

## DEPREŞİM DALGASI (TSUNAMİ) TANIM VE KORUNMA YÖNTEMLERİ

Ahmet Cevdet Yalçiner

ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, 06531 ANKARA

([yalciner@metu.edu.tr](mailto:yalciner@metu.edu.tr))

Şükrü Ersoy

Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Yıldız Istanbul

([ersoy@yildiz.edu.tr](mailto:ersoy@yildiz.edu.tr))

### ÖZET

Denizin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim nedeniyle ortaya çıkan dalgalar, Japonca'da tsunami olarak adlandırılmakta olan 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 dağal afet olarak yapabileceği etkileri saptayabilmek ve korunmak için yöntemler geliştirilmektedir. Bu yazı kapsamında dalganın tanımlaması ve fiziksel özellikleri anlatılarak, derin denizden kıyılara doğru hareketi, kıyılarda, sığ sularda ve karadaki davranışları hakkında bilgiler verilmekte, dünyadan önemli olaylar özetlenmekte, olası tsunami olayları karşısında gerekli olabilecek korunma yöntemleri anlatılmaktadır.

### DEPREŞİM DALGASI (TSUNAMİ)

#### Tanım ve Oluşma Mekanizması

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 alan sözcük olarak tanınmış, 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 kullanılmaktadır. Bunun 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 ilk kez Yalçiner ve diğerleri (2000) de verilmiştir.

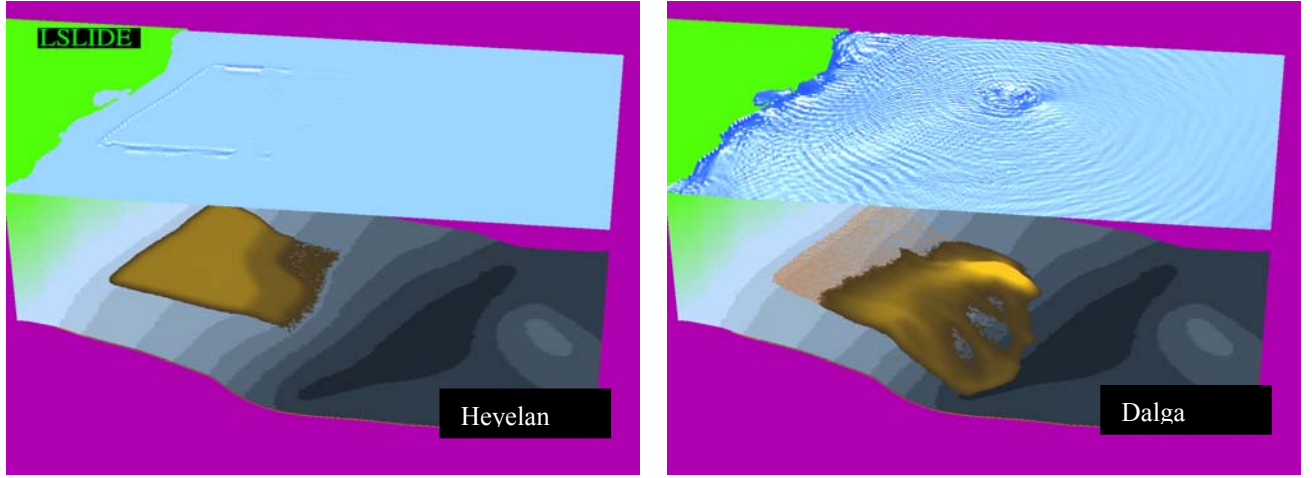
Deprem sırasında havuzlarda oluşan dalgalanma depreşim dalgası olarak adlandırılmaz. Ancak havuza atlayan bir insanın yarattığı dalga küçük ölçekte bir depreşim dalgasıdır. Doğada ise, denizlerin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim (deniz taban deformasyonu, çökmeler, oturmalar, zemin kaymaları, göçmeler, volkanik hareketler, meteor çarpmaları gibi kütle hareketleri) biçimindeki olaylardan herhangi biri yada 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 oluşturur. Çizim 1. de sualtı heyelanı ve depreşim dalgası oluşumu şematik olarak gösterilmektedir.

#### 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 centilmen dalga olarak tanımlanabilir. Ancak ikinci ve üçüncü dalgalar etkili olabilecek niteliktedir. 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. Kıyıya gelen dalga, denizin önce geri çekilmesi, veya karaya doğru ilerlemesi, ardından da karada dalga tırmanması ve su taşınımı oluşturur. Bunun sonucu olarak da kıyılarda şiddetli akıntılar ve su düzeyi değişimleri gerçekleşir. Dalganın zarar veren asıl etkisi fazla olduğu yerlerde birim derinlikte etkisiz bir tavır gösterirken, sığ sulara gelince yavaşlarken, bu şiddetli akıntılar olup, dalga yüksekliği zayıf bile olsa genellikle limanlar ve küçük tekneler barınaklarında etkili olması genel davranış biçimidir. Zaten Japonca'da liman dalgası sözcükleri ile tanımlanmasının nedeni de budur.



