

# KIYILARIMIZI BEKLEYEN DOĞAL BİR AFET: TSUNAMI



*Okyanustarda, derin denizde varlığı hissedilmezken, sığ sulara gelindiğinde dik yamaçlı kıyılarda ya da V-tipi daralan körfez ve koylarda 30 metreye ulaşabilen dalga yüksekliği ile tsunami insanlar için tayfun, yangın, çığ, sel gibi doğal bir afet haline gelmektedir.*

**Eşref Atabey**  
JMO Bilimsel Teknik Kurul Üyesi  
atabey@mta.gov.tr

Tsunami; tarih boyunca can ve mal kaybı konusunda önemli etkileri olan doğal bir afet olmuştur. Kıyı bölgelerinde nüfus yoğunlaştıkça tsunamilerin yol açtığı can kaybı da dünya'da giderek artmaktadır. Anadolu çevresindeki denizlerde tarih boyunca tsunamilerin oluştuğu bilinmektedir. Kıyılarımızda zarara yol açarak doğal afetlerin etkilerinin azaltılması için yapılacak çalışmaları tsunami özeline indirgeyebiliriz. Kıyılarımızda tsunami olması halinde önemli endüstri tesisleri zarar görecektir. Son yıllarda kıyılarımızda özellikle yaz aylarında yoğunlaşan nüfusla ve deniz seviyesine yakın olan yerleşim alanlarıyla, turizm tesisleri ve limanlar tsunami tehdidi altında bulunmaktadır.

## Tsunami Nedir?

Japonca'da "Liman Dalgası" anlamına gelen "Tsunami" sözcüğü okyanus ya da denizlerin tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı taban çökmesi, zemin kaynamaları gibi tektonik olaylar sonucu denize geçen enerji nedeniyle oluşan uzun salınımlı "dev deniz dalgası" demektir. 1896 yılında Japonya'da 21.000 kişinin ölümüne yol açan Büyük Meiji Tsunamisi sonrası dünyaya yaptıkları yardım çağrısı içinde yer alan Tsunami sözcüğü, bu tarihten sonra dünya dilleri literatürüne girmiştir.

Tsunami, Pasifik Okyanusu'nda çok sık, diğer okyanus ve denizlerde ise seyrek olarak gerçekleşir. Okyanus kabuğunun kırılması sonucu oluşan tsunami, okyanus açıklarında bir insan boyu kadar yükseklikte ve dalga boyu da yüzlerce kilometredir. Tsunami dalgasının diğer gelgit ya da rüzgar dalgalarından farkı, su zerreciklerinin sürüklenmesi sonucu hareket kazanmasıdır. Tsunamiden farklı olarak kapalı havzalarda, körfezlerde, göllerde, rüzgar ya da depremlerle oluşan küçük periyotlu dalgalar "salınım (seiche)" olarak adlandırılır. Bu dalgalar kıyılardan karşılıklı yansımalar sonucu, kapalı havza içinde gelişen uzun salınımlı dalgalardır. Dalga salınımı, havza geometrisiyle ilişkili olan havzanın salınım periyoduyla aynı olursa dalga büyür. Salınımın (seiche) tsunamiden farkı, tsunami hemen ve 4-5 dalgadan oluşur ve kısa sürede etkisini kaybeder. Salınım (seiche) ise daha geç, daha fazla dalgadan oluşur ve daha uzun süre etkilidir.

## Tsunami Nasıl Oluşur?

Tsunamilerin oluşması için;

1. Düşey yönlü bir hareketin olması gerekir. Bu düşey ya da normal faylanma ile oluşur. Bu olay doğrultu atımlı fayların bitiş (uç) noktasında da gerçekleşebilmektedir.
2. Depremlerin odak noktasının okyanus ya da deniz içinde olması gerekir.
3. Deniz ya da okyanus altında büyük çaplı kaynakmaların olması gerekir.
4. Okyanus ya da denizlerin tabanında volkanik patlamaların olması gerekir.

Tsunamiler; okyanus boyunca esen rüzgar dalgaları ile ay ve güneşin çekimine bağlı olarak gelişen gelgit dalgalarından ayrılmaktadır. Sert rüzgarlar açık denizde 30 metre yüksekliğinde dalgalar oluştursa da bunlar denizin derinliğinde etkili olmaz. Tsunami saatte 700 km hızla okyanus derinliklerinden kıyıya doğru yol alır. Bu hızla yol alan tsunami derin denizde tehlikeli değildir. Tek dalga birkaç m iken dalga boyu 750 km'ye ulaşır. Bu fark ise fark edilmeyecek bir eğim oluşturur. Ancak bu dalgalar sığ kıyılarda yüksek dalgalar oluşturur.

