tekrar kıyıya vurduğunda araştırma için ya da izleme için gidenlerin ölümüne sebep olabilir. Tsunaminin uzun dalga boyu nedeni ile kıyıya ulaşması ve çekilmesi uzun zaman alabilir. Su seviyesi yükselip doruk noktasına ulaştıktan sonra bu noktada dakikalarca kalabilir. Tsunamiiler içinde doruk noktasına ulaşım 1 saat gibi uzun bir zaman alabilir. Bunun nedeni hıza ve dalga boyuna bağlı olan dalga frekansıdır. Uzun dalga boyuna sahip tsunami dalgasının bir tepe noktasından bir sonraki tepe noktasına ulaşma süresi uzun zaman alır. Dalga periyodu dediğimiz süre 5-60 dakika kadardır.

#### Kıyı Şeridinin Tsunamiye Etkisi

Tsunami kıyıya ulaştığında su seviyesi oldukça yüksek bir hal alır (genellikle metre cinsinden ifade edilir). Tsunami nedeni ile meydana gelen yükselmeler, dalga yüksekliğinin su derinliğinden, deniz dibi profilinden ve kıyı şeklinden etkilenmesi dolayısı ile bölgeden bölgeye değişiklik gösterir. Bazı durumlarda kıyı çizgisi dalgayı koruyucu bölgelere doğru yönlendirerek saptırabilir. Sözcüğü, Marmara denizinde meydana gelen bir tsunaminin Saray Burnu'na çarptıktan sonra yön değiştirerek Eminönü'ne, oradan Halic'e girmesi olasıdır. Denizdibi topografyası veya kıyı dağılımları yüzünden dalga enerjisinin belli bir kıyı çizgisinde yoğunlaşmasına Dalga Kapanı denir. Eğer dalgalar dar ve uzun koy veya nehir ağzınlığında yoğunlaşırsa, Bore denen dalga duvarı oluşabilir. Bunu yukarıda verdiğimiz örnekle şöyle açıklayabiliriz. Halic'e doğru yön değiştiren dalgalar buradaki vadinin dar ve dik yamaçlı olması nedeniyle var olan dalga yüksekliğinin -örneğin, 3 metre kabul edersek- daha yüksekliğe çıkması yani dalga 3 metre

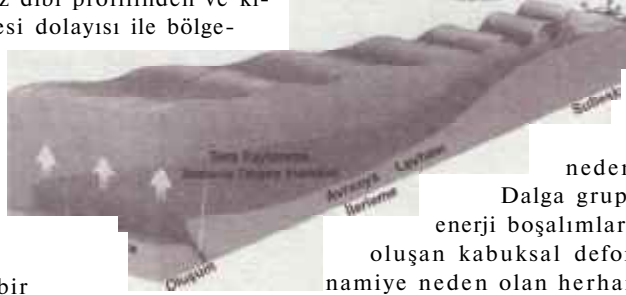
ise bu olay sonucu 5-10 metreye çıkması (tektir. Bu da Halic vadisi içindeki Eyüp ve yakınındaki yerleşim alanlarının da sular altında kalması demektir. Aslında açık deniz kenarında olmayan normalde bu tür anormal dalgalardan etkilenmesi beklenmeyen bu yerleşim alanlarının kıyı topografyasından kaynaklanan fiziksel bir durumla zarar görmesi demektir.

Tsunaminin yüksekliği daha sonra etkilenen bölgede yapılan gözlemlerle ortaya konur. Bu gözlem sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır. Yapıların kenarındaki su izleri, dalgalar tarafından karaların içlerine doğru fırlatılan çökeller, deniz kabukları ve yosunların bulunduğu yerler, ağaçlardaki tuzlu suların etkilediği yükseklikler, taşınan cisimlerle zarar gören ağaçların yükseklikleri ve buna benzer parametrelerle dalga yüksekliği belirlenir. Olağan dışı tsunamilerin bastığı kıyılarda ağaçlar tuzlu sular nedeniyle etkilenir ve hatta yok olabilir.