Çizim 1. Sualtı Heyelanı ve Depreşim Dalgası Oluşumu (Kaynak: Prof. Dr. Fumihiko Imamura)

### **Depreşim Dalgalarının Kıyılardaki İzlerinin Saptanması Amacıyla Tsunami Sonrası Yapılan Araştırmalar**

1992 Nikaragua depreşim dalgası ile, dünyadaki tsunami bilimcilerinin çalışma düzeninde bir yenilik yapılmıştır. O tarihten sonra, her önemli deprem ve tsunamiyi incelemek üzere bölgeye uzmanlar gönderilmiş ve ayrıntılı raporlar hazırlanmıştır. Bu tür depreşim dalgası araştırmalarında üç önemli olgu yer alması zorunludur. Bunlar, deneyimli ve bilgili araştırma ekibi, yeterli ölçüm mazlemeleri ve doğru hazırlanmış sistematik ve bilimsel anket sorularıdır. Alan çalışmalarında çeşitli sorulara anket, ölçüm, gözlem ve video film kayıtları yapılarak cevap aranmalıdır.

Depreşim dalgasının tanımlanması için yapılan alan çalışmaları ve anketlerde aşağıdaki temel sorular yer alır.

1. Kıyılardaki olağan dışı su düzeyi değişimleri hakkındaki gözlemler var mıdır? Varsa nelerdir?
2. İlk dalga kıyıya ne zaman ulaşmıştır?
3. Dalgalar kıyılarda ne kadar yükseğe tırmanmıştır?
4. Dalgalar kıyılarda ne kadar uzaklığa ilerlemiştir?
5. Dalgaların periyodu (iki dalga tepesi arasındaki zaman aralığı) nedir?
6. Dalgaların biçimi nasıldır? Deniz önce çekilmiş ya da ilerlemiş midir?
7. Denizdeki geri çekilme uzaklığı ve derinliği ne olmuştur?
8. Dalga kıyıya gelirken su düzeyi köpürme biçiminde ve dikleşerek mi yaklaşmıştır?
9. Depremden önce denizde herhangi bir olağan dışı durum gözlenmiş midir?
10. Hasarlar varsa ne düzeydedir?

Bu sorulardan 3 ve 4 için ölçümler ve diğerleri için de tanıklarla görüşmeler ve sistemli anketler yapılır, bu çalışmalara bağlı olarak yapılan sentez ve fiziksel tanımlama sonucunda, denizde oluşan olayın depreşim dalgası olup olmadığı, kıyılarda hangi bölgeleri etkilediği, kıyıdan ne kadar uzaklıkta ne büyüklükte bir alanda oluştuğu, deniz tabanında ne kadar yükselme ya da çökme biçiminde oluştuğu ve nasıl oluştuğu konusunda bilgilere ulaşılabilir.

## Güncel Durum

Depreşim Dalgaları tarih boyunca dünyanın hemen her yerinde defalarca oluşmuş kıyılarda hafif ya da ağır hasar yaratmış, can kayıplarına neden olmuştur. Can kayıpları açısından son üçyüz yıldaki tarihsel depreşim dalgalarının sıralaması Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Can kayıpları açısından son üçyüzyılda oluşan depreşim dalgaları

<i>Can kaybı</i>	<i>Yıl ve etkilediği ülkeler</i>
228,000–310,000	2004 Güney Asya Depremi, ( <u>Endonezya</u> , <u>Hindistan</u> , <u>Sri Lanka</u> , <u>Tayland</u> , Somalia, <u>Myanmar</u> , ve diğer ülkeler
100,000	<u>1755 Lizbon Depremi</u> , ölüm nedeni tsunami, deprem ve yangın. Portekiz ve Fas etkilenmiştir. Depreşim dalgası Atlantik Okyanusunu aşip Karaiplere ulaşmıştır.
70,000	1908, Messina, İtalya
40,000	1782 Güney Çin Denizi, Can kayıplarına Tayvan da dahildir.
36,000	1883 Krakatoa (Endonezya) volkan patlaması
30,000	1707, Tokaido-Nankaido, Japonya
27,000	1826 Japonya
25,674	1868 Şili
22,070	1896 Sanriku, Japonya ( <i>Tsunami</i> adı bu olaydan sonra kullanılmaya başlamıştır)
15,030	1792 Unzen Dağının neden olduğu tsunami, güneybatı Kyushu, Japonya
13,486	1771 Ryukyu Hendeği
5,233	1703 Tokaido-Kashima, Japonya
5,000	1605 Nankaido, Japonya
5,000	1976 Moro körfezi, Filipinler
4,000	1952 Borneo, Endonezya
3,000	1998 Papua Yeni Gine
3,008	1933 Sanriku, Japonya
2,000	1960 Büyük Şili depremi. Şili, Hawaii, Filipinler ve Japonya
2,000	1607 Bristol kanalı su baskını, İngiltere
165	1946 Aleutian Adası Depremi, Alaska, Hawaii, ABD
122	1964 Good Friday Depremi, Alaska, Hawaii, ABD