Tsunamiler oluşumu sırasında 3 evreden geçer.

1. **Oluşum evresi:** Bu evrede okyanus tabanındaki yerkabuğu kırılarak deprem oluşturur. Bunun sonucunda okyanus ya da deniz suyunun dengesi bozulur ve su kütlesi karıştırılır.
2. **Yayıma evresi:** Bu evrede ise oluşan dalga açık denizlerden kıyılara doğru hızla yayılır.

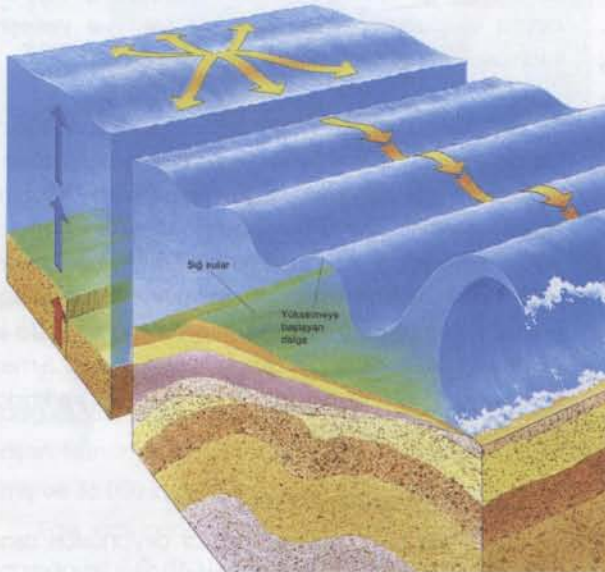
3. **Sel-Tufan evresi:** Son evrede ise karalar, kıyılardaki yerleşim alanları, tesisler, limanlar su altında kalır.

Tsunami sismik enerjiyi dalga dalga deprem merkezinden uzağa taşır. Başlangıçta suyun derinliği ve dalga boyu arttıkça tsunaminin hızı da artar. Dalga hızının su derinliğine bağlı olarak artması deniz tabanındaki yükselti ve çukurların dalga yönünü değiştirmesinden kaynaklanır. Sığ sularda dalgaların kırılması, suyun zemine çarpması, enerjinin suyun içine sıkışması sonucunda dalga yüksekliği ve dalga hızı artmaktadır. Son aşamada dalgaların kırılarak duvar gibi yükselmesi, sel ve tufana neden olmaktadır. Sular karaya yatay ve dikey olarak yayılır. Bu, kıyı boyunca karanın alçalmasına, deniz dibinin yükselmesine neden olur. Bunun sonucunda dalgalar önce bir tepcecik şeklinde denize yönelir, daha sonra çukur oluşturarak kıyıya hücum eder. Kıyılardaki çökmeler tsunaminin kıyıdaki etkisini artırır.

## Dünya'daki Tsunamiler

1895'ten sonra Pasifik tsunamilerinin dörtte biri Japonya kıyılarında oluşmuştur. Çünkü Japonya 4 ayrı tektonik levhanın (Avrasya, Pasifik, Hint-Avustralya ve Japon levhaları) birleşim noktaları üzerinde yer alır. Son yıllarda Japonya'yı vuran 150 tsunaminin %15'i can kaybına yol açmıştır. Son yüzyıl içinde en çok etki bırakmış tsunamiler aşağıda sunulmuştur.

Bu veriler içinde 1999 İzmit Tsunamisi son yıllardaki onbirinci tsunami olup, bu dönemde Pasifik dışında yaşanan ikinci tsunamidir (Synolakis ve Borrero, 1999).



Tsunami oluşum safhalarını gösteren blok diyagram (F.Watt)



17 Ağustos 1999 depremi sonrası Gölçük

YER	TARİH	DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ	TIRMANMA YÜKSEKLİĞİ (m)		CAN KAYBI
			EN YÜKSEK	ORTALAMA	
Krakatoa (Endonezya)	1883	-	-	-	36.000
Honşu (Japonya)	1896	-	-	-	21.000
Sanriku (Japonya)	1933	-	-	-	3.000
Mindanao (Filipinler)	1976	-	-	-	8.000
Nikaragua	1992	7.2	9.9	6-9.9	170
Flores (Endonezya)	1992	7.5	5.6	2-5.2	1.690
Hokkaido/Okuşiri	1993	7.6	29	10-16	250
Doğu Java	1994	7.2	14	5-10	223
Kuril Adaları	1994	8.1	9	1-3	9
Mindoro (Filipinler)	1994	7.0	9	1-5	62
Skagway (Alaska)	1994	Zemin Göçmesi	9	1-4	3
Mandırollo (Meksika)	1995	8.0	11	1-5	40
Biak, Irian, Jaya (Endonezya)	1996	8.1	7	1-3	108
Papua Yeni Gine	1998	7.8	10	1-5	3.000