#### TSUNAMİLER NASIL OLUŞUR?

Büyük bir deniz dibi hareketine neden olan bu olay, aynı zamanda eşit hacimdeki suyun yer değiştirmesine de neden olur. Tsunamiilerin çoğu deprem, volkanik patlama, denizaltı heyelanı, göktaş çarpması gibi etkilerle oluşur. Deniz içindeki her depremde tsunami oluşmayabilir. Genellikle normal ya da ters faylanma dediğimiz düşey bir hareket gerekir.

Çoğu tsunami kıyıya yakın ya da uzak depremler nedeni ile meydana gelir. Dalga gruplarının asıl sebebi, enerji boşalmaları ve deprem sonucu oluşan kabuksal deformasyonlardır. Tsunamiye neden olan herhangi bir depreme tsunamijenik deprem denir. Bu tür depremlerin en büyüğü 1703 yılında Japonya'nın Awa liman şehrini vuran depremdir. Bu depremde oluşan tsunamide 100 000 kişi bir anda hayatını kaybetmiştir. Bu şekilde oluşan diğer bir büyük deprem de 1755 Lizbon depremidir. Bu depremde dalga yüksekliğinin normal deniz seviyesinin 5 m üzerine çıkmasıyla Portekiz ile İspanya kıyılarında 60.000 insanın ölmesine neden olmuştur (o zamanki nüfus 235.000'dir). Tsunaminin büyüklüğü onu meydana getiren depremin büyüklüğüne bağlıdır. Daha büyük bir deprem daha büyük bir tsunaminin meydana gelmesine neden olur.





Şekil 2 : Dalma-batma kuşaklarında tsunaminin oluşumu.

Depremlerin büyüklüğü ile tsunamilerin ilişkisi her zaman bu kadar basit değildir. Tsunamilerin meydana geliş nedeni kabuğun yatay deformasyonlarından çok düşey deformasyonlarıyla ilgilidir.

Faylar boyunca deniz tabanının 6 metre yer değiştirmesine rağmen, 1906 San Fransisko Depremi'nde tsunami meydana gelmemiştir. Depremin olduğu San Andreas Fayı, suyun dibinde düşey hareket olmadığı, yatay bir ötelenmeyle karakterize edilir. Bunun tersine, deniz tabanı düşey olarak hareket ederse su, sanki bir kürekle deformasyon seviyesinden dışarıya atılıyormuş gibi davranır. Yani, normal veya ters faylar boyunca gelişen düşey hareketler sonucu kabuksal ötelemeler tsunamiyi oluşturur.