Depreşim dalgalarının oluşma ve kıyılarımızda etkileri her zaman önemini korumuş ve bu konuda geçmişte çok sayıda bilimsel yayın kaynaklarda yer almıştır. Bu kaynaklar ayrıntılı biçimde taranarak bu dergi içinde Prof. Altınok tarafından özetlenmiştir. Bu kaynaklarda yer alan geniş kapsamlı bilgilere karşın, bu önemli konu ülkemizde ancak, 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında kamuoyu gündemine gelmiştir. Bu deprem sırasında İzmit körfezinde oluşan depreşim dalgasının saptanması ve tanımlanması konusunda yürütülen uluslararası araştırma programları ve elde edilen sonuçlar çeşitli kaynaklarda yer almıştır. Yalçiner, (1999), Altınok, (1999), Yalçiner ve diğ.,(1999), Altınok ve diğ.,(1999), Yalçiner, Altınok, Synolakis,(2000), Alpar, Yalçiner, Özbay, (2000), Altınok ve diğ., (2000). 26 Aralık 2004 Endonezya depremi ve Hint Okyanusu Depreşim Dalgası olayı, doğal afetlerin tarihine geçerken, yeryüzünde hemen her yaştan, milletten yetkili, sorumlu ya da sade vatandaş için çok önemli dersler vermiş ve dünya gündeminde en önemli sıraya yerleşmiştir.

## DEPREŞİM DALGASI KONUSUNDA BAZI GERÇEKLER

Depreşim dalgaları ve Hint Okyanusu Depreşim Dalgası konusunda bazı gerçekler şöyle özetlenebilir.

- Tsunamiden sağ kurtulmuş bazı hamile kadınlar yeni doğan çocuklarının adını “tsunami” koymaya başlamışlar.
- Tsunami sözcüğü 1896’dan beri dünya dillerinde yer almış Japonca sözcüktür.
- Tsunamiler ve depremler kıyıdaki yeryüzü şeklini değiştirdiğinden duyarlı haritalarda hatalar oluşur.
- Güney Tayland’da yaşayan insanlar tsunamide ölen insanların hayaletlerinden korktukları için plajlardan uzak duruyorlarmış.
- Güney Asya Depremi Dünya’nın dönüşünü birkaç mikrosaniye kadar kısaltacak kadar sarsmıştır. Bu da Dünya’nın dönme ekseninde hafif bir değişme demektir. Bu miktar tayin edilememiştir. Teorik olarak depremin, bir günün uzunluğunu 2.68 mikrosaniye (yaklaşık bir günün milyarda biri) kadar kısalttığı söylenebilir.
- $M_w = 9.1$  büyüklüğündeki bu deprem Dünya’da 1900 yılından beri meydana gelen en güçlü dördüncü büyük depremdir.
- Gelgit dalgaları İngilizce’de genel olarak tsunami ile aynı amaçla kullanılır. Bu yanlış bir yaklaşımdır. Depreşim dalgasının ayın çekim kuvvetine dayanan gelgitle bir ilgisi yoktur.
- Depreşim dalgalarının hızı, kabaca yerçekimi ivmesi ile su derinliği çarpımının kareköküyle elde edilir. Örneğin 5000 m su derinliği olan okyanus alanında dalga hareket hızı uçak hızı (saatte 800 km) düzeyindedir.
- Hint Okyanusu depreşim dalgaları, depremin merkez üssünden 8000 km uzakta Güney Afrika’da, Port Elizabeth’e kadar ulaşmış ve burada can kaybına neden olmuştur. Bu nedenle bilinen tsunami tarihinde, en uzakta can kaybına neden olan tsunami budur.
- Güney Asya’daki bu depremde ortaya çıkan enerji 2. Dünya savaşında atılan atom bombasının 13 000 kez daha fazlası bir enerjinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Uluslararası Tsunami Komisyonu kurucularından Prof. Dr.

