

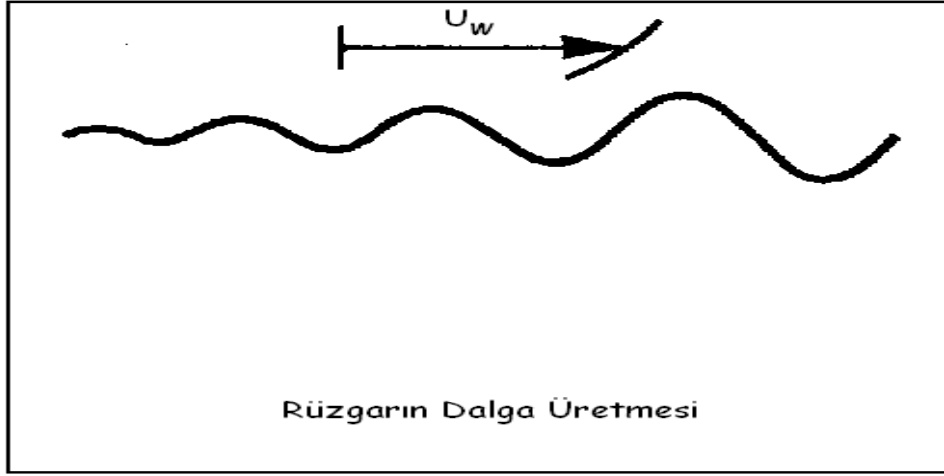
Kıyı ve liman mühendislinin hidrolik açıdan en önemli problemi **dalga hareketi** olup bunların yapılar üzerindeki etkileri kıyı ve liman yapılarının projelendirilmesinde en çarpıcı kısmını oluşturmaktadır.

Hidrosferdeki su hareketleri iki büyük guruba ayrılabilir

- Dalga hareketi
- Akıntılar

Dalga hareketleri esas olarak düzenli genellikle periyodik ve problem en basit düzeye indirildiğinde, akışkan kütlesi taşınımı olmayan hareketler olduğu halde, akıntılar akışkanın belirli bir yönde taşındığı, genellikle periyodik olmayan hareketlerdir.

Periyodik dalgalar kendilerini oluşturan kuvvetlere (ağırlık=**yerçekimi**; *kapiler*) , periyodlarına, yayıldıkları ortamın bağıl derinliğine v.s. göre sınıflandırılabilir.



Dalgaların periyodlarına göre sınıflandırılması		
Dalga tipi	Periyod	Sebebi
Kapiler dalgalar (yüzey buruşuklukları)	< 0.1 saniye	Rüzgar
Kısa Periyodlu Dalgalar	$T < 30$ saniye	Rüzgar dalgaları, Ağırlık Dalgaları (Swell)
Uzun periyodlu dalgalar	$30 \text{ saniye} < T < \text{Saatler}$	yersarsıntılar
Gel-git dalgaları ve daha uzun periyodlu dalgalar	$T > \text{saatler}$	Fırtınalar, güneş ve ay etkisi , atmosfer basıncı değişimleri

DALGA İKLİMİNDE TEMEL KAVRAMLAR