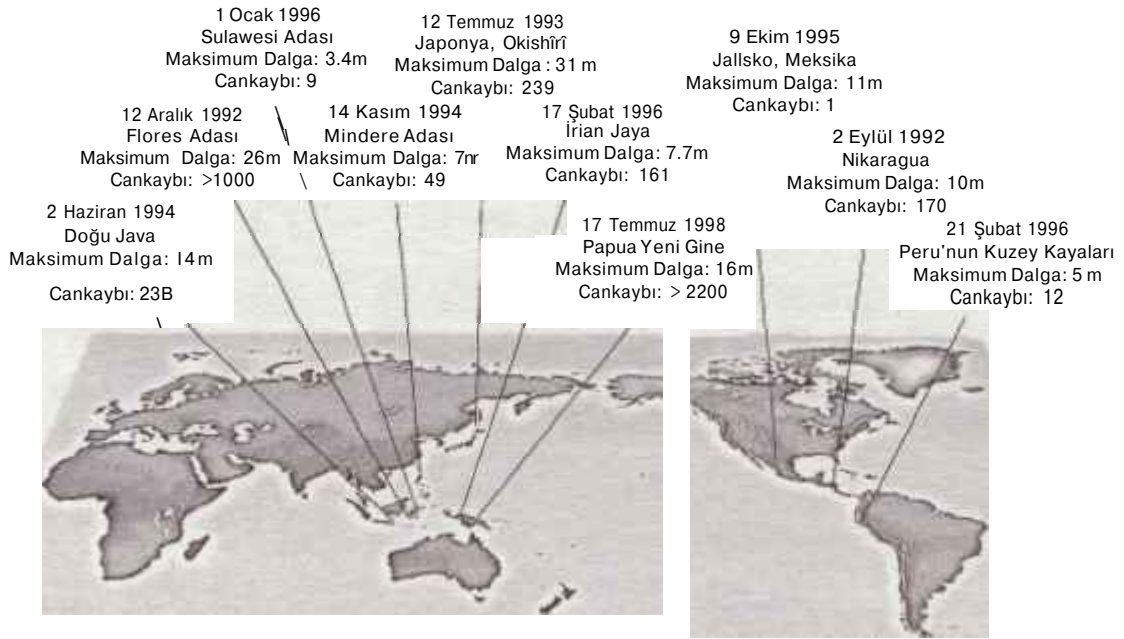
Büyük depremlerde meydana gelen düşey hareket normal veya ters faylanma olsa bile, bazen orta büyüklükte bir tsunami oluşur ya da hiç oluşmayabilir. Bazen de meydana gelen deprem küçük ya da orta büyüklükte olmasına rağmen oluşan tsunami beklenenden daha büyük olabilir. Bu nedenle Japon uzmanlar tsunami oluşturan depremleri kökenlerine göre ayırmışlardır. Bir depremler, sarsıntının büyüklüğüne göre alışılmışın dışında tsunamiler yaratabilirler. 26.000 kişinin hayatını kaybettiği ve dalgaların 24 metreye yükseldiği 1986 Sanriku Depremi ile saate 800 km'lik bir hızla 4,5 saat sonra 18 metrelik dalgalarıyla Hilo kıyılarında 150 kişinin ölümüne ve 25 milyon dolarlık maddi zarara neden olan 1946 Unimak Depremi böyledir. Çünkü, bunlar çok büyük ölçekli depremler değildir. Buna rağmen hasar büyük olmuştur.

Okyanuslarla büyük anakara arasında takım adaların olduğu ve iki kıtanın birbirinin altına daldığı kıyılarda depremden sonra adaların su altındaki pekişmemiş kütleleri derin deniz, çukurlarına doğru kayar ve çökerler

(Şekil 2). Bu durum depremin etkisinin daha da büyümesine neden olur ve büyük tsunamiler oluşur. Sanriku ve Unimak tsunamileri bu şekildedir. Dalma batma kuşağı olmamasına karşın böyle bir etki Marmara denizinde de oluşabilir. Çünkü Marmara'da 1000 metreyi geçen 3 tane çukur bulunmaktadır. Bu çukurların yamaçlarında askıda duran, kaymaya hazır bazı çökel kütleleri vardır. Bu çökellerin varlığı bu konuda uzman olan Doç. Dr. Erkan Gökaşan ve arkadaşları tarafından denizaltı sismik kesitleriyle ortaya konmuş ve bunlar bilimsel platformlarda tartışılarak kabul görmüştür. Bu demektir ki Marmara'da büyük olmayan (yaklaşık M=6.5) bir depremde bile büyüklüğü ile bağdaşmayan anormal tsunamiler oluşabilir.