Tad Murty'ye göre, tsunami dalgalarının toplam enerjisi yaklaşık 5 megatonluk (20 petajoule) TNT'ye (bazı kaynaklarda 0.8 gigaton, ki bu değer ABD'nin 11 günde kullanılan enerji miktarını fazlası demektir) karşılık gelmektedir. Bu 2. dünya Savaşında atılan 2 atom bombasının yarattığı enerjini iki katından daha fazladır. En güvenilir sismik enerji tahminleri bu salınımın  $1.1 \times 10^{18}$  joule olduğunu ortaya koymaktadır. Bu da 0.25 gigaton TNT'nin yaydığı bir enerjiye eşittir. Bu enerji yer yüzeyinde yaklaşık 20-30 cm'lik bir salınma neden olmuştur. Bu değer Ay ile Güneş'in neden olduğu gelgit kuvveti etkisine eşittir. Depremin çok etkisi Dünya'yı baştan başa etkilemiştir. Oklahoma'da da hissedilen depremin burada 3 mm'lik düşey bir hareket neden olduğu kaydedilmiştir. Tüm yeryüzü ölçeğinde bu değer 1 cm kadardır. Yinede tsunami enerjisi depremin kendisinin yarattığı enerjiden daha azdır. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus da 2004 depreminde meydana gelen faylanmanın 1200 km olduğu varsayımından yola çıkılmıştır. Bu uzunluk Kuzey Anadolu Fayının tek parçada bir anda kırılmasına benzetilebilir. uzey Sumatra depreminde kırılan fay uzunluğu 1200 km olarak bahsedilmekte ise de, depreşim dalgası yaratan en önemli bölümünün güneyde kalan 450 km lik kısmı ile onun kuzeyinde kalan 150 km lik kısım olarak gösterilebilir.

- Hint Okyanusu depreşim dalgaları ile Sumatra kıyılarından alınıp açık denize taşınan tonlarca ağırlıktaki tomruklar, bir ay içinde 3000 km uzaklıktaki Maldiv adalarına taşınmıştır (Çizim 2.)
- Tayland hükümeti cesetlerin yanlış ailelere verilmemesi için her cesede DNA testi yapma kararı aldı. Bu test sonucu Sri Lankalı bir bebek 4 ay sonra doğru ailesine teslim edildi. Bir çocuğa sahiplenmek için 8 aile yarıştı.
- Güney Asya Tsunamisi ile deniz düzeyi bazı yerlerde 30 metreye (sözgelimi, Banda Aceh'te 32m, Meulaboh'ta yaklaşık 20 m) kadar yükseldi.
- Tsunamiden etkilenen ülkelere en büyük bağıışı 950 milyon dolarla Amerika Birleşik Devletleri yaparken; Pfizer ilaç şirketi 35 milyon dolarla en fazla yardım eden ülke oldu.
- Asya ülkeleri aralarındaki gelir dağılımı farklılığından dolayı bir araya gelip Hint Okyanusu'nda bir Erken Uyarı Sistemini henüz kurabilmiş değillerdir. Fakat, 2005 yılının Ocak ayında Japonya'nın Kobe kentinde yapılan Birleşmiş Milletler Konferansı'nda Hint Okyanusu Erken Uyarı sistemi kurmak için ilk adım atılmış olup, UNESCO bilgilendirme toplantılarındaki gelişmelere göre 2006 yılı sonuna kadar bu sistemin kurulması planlanmış durumdadır.
- Tsunami dalgalarının yüksekliği açık denizlerde bir veya birkaç insan boyu kadar olabilir ve derin sularda denizciler tarafından farkedilmezler. Kıyıdaki sığ sulara yaklaşırken dalga yüksekliği hızla artar.
- Resmi ölü sayısı 278 000 olarak açıklanmış olmasına karşın kayıplarla birlikte bu sayının 300 000'e vardığı düşünülmektedir.
- Tsunami kıyıya gelmeden önce genellikle kıyıda denizin çekilmesi gözlenir.
- Pekçok insan, tsunami gelmeden dakikalarca önce bazı hayvanların yüksek yerlere kaçtığını söylemektedir. Bundan sonra çok az sayıda hayvan cesedi bulunmuştur.



Çizim 2: Hint Okyanusu depreşim dalgaları ile Sumatra kıyılarından alınıp açık denize taşınan tonlarca ağırlıktaki tomruklar, bir ay içinde 3000 km uzaklıktaki Maldivlere taşınmıştır. Gulhi adasına ulaşan tomrukların görüntüsü.

### **YAKLAŞAN TSUNAMİNİN BELİRTİLERİ NELERDİR**

Tsunami ile ilgili olarak çeşitli zamanlarda oluşmuş belirtiler aşağıda özetlenmiştir.

- Deprem sarsıntısı hissedilebilir.
- Büyük miktarda gaz kabarcıkları suyun yüzünde görülebilir ve siz onu suyun kaynaması gibi görürsünüz.
- Dalgaların suları alışılmadık biçimde sıcak olabilir.
- Su çürük yumurta (Hidrojen sülfür) yağı ya da petrol gibi kokabilir.
- Su derinliği rahatsız edebilir.
- Gök gürültüsüne benzer bir gürleme duyulabilir. Bunlar aşağıdaki seslere benzer.
  - Jet uçağı gibi bir gürleme
  - Ya da bir helikopterin sesi
  - Veya bir ısıklık sesi
- Deniz kıyısından önemli bir miktarda çekilebilir.
- Ufuk çizgisinde kırmızı renkli bir flaş ışık görülebilir.
- Dalga yaklaşırken dalganın üstü kısmında bir kızılalık görülebilir.