### Anadolu Çevresinde Tsunamiler

Anadolu'yu çevreleyen denizlerde tarih boyunca tsunamilerin oluştuğu belirlenmiştir. Antik adı Thera, günümüzdeki adı Santorini olan Güney Ege'deki adada İ.Ö. 1631'de bir volkan patlaması olmuş, bunun sonucunda da bir deprem ve tsunami meydana gelmiştir. Tsunamilerin taşıdığı volkan külleri, Ege kıyılarımızda üst üste katmanlar halinde Didim'de, kıyından 2 metre derinlikte ve 20 cm kalınlığında, Fethiye Çalış'ta 100 metre içeride, 1.5 metre altta, 4 cm kalınlıkta bulunmuştur (Yalçiner, 1999). Tarih belirleme analizleri bu katmanların 3.500-3.800 yıl öncesine ait olduğunu, tsunamilerin Girit, Didim ve Fethiye'ye ulaştığını, dalga yüksekliğinin Didim ve Fethiye'de 1 metre olduğunu ortaya koymaktadır. Thera Volkanı 1457, 1573, 1650, 1866 ve 1925'de faaliyete geçmiş ve her seferinde tsunami oluşturmuştur. Son bin yılda Ege'de deprem ve tsunami oluşturan bölgelerden biri Girit ve Rodos'u güneyden geçip, Anadolu'ya Dalaman-Kaş yakınından ulaşan "Helen Yayı" fay kuşağıdır. Afrika kıtasının Anadolu levhası altına daldığı yer burasıdır.

Dalaman deltasında yapılan araştırmalarda alüvyon altında kum ve deniz kabukları karışımından oluşan 3 katman bulunmuştur. Tsunamiye yol açan deprem nedeniyle, Dalaman deltasında sıvılaşma izlerine rastlanmıştır. Tarih belirleme çalışmasında Dalaman kıyıları 15. yy. sonlarında, 17. yy. başlarında ve 19. yy. içinde etkili 3 tsunami olmuştur. Kıyından 250 metre içeride olduğu ve dalganın 1.2 m yüksekliğe ulaştığı belirtilmektedir. 15.yy tsunamisi Leonardo da Vinci'nin notlarında bahsedilen ve Adalya'da (Antalya) gözlenen, 1489 yılında oluşan tsunami olabilir. 17.yy'da olan ise N. Ambraseys'in "Türkiye Çevresinin Sismik

Özellikleri" kitabında bahsedilen 1609 Rodos Depremi ve Tsunamisi, 19.yy'da olan ise 1800'lü yıllara ait olabilir (Yalçiner, 1999). Son yüzyıl içinde 1956'da meydana gelen ve "Güney Ege Tsunamisi" olarak adlandırılan tsunami, 250 kişinin ölümüne yol açmıştır. Ege Denizi'ni tsunami güney-kuzey doğrultuda 2 saatte geçebilir. Minos tsunamisi (İ.Ö. 1631) 1.5 saat sonra Güney Ege kıyılarımızı etkisi altına almıştır.

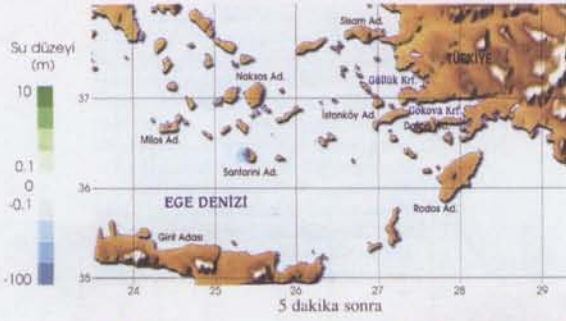
1999 yılında meydana gelen Gölcük depremi sonrası Gölcük ve Değirmendere kıyılarını etkisi altına alan tsunami dalgalarının yol açtığı zararlar bilinmektedir. Ancak İzmit'te tsunami olup olmadığı tartışmalı olup, kesinlik kazanmamıştır. Deprem ve dalgaların tanıklarına göre dalgaların 40 m. içeriye girdiği, 2-3 dalga oluştuğu, binaları, kıyıda tesis ve yerleşim alanlarını yuttuğunu belirtmişlerdir.