Diğer taraftan, 2 Eylül 1992'de orta büyüklükteki Nikaragua Depreminde (Richter ölçeğine göre 7 büyüklüğünde) beklenenden daha büyük bir tsunami oluşmuştur. Tsunaminin maksimum dalga yüksekliği 10 metreye varmıştır. Dalgalardan yaklaşık 170 kişi hayatını kaybederken, 500 kişi de yaralanmıştır. Bu arada 1500 ev yıkılmış ve 13 000 kişi evsiz kalmıştır. Sanriku ve Aleutian adalarının tersine Nikaragua kıyıları jeolojik olarak daha farklıdır. Bu farklılığa rağmen her ikisinde de orta büyüklükteki depremlerde büyük tsunamiler oluşmuştur. Bunun nedeni Sanriku ve Hilo depremlerinde heyelanlar depremin etkisini arttırmıştır. Nikaragua da ise tsunamiyi büyüten faktör fayların düşey hareketidir.

Yıllar boyunca sismologlar büyük depremleri oluşturan karışık tektonik hareketleri anlamak için sismik dalga formlarını incelemektedir. Bilim adamları tsunamileri anlamak için tsunami kayıtlarında geliş tarihlerine ve diğer verilere bakarak bu tsunamileri tekrar yaratmaya yani modellemeye çalışmaktadırlar. Tsunamileri modellemek, depremleri modellemekten daha kolaydır. Bu tür modelleme çalışmaları artık Türk bilim adamları tarafın-



**Şekil 3:** Dünyanın önemli tsunamileri ve etkili oldukları yerler.

dan da yapılmaktadır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nden Doç. Dr. Ahmet Cevdet Yalçınlar hem Marmara hem de Ege ve Akdeniz için bu tür bilgisayar modelleriyle gelecek depremlerde oluşabilecek olası tsunamilerin hangi yükseklikte, hangi kıyılara vuracağı konusunda öngörüler geliştirmektedir. Diğer bir uluslararası ekip ise kurulan bu modellerin doğru olup olmadığını araştırmaktadır. Ekipte Doç. Dr. Ahmet Cevdet Yalçınlar ile birlikte, İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği öğretim üyesi Prof. Dr. Yıldız Altınok, Afet İşleri Genel Müdürlüğünden Uğur Kuran, Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi Başkanı olarak bendeniz ile birlikte Japonya Tohoku Üniversitesi ve Yunanistan'dan gelen öğretim üyeleri bulunmaktadır. Ekip Türkiye kıyılarında yaptığı kazılarda tsunamilerin kara içlerine getirdiği çökelleri bulup, bunların içindeki organik maddeleri radyokarbon 9 yöntemiyle yaşlandırıp geçmişte hangi depremden meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu yöntem paleosismoloji denmektedir.

**Volkanlarla oluşan tsunamiler :** Volkanik patlamalar tsunami oluşturabilir. Sözgelimi, Ege'deki Santorini ve Pasifikteki Krakatau volkanlarındaki püskürmelerin tsunami yarattığı tarihi kayıtlardan bilinmektedir. Volkanik bir patlama büyük hacimlerde kayaları gökyüzüne fırlatma gücüne sahiptir. Eğer volkan suyun altındaysa bu sefer de büyük hacimlerde suyu yerinden oynatabilir ki bu da tsunamileri yaratır. Krakatau olayında, 1883 Plinian püskürmesi üç büyük tsunami ve birçok küçük dalga yaratmıştır. Bu dalgalarda 36.417 kişi hayatını kaybetmiştir.

Ölümlerin bir çoğu tsunamiden kaynaklanırken diğer bir kısmı da çıkan lavlar sonucu olmuştur. Krakatau volkanı Java yarımadasının batısındadır ve çok önemli bir deniz ticaret yolu üzerindedir.

**Heyelanlarla oluşan tsunamiler :** Tsunamiler kıyı ve denizdibi heyelanları sonucu meydana gelebilirler. Bu tür kayma ve çökmeler ise çoğunlukla volkan ve deprem aktiviteleri ile oluşurlar. Denizdibi kanyon yamaçlarında gevşek tutturulmuş çökeller birikebilirler. Bunlar herhangi depremlerle sarsıldıklarında kanyonun dibine doğru hareket ederler. Kuzey Amerika'nın batı kıyıları boyunca meydana gelen bu tür kütle hareketleri tsunami yaratmıştır. Sözgelimi, Good Friday Depremi en az 20 ayrı göçme sonucu tsunamileri tetiklemiştir.