## **TSUNAMİYE HAZIRLIK :**

Bir kentin hangi bölgelerinin hangi koşullarda ne düzeyde sular altında kalacağını gösteren haritalar yetkililer tarafından önceden hazırlanmalı ve yerel yönetimler tarafından incelenip, afet yönetim uzmanları tarafından sakinma ve hafifletme konusunda önlemler, kıyıları terk yolları haritalanmalı, terk yolu olmayan bölgeler için plan değişiklikleri yapılmalıdır. Plajlarda, denizyolları terminallerinde, kıyı kullanımının yoğun olduğu yerlerde depreşim dalgasından korunma ve sakinma amacına yönelik kısa anlamlı uyarıcı yazılar bulundurulmalıdır.

Acil durum aile planı hazırlayınız ve bir uzaklaştırma durumunda nerede toplanacağınıza karar veriniz. En yakın geçici konaklama yerinin nerede bulunduğunu araştırınız.

Yabancı kaynaklarda 3 gün yetecek acil durum çantasının hazırlanması tavsiye edilir. Bu ülkemizin koşullarında farklı bir biçimde ele alınabilir. Yine yabancı kaynaklarda bu çantanın içinde ilaçlar, çabuk bozulmayan yiyecekler, konserve açacağı, su, mum, el feneri, radyo, yedek pil, gözlük, kişisel hijyenik öğeler, giyecek, önemli evrakların kopyaları, aile kayıtları, mal dökümü, ilk yardım seti, uyku tulumu, araç ve ev anahtarları vb. şeylerin bulundurulması tavsiye edilir.

### ***Tsunami uyarısı verildiğinde;***

Televizyon, Radyo veya İlgili acil durum radyo kanallarını dikkatlice dinleyiniz.

Olasılı bir tsunami uyarısı yapıldığında uzaklaşmak için hazırlık yapılmalıdır. Eğer tsunami yakın bir zamanda bekleniyor diyorsa hemen yüksek bir yere gidilmelidir.

Eğer uzaklaşılması gerekli bir yerdeyseniz, çıkmadan önce vaktiniz varsa su baskınlarına ve yangınlara karşı önlem olarak elektrik, gaz, su düğmelerini kapatınız.

Çukur ya da deniz seviyesine yakın kısımlara dönmeden önce yetkililerin resmi açıklamalarını bekleyiniz.

### ***Eğer bastığınız yer ayakta duramayacak kadar çok güçlü bir şekilde sarsılmaya başlamışsa;***

Hemen bulunduğunuz yerden daha yüksek kısımlara çıkın! Eğer kıyıda denize yakın alçak bir bölgedeykeniz, güçlü depremi hissedeceksiniz; bu da birkaç dakika içinde tsunami geliyor demektir. Açık denizlerde bu zaman aralığı 15 dakika ile 15 saat arasında değişirken Marmara gibi kapalı denizlerde bu süre birkaç dakikadır. Eğer olanağınız varsa koşun, bisikletle ya da arabayla karanın içlerine ve yükseğe doğru gidiniz. Eğer bir binanın içindeyseniz yüksek katlara doğru çıkın.

### ***Neleri yapmamalısınız :***

Kıyıda deniz çekildiğinde merak edip izlemeye kesinlikle gitmeyiniz. Çünkü can kayıpların büyük bir bölümü bu sırada olmaktadır. Yani kısaca meraklılar büyük olasılıkla ölmektedir.

Eğer büyük bir uğultu duyarsanız bu sesin nereden geldiğini araştırmak yerine gürültüden uzaklaşmaya bakın. Çünkü tsunami dalgaları büyük uğultu yaratır.

Resmi açıklamalar yapılana dek tehlikenin geçtiğini sanmayın. Tsunamiler denizlere, okyanuslara ulaşan dereler, nehirler boyunca karaya doğru ilerlerler.

### ***Denizciler ve denizdekiler için uyarılar :***

Eğer denizdeyseniz ve bir tsunami uyarısı aldıysanız, açık denizde tsunami dalgası hissedemeyeceğinizden ya da göremeyeceğinizden limana ya da kıyıya kesinlikle dönmeyiniz. Tsunami sığ sularda su düzeyinde hızla değişimlere ve çok şiddetli akıntılara neden olacağından tekneniz ya da geminiz hasar görüp batabilir.