Şirinyalı'da dalgaların 3 metreye ulaştığına, Yarımcı'da denizin çekildiği ve sonra geriye gelerek ritimda zarara yol açtığına, Değirmendere'de "Atatürk" yolcu gemisinin kıyıya vurduğuna, Ulaşlı'da 5 metre yükseklikte dalga olduğuna, Güzelyalı'da denizin çekildiğine, 2-3 saniye sonra dalganın kıyıya tırmandığına tanık olunmuştur. Yerinde yapılan araştırmada İzmit tsunamisinin oluştuğu, dalga yüksekliğinin 2.5 metre olduğu ve Güzelyalı'dan Değirmendere'ye kadar etkili olduğu belirtilmiştir.

### Okyanusları Aşan Tsunamiler

Büyük deprem ve yanardağlar okyanusları aşan tsunami dalgaları oluşturmaktadır. 1960 yılındaki Şili açıklarındaki depremden sonra oluşan tsunami Büyük

## Minos tsunamisi (İÖ 1631)



Okyanus'u 15 saatte aşır 12.500 km yol kat ederek Hawaii Adalarını vurmuş, depremden 22 saat sonra Japonya kıyılarına da sular altında bırakmıştır.

Endonezya'daki Karakatau Adası'nı oluşturan yanardağ, 1883 yılında püskürmüş ve yüksekliği 30 metreyi aşan tsunamiyi oluşturmuştur. Çevredeki adaları etkilemiş ve 36.000 insanın ölümüne yol açmıştır.

Ege açıklarındaki Minos Adası'nda oluşan yanardağda bir (İ.Ö. 1631) tsunami oluşturmuş ve 1.5 saat sonra Anadolu'nun güneybatı kıyılarına etkilemiştir.

1946 yılında Alaska Adaları dolayında olan depremlerden sonra oluşan tsunami 3.700 km yol kat ederek Hawaii'yi etkilemiş ve 159 kişi ölmüştür. Tsunami kaynaklı ölümlerin %90'ı kaynağın 200 km çapı içerisinde meydana gelmektedir.

### Nasıl Korunmalı?

Tsunamiye karşı önlem alınması için özellikle Büyük Okyanus'ta erken uyarı sistemleri kurulmuştur. Belki ömrümüzde tsunami ile tanışma durumumuz olmayabilir. Ancak bilinmelidir ki, tsunami çok zayıf bir depremlerle bile oluşabilir. Deniz kıyısında hissedilen depremden sonra tsunami olma olasılığı her zaman vardır. Tsunaminin ilk etkisi deniz suyunun yavaş yavaş bir metre kadar yükselmesi ve çökmesi ile belli olur. Bu tsunaminin ilk dalgası olup, gelecek olan 2 ya da 3 adet dalganın da habercisidir. Yıkıcı dalgalardan önce okyanus ya da denizden gelen gök gürültüsü ya da uçak sesini andıran uğultu duyulabilir. Bu durumda:

- Kıyıdan hemen uzaklaşmak gerekir.
- Teknede bulunanlar kıyıdan uzaklara, açık denize giderek dalganın etkisinden kurtulabilir.
- Karadakilerin denizden uzaklaşması gerekir.
- Tsunami kıyıdaki meraklıları daha çok vurmaktadır. Meraklılar tsunamiyi izlerken ansızın kendilerini sürüklenirken bulabilirler.
- Tsunami konusunda bilgili olmak gerekir.
- Her an olabilir düşüncesiyle duyarlı ve hazırlıklı olunmalıdır.

### Kaynaklar

- Atabey, E., 2000. Deprem, MTA yayını Eğitim serisi:34, Ankara Cumhuriyet Bilim Teknik, 1999, Körfezde Tsunami Oldu ve Can Aldı, s. 660/14-5
- Ruiz, A.L., 1996. Volcanos and Earthquakes, Sequences of earth and space, New York
- Scientific American, 1999. (Çev: R. Oksay), Tsunami: Katil dalgalar, Cumhuriyet Bilim Teknik, s.653, 12-13
- Synolakis, C.E. ve Borrero, J., 1999. Son yıllardaki Tsunamiler, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, s. 383, 36
- Watt, F., 1993. (Çev: A. Yurtsever), Depremler ve Yanardağlar, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
- Watt, F., 1999. Deprem ve Tsunami Haberleri, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, s.383, 38.
- Yalçiner, A. C., 1999. İzmit Tsunamisi, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, s.383, 34-39.
- Yalçiner, A. C., 1999. Sabikalı Dalga Ege Tsunamileri, Atlas Dergisi, s. 80, 150-153.