**Sualtı Patlatmalar sonucunda oluşan tsunamiler :** Tsunamiler bazen insanlar nedeni ile oluşurlar. Örneğin 1940 ve 1950'lerde Marshall Adası Bikini atolünde yapılan nükleer denizaltı testleri tsunamiler meydana getirmiştir.

Nehirlerde, Baraj göllerinde ve körfezlerde meydana gelen tsunamiler : Tsunami dalgalan gibi dalgalar nehir, baraj gölleri ve körfezler gibi daha küçük ve kapalı bölgelerde de meydana gelebilirler.

### **Tsunamilerin Kıyılara Verdiği Zararlar Nasıl Azaltılabilir**

Tsunamideki asıl hasar, dalgaların kıyıdaki yapılara direkt etkisi sonucudur. Yine de dolaylı olarak başka zararları da vardır. Sözgelimi,

mi, suyun yükselmesi ve alçalması evleri makineleri ve demiryolu araçlarını yerlerinden oynatabilir; binalar temellerinin aşındırılması sonucu yıkılabilir, ağaç ve araçlar mermi görevi görebilir; sıkıntıların kazınması sonucu köprüler ve dalgakıranlar çökebilir; gemi ve depolardan sızan petrol yangınların çıkmasına neden olabilir (Şekil 4).

#### Önlem ve Erken Uyan Sistemleri:

Hint okyanusunu çevreleyen ülkelerde tsunami uyan sistemi bulunmamaktadır. Böyle bir sistemin yokluğu 26 Aralık'taki Güney Asya depreminin tsunamisinde can kayıplarının çok yüksek olmasına neden olmuştur. Ölü sayısı ne yazık ki yaklaşık olarak 200 000'e varmıştır. Bu kayıplar azaltılamaz mıydı diye kendimize sormadan edemiyoruz. Çünkü bu dalgalar Sri Lanka'ya 2 saatte, Madagaskar ve Afrika kıyılarına ise 4 saatte varmıştır. İlkel yöntemlerle bile bir uyan yapıp binlerce insanın hayatı kurtarılamaz mıydı? Telefon mesajlarıyla ya da sözelimi CNN kanalının acil haberleriyle duyurulamaz mıydı? Bu iş biraz karışık görünüyor. Görünen o ki bu olay daha çok sorgulanacağına benzer. Amerika'da Oklohama Devlet Üniversitesinde jeoloji profesörü olan dostum İbrahim Çemen'e göre erken uyarı sisteminin maliyeti 10 milyon dolardır. Bunca insanın hayatına değmez miydi?

Tsunami merkezlerinin asıl çabalan tsunami yaratan depremlerin mekanizmaları anlamak üzerinedir. Tsunami yaratan depremlerin büyüklükleri diğer depremlere nazaran daha büyük olsa da deprem büyüklüğü tek belirleyici kriter değildir. Yer kırığının uzunluğu, yönü ve yeri de çok önemlidir. Bu yüzden bir depremin tsunami yaratıp yaratmayacağı konusunda Richter her zaman en uygun ölçek olmamaktadır. Bazı bilim adamları açığa çıkan enerjiye dayalı olarak "sismik moment" in kullanılmasının daha uygun bir

ölçü olacağını düşünmektedir. Sismik moment, zemin materyalinin elastik özelliklerini, fay alanını ve depremden sonraki ötelenmeyi dikkate alan bir ölçüdür.