Bir tsunami uyarısı aldığımızda eğer kıyıya yakınsanız ve vaktiniz de varsa teknenizi veya geminizi açık denize doğru hareket ettiriniz ve aşağıdakileri dikkate alınız :

- Büyük gemi sığınakları ya da limanlar denizcilik trafik sistemleri veya liman yetkililerinin kontrolü altındadır. Bu yetkililer beklenen tsunamiye hazırlık konusunda doğrudan yetkilidirler. Eğer gerekli görürlerse deniz araçlarını açık denize hareket etmeye zorlayabilirler. Bu konuda yetkililerle işbirliği içinde olunuz.
- Küçük limanlarda gerekli yetkililer bulunmayabilir. Eğer bir tsunami uyarısının farkındaysanız, vaktiniz varsa sakin ve diğer deniz trafiğini de dikkate alarak düzenli bir biçimde olarak teknenizi açık denize sürünüz. Küçük teknelerin sahipleri eğer vakit varsa iskeledeki teknelerini terk etmeleri, karaya çıkmaları daha emin olabilir. Hele yapılan bu uyarı yersel oluşan tsunami içinse karaya çıkmak özellikle uygun olabilir. Eğer güvenli limanın dışında kötü hava koşulları varsa, bu durum küçük tekneler için çok tehlikeli bir durum olabilir. Bu da tek seçeneğinizin karada yüksek ve güvenli bir yer bulmak olduğunu gösterir.

Tsunaminin kıyıya vurmasını takiben hasar verici dalga hareketleri ve kestirilemeyen akıntılar kıyıyı belli bir süre etkileyebilir. Güvenli bir şekilde limana dönmekten önce yetkililerle haberleşin ve limandaki koşulların yolunda olduğundan emin olun.

### **Korunma Konusunda Temel Kurallar**

1. Depreşim dalgaları çoğunlukla depreme bağlı nedenlerle oluşurlar ve yatık eğimli düşük kotlu kıyılarda, körfezlerde, nehir ağızlarında ve liman içlerinde yaratabileceği çok şiddetli akıntılar nedeniyle daha çok etkilidirler.
2. Türkiye kıyılarında tarih içinde defalarca depreşim dalgaları oluşmuştur. Bundan sonra da oluşması beklenmelidir. Günümüzde kıyıların çok çeşitli amaçlarla çok sayıda tesislerle donatılmış ve çok yoğun kullanılıyor olması, depreşim dalgasının, tarihteki etkilerine göre günümüzde çok daha unutulmaz izler bırakması olasıdır.
3. Depreşim dalgası tek bir dalga değildir. Genellikle dört veya beş dalgadan oluşan bir dalga dizini biçimindedir. İlk dalga centilmen dalgadır. İkinci ve üçüncü dalgalar etkilidirler. Devam eden dalgaların etkisi daha azdır. Önde gelen centilmen dalga, kıyılarda birkaç dakika içinde olağan dışı su yükselmesi veya alçalması (çekilmesi) yaratır. Bu ilk dalga, arkadan gelebilecek olan bir veya iki etkili dalga için haberci niteliktedir. Deniz çekildiğinde merak edip kıyımın durumunu izlemeye kesinlikle gitmeyiniz. Çünkü can kayıplarının büyük bir bölümü bu sırada olmaktadır. Yani kısaca meraklılar büyük olasılıkla ölmektedir.



4. Etkili dalgaların kıyıya vurmasından sonraki birkaç saat tehlike devam edebilir. Resmi açıklamalar yapılana dek bekleyiniz ve kıyıda daima uzakta kalınız.
5. Depreşim dalgası farkedildiğinde ya da uyarı alındığında en kısa zamanda kıyı çizgisinden uzaklaşmak zorunludur. Karada bulunan kişilerin kıyıda 100-150 m. uzaklığa, denizde teknede bulunan kişilerin ise su derinliği en az 50 m. veya daha derin yerlere doğru uzaklaşarak olası dalga ve akıntı etkilerinden kurtulmaları olanaklıdır.
6. Unutulmamalıdır ki, dalganın karada ilerleme hızı, insanın koşma hızından daha fazladır. Merak edip dalganın kıyılarıdaki davranışlarını izlemek çok tehlikelidir. Kaçmak için zaman geç olabilir. Depreşim dalgası nedeniyle yaşamını yitirenlerin bir bölümü meraklı kişilerdir.
7. Depreşim dalgaları dereler, ırmaklar ya da denize bağlantılı kanallardan içerilere doğru kilometrelerce ilerleyebilirler. Dere, ırmak kıyıları ve bentlerinde zarar verici taşmalar oluşması doğaldır.
8. Depreşim dalgası konusundaki uyarıları ciddiye almak zorunludur. Unutulmamalıdır ki, Hawaii Hilo 1960 yılındaki depreşim dalgası için 10 saat önceden uyarı verilmiş ve korunma yöntemleri tekrarlanmış iken 61 can kaybı olmuştur
9. Deniz tabanında oluşan herhangi bir deprem nedeniyle depreşim dalgası oluşabilir. Kıyılarda iken bir deprem hissedildiğinde kıyıda uzaklaşmak yararlı bir önlemdir. Unutulmamalıdır ki, Mayıs 1983 depreminin hemen sonrasında, Japonya Honshu adasının Kuzey Batı kıyılarına gelen tsunami, halkın korunma konusunda yeterli bilgisi olmasına karşın 230 kişinin ölümüne neden olmuştur.
10. Depreşim Dalgasının tırmanma yüksekliğinin 2 m. yi geçmesi durumunda küçük tekne barınaklarında çok şiddetli akıntılar nedeniyle hasarlar ve önemli düzeyde mal kaybı beklenmelidir. Japonya'da elde edilen deneyimler ve gözlenen örnekler değerlendirildiğinde, dalganın kıyılarda tırmanma yüksekliğinin 2.5 m. yi geçtiği yerlerde mal kayıplarının artması ve ek olarak can kayıpları da olmaktadır (Shuto, Imamura, (2000)).

Deprem, fırtına, taşkın veya sel kadar sık olmasa bile, doğal afetler arasında yer alan depreşim dalgası olayları, Türkiye kıyıları için, tarihteki olaylara göre daha önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu konuda korkuya kapılmadan duyarlı olunması, ve bu çalışmada anlatılan basit korunma kurallarının göz önünde bulundurulması, olası can ve mal kayıplarını en aza indirmek için zorunludur.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmada sunulan sonuçların elde edilmesi süreci içinde bilimsel destek ve/veya yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Nobuo Shuto, Prof. Dr. Fumihiko Imamura, Prof. Dr. Costas Synolakis, Prof. Dr. Yıldız Altınok, Prof. Dr. Stefano Tinti, Prof. Dr. Emile Okal, Prof. Dr. Efim Pelinovsky, Jeofizikçi Uğur Kuran, Prof. Dr. Bedri Alpar, İnş. Y. Müh. İlknur Özbay, Prof. Dr. Koji Minoura, Dr. Tomoyuki Takahashi, Prof. Dr. Yalçın Yüksel, Prof. Dr. Jose Borrero, Y. Doç. Dr. Utku Kanoğlu, Dr. Ayhan İrfanoğlu, Salih Saygılı, Prof. J. P. Bardet, Prof. J. Dolan, M. Eskician, J. Freckman, Değirmendere, Avcılar, Şarköy, Yenibahçe, Yenice, Tekirdağ, Karabiga, Didim, Dalaman, Fethiye Belediye Başkan ve personeline, İnşaat Mühendisleri Odasına teşekkür ederim. Bu çalışma, TÜBİTAK-DEBAG-38, TÜBİTAK-YDABÇAG-60, TÜBİTAK-INTAG-827, Japonya Milli Eğitim Bakanlığı (MOMBUSHO), ODTÜ AFP Proje No: 97-03-02-10, İstanbul Üniversitesi AFP Proje No: 1268/050599, Güney Kaliforniya Üniversitesi Tsunami Araştırma Grubu, ABD NSF, ABD FEMA, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden oluşan kuruluşlarca ve adı geçen projelerle kısmi olarak desteklenmiştir. Yılmaz Işık, Aykut Kocabay, Av. Sema Sezgen, Sinem Gülsoy, Ülkü Uzuner, Yavuz Keskin, İlker Gelişen'e verdikleri bilgi ve gösterdikleri ilgi nedeniyle teşekkür ederiz

## KAYNAKLAR

Altınok, Y., Ersoy, Ş., (1998), Tsunamis observed at Turkish coasts and near surroundings, 7th International Symposium on Natural and Man-Made Hazards, Hazards 98, May 12-22, 1998, Crete, Greece.

Altınok, Y., (1999), Körfezde tsunami oldu ve can aldı, Cumhuriyet Bilim Teknik, Sayı: 660: 14-15.

Altınok, Y., Alpar, B., Ersoy, S. and Yalçiner, A.C., (2000), Tsunami generation of the Kocaeli Earthquake (August 17, 1999) in the İzmit Bay: coastal observations, bathymetry and seismic data, Turkish Journal of Marine Sciences, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul. December, 1999.

Altınok, Y., Yalçiner, A. C., Alpar, B., Ersoy, Ş., (2000), Tsunamis in the sea of Marmara with the Lights of Historical Data", Proceeding of 3. National Coastal Engineering Symposium organized by Turkish Chamber of Civil Engineers (ed: A. C. Yalçiner), October, 5-7, 2000, Dardanelles, pp: 33-43 (in Turkish)

Altınok, Y., Ersoy, Ş., (2000), "Tsunamis Observed on and near the Turkish Coasts", Natural Hazards, State of the Art at the End of the Second Millenium, Kluwer Academic Publisher, (eds: Papadopoulos, Murty, Venkatesh, Blong), pp: 185-205.

Ambraseys, N.N., (1960), The seismic sea wave on July 9, 1956, in the Greek Archipelago, J.Geoph. Res, 65, 1257-1265.