Tsunami ve tsunamik depremler daha çok Pasifik Okyanusu adaları ve Pasifik Okyanusu kıyılarına zarar vermektedir. Hawaii, tsunamiye en çok maruz kalan yerleşim bölgelerinden biridir. Çünkü yeri Pasifik Körfezi çevresindeki sismik noktalar tarafından tetiklenen dalga yolları üzerindedir. Siren ve radyolar tsunamiye karşı halkı uyarmaktadır ve ayrıca telefon rehberlerinde risk altındaki kıyı bölgeleri işaretlenmiştir.

#### Bölgesel Uyan Sistemleri

Ani hücumu ve ilerleme hızına rağmen, eğer tsunaminin merkezi 750 km'den uzaktaysa (yaklaşık olarak 1 saatlik yolculuk süresi) tsunamileri önceden haber vermek için bir çok yol vardır. Pasifik'te şimdi birçok değişik erken uyan sistemi bulunmaktadır. Bu sistemlerden bir tanesi, NOAA (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi) ve Honolulu yakınındaki PTWC (Pasifik Tsunami Uyan Merkezi) tarafından geliştirilmiştir. Pasifik havzası yakınında 30 tane sismik, 78 tane deniz istasyonundan oluşan uluslararası gözlem istasyonu kurulmuştur.

Bir deprem olduğu zaman sismik istasyonlar tarafından belirlenir; eğer depremin büyüklüğü ve yeri belirlenmişse, lokal deniz ölçü aygıtları gözlem istasyonlarına tsunaminin geldiği haber verir. Eğer tsunami çok büyükse, Pasifik boyunca alarm verilir. Pasifik kenarı boyunca değişik lokal istasyonlarca tsunaminin geliş zamanları hesaplanabilir. Tsunamiler genellikle saate 750 km hızla ilerlediğinden, alarmı iyice yaymak için en az 1 saat gerekir. Bu da uyan sisteminin işe yaraması için tsunami merkezinin yerleşim yerinden en az 750 km uzaklıkta olması gerektiğini gösterir.



Şekil 4: Banda Aceh (Endonezya) kentinin kuzey kıyıları



önceki ve sonraki durumu (ÇuickBird uydusu görüntüsü)

Yerel uyarı sistemleri tsunami merkezinden 100-700 Km çaplı bölgeleri uyarmakta kullanılır (10 dk-1 saat arasında). Yerel sistemler depremlerden oluşan tsunamilerin oluştuğu bilinen sözgelimi, Japonya, Alaska gibi yerlerde kurulmuştur.

## **TSUNAMİLER TÜRKİYE**

### **KIYILARINI ETKİLER Mİ ?**

Akdeniz'de tarihsel dönemde meydana gelen tsunamilerin büyük bir kısmı Türkiye kıyılarında yer almaktadır. Bir deprem bölgesi olan Türkiye'nin 8333 kilometrelik kıyı şeridinde tarihsel dönemde son 3000 yılda 80'in üzerinde tsunami olmuştur. Marmara Denizi, İstanbul, İzmit Körfezi, İzmir ve çevresi, Fethiye ve İskenderun Körfezleri tsunamilerin yoğunlaştığı bölgelerdir. Karadeniz'de ise ancak 2 tane tsunami kaydına rastlanmaktadır. İstatistikler Türkiye ve çevresinde ortalama 41 yılda bir tsunami olayının yaşandığını göstermektedir. Bu tsunamilerde kıyılarımızda ciddi can kayıpları yaşanmıştır. Örneğin, Rodos Adası'nın önündeki 4000 metrelik dar ve uzun çukurda Afrika Kıtası Anadolu ve Ege kıtası altına dalmaktadır. 1609'da bu bölgede meydana gelen deprem sonucu oluşan tsunamide Fethiye kıyıları da dahil olmak üzere 10 000 -12 000 kişinin hayatını kaybettiği kaydedilir. Tsunami kazılan yapan ekibimiz Datça, Marmaris, Fethiye ve Samandağı kıyılarında yaptığı kazılarda tarihsel dönemdeki tsunamilerin izlerini bulmuştur. Bu araştırmalar devam etmektedir.

Marmara tsunamileri : Marmara kıyılarında son 3000 yılda 30'un üzerinde tsunaminin oluştuğunu biliyoruz. Oluşum yerleri açısından doğu Marmara daha ağırlıklıdır. Bunlardan özellikle 1509 ile 1984 yılında Marmara içinde meydana gelen depremlerde oluşan tsunamiler en önemlileridir.

10 Eylül 1509 İstanbul Depremi : Son 500 yılda Marmara'da oluşmuş en büyük depremdir. Bolu'dan Edirne'ye kadar zarar vermiştir. 1000'in üzerinde ev yıkılmış 5000 insan hayatını kaybetmiş 10 000 dolayında insan da yaralanmıştır. Galata köprüsü parçalanmış Pera ve İstanbul merkezi arasındaki surları dalgalar aşmış kıyılan sular basmıştır. Yenikapı surlarını aşan dalgalar Aksaray'ı su baskına uğratmış, İzmit Tersanesi'de sular

altında kalmıştır. Hu depremin oluşturduğu tsunaminin dalga boyunun 6 metreyi aşıdığı, büyüklüğünün ise 8 civarında olduğu ileri sürülmektedir.

10 Temmuz 1894 İstanbul Depremi : Öğlen saat 12.24'de meydana gelen bu deprem İstanbul, Yunanistan, Konya ve Anadolu'nun büyük bir kısmında hissedilmiştir. 474 kişinin ölümüne ve 482 kişinin yaralanmasına neden olmuştur. 1773 yapı hasar görmüştür. Deniz suları Avcılar ile Kartal arasında 50 metre çekilmiştir. Bazı yerlerde ise deniz önce yükselmiş ve sonra çekilmiştir. Genellikle yükseldiği görülmüştür. Sahil çizgisi hiçbir yerde kalıcı olarak yer değiştirmemiştir. Deniz suyu kabardıktan sonra 200 metre sahile taşmış birkaç dalgalanmadan sonra normale dönmüştür. Adalar civarında ve Büyük Çekmece ile Kartal arasında tsunami gözlenmiştir. Dalga yüksekliği 6 metreden az ve büyüklüğü 7'den küçüktür.

Gerek araştırmalar ve gerekse tarihsel kayıtlar hem Marmara'da hem de Türkiye'nin diğer kıyılarında tsunamilerin görülebileceğini göstermektedir.

### **SONUÇ OLARAK**

Özetle, deprem ve tsunami kıyı ve denizlerimizde her an etkili olabilecek doğal tehlikelere arasındadır. Tarihsel kayıtlar bu bilgileri destekler niteliktedir. Üstelik Türkiye kıyılarında yapılan kazılarda geçmişteki depremlerin yarattığı büyük deniz dalgaları olan tsunamilerin izleri bulunmuştur. Bu tür dalgalann günümüzde oluşma olasılığı değerlendirilmeli, kıyı belediyeleri, endüstri, yat, balıkçı limanları ve küçük tekne bannaklarının kullanıcıları ve denizcilere yönelik bilgilendirme çalışmaları yapılmalıdır. Yoğun yerleşim alanı olması ve büyük sanayi alanlarının yer alması nedeniyle Marmara deniz kıyıları bu tehlikelerle karşı karşıyadır. Bu konudaki hayati kararların ivedi olarak alınması gerekir. Kıyı alanlarındaki yerleşim yerleri için bu anlamda önceden uyan, koruyucu, önleyici ve zararları azaltıcı önlemlerin önceden alınması yerinde olacaktır. Marmara kıyılan için geliştirilen depreme hazırlık çalışmaları, diğer kıyılanız için de gecikmeden hayata geçirilmelidir.

Afetsiz günler dileğiyle...

\* Star Haber Ocak 2005 Sayı 5 de yayınlanmıştır.