Ambraseys, N.N., (1962), Data for the investigation of the seismic sea-waves in the Eastern Mediterranean, Bull. Seism.Soc. Am., 52, 895-913.

Barka Z., (2000), "The August 17, 1999 İzmit and November 12, 1999 Düzce Earthquakes: Surface Rupture Studies", 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: 99-102, 14-17 May 2000, İstanbul

Ersoy, Ş., Altınok, Y., Yalçiner, A. C., (2000), Tsunamis in the sea of Marmara with the Lights of Historical Data", Proceeding of 3. National Coastal Engineering Symposium organized by Turkish Chamber of Civil Engineers (ed: A. C. Yalçiner), October, 5-7, 2000, Dardanelles, pp: 115-128 (in Turkish)

Imamura, F., Imteaz, M. A., (1995), Long Waves in Two Layer, Governing Equations and Numerical Model, Journal of Science of Tsunami Hazards, Vol.13, No.1, pp.3-24

Kuran, U. and Yalçiner, A. C., (1993), "Crack Propagations Earthquakes e Tsunamis in the Vicinity of Anatolia", Paper in the Book, "Tsunamis in the World", in the book series of Advances in Natural and Technological Hazards Research by Kluwer Academic Publisher, (1993), Ed. Stefano Tinti, pp:159-175.

Minoura, K., Imamura, Kuran, U., Papadopoulos, G., Takahashi, T., Yalçiner, A. C., (2000), "Discovery of Minoan Tsunami Deposits" Geology, v. 28, no. 1, p.p: 59-62, January 2000.

Ozbay, İ, (2000), Two Layer Model for Tsunami Generation", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, (60 sayfa)

Ozsoy, E., Unluata, U, and Aral, M.: (1982), Coastal Amplification of Tsunamis in the Eastern Mediterranean, Journal of Physical Oceanography, vol. 12, 117-126

Öztürk, H., (2000), "17 Ağustos Gölçük Depremi ile Gölçük Havzasında Su Hareketleri", Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı, SBT'99, İstanbul, 11-12 Aralık, 1999, Bildiriler Kitabı, 122-125

Papadopoulos, G.A., Yalçiner, A. C., and Kuran, U., (1994), "A Discussion on the Generation Mechanism of 1956 Southern Aegean Tsunami" Abstract published and presented in Assembly of European Geophysical Society, Tsunami Session, 23-27 April, 1994, Grenoble, France

Papadopoulos, G.A., (1999), "Tsunami Catalogue for the Mediterranean Basin" Project Report of GITEC (Genesis Impact of Tsunamis for European Coasts"

Shuto, N., Goto, C. ve Imamura, F., (1990), Numerical Simulation as a Means of Warning for Near Field Tsunamis, Coastal Engineering in Japan, V. 33, No:2, pp:173-193, (1990).

Shuto, N., Imamura, F., (2000), "An Idea of the Sanriku Network for Tsunami Prediction and Forecasting in the Area Most Frequently Damaged in the World", Presentation at HAZARD 2000, 8<sup>th</sup> Conference on Mitigation of Natural and Man Made Hazards", 22-26 May, 2000, Tokushima, Japan

Soysal, H., (1985), Tsunami (deniz taşması) ve Türkiye kıyılarını etkileyen tsunamiler, İ.Ü., Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni, 2: 59-67, İstanbul.

Stein, R.S., Barka, A., Tods, S., Parsons, T. and Dietrich, J.H., (2000), The role of stress transfer in earthquake occurrence on the North Anatolian fault, Nato Advanced Research Seminar, Integration of Earth Sciences on the 1999 Turkish and Greek Earthquakes and Needs for Future Cooperative Research, Abstracts, 14-17 May 2000, Istanbul, p.102.

Yalçın, A.C., Kuran, U., Akyarlı, A. and Imamura F., (1995), "An Investigation on the Generation and Propagation of Tsunamis in the Aegean sea by Mathematical Modeling", Paper in the Book, "Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning", in the book series of Advances in Natural and Technological Hazards Research by Kluwer Academic Publishers, (1995), Ed. Yashuito Tsuchiya and Nobuo Shuto

Yalçın, A.C., Altınok, Y., Synolakis, C., (2000), Tsunami waves in İzmit Bay after the Kocaeli Earthquake, Earthquake Engineering Research Institute, Special Issue of Earthquake Spectra, Vol.2, Chap. 13 (in press)

Yalçın A.C., Kuran, U., Minoura, K., Imamura, F., Takahashi T., Papadopoulos G., (2000), "Traces of Tsunami Waves near Aegean Coasts", Symposium on Earthquake Potential of Western Anatolia, V: 1, pp: 256-266., Organized by MTA , 23-27 May, 2000 (in Turkish)

Yalçın, A.C., (1999), 1999 İzmit Tsunamisi, Bilim ve Teknik, TÜBİTAK, 383: 34-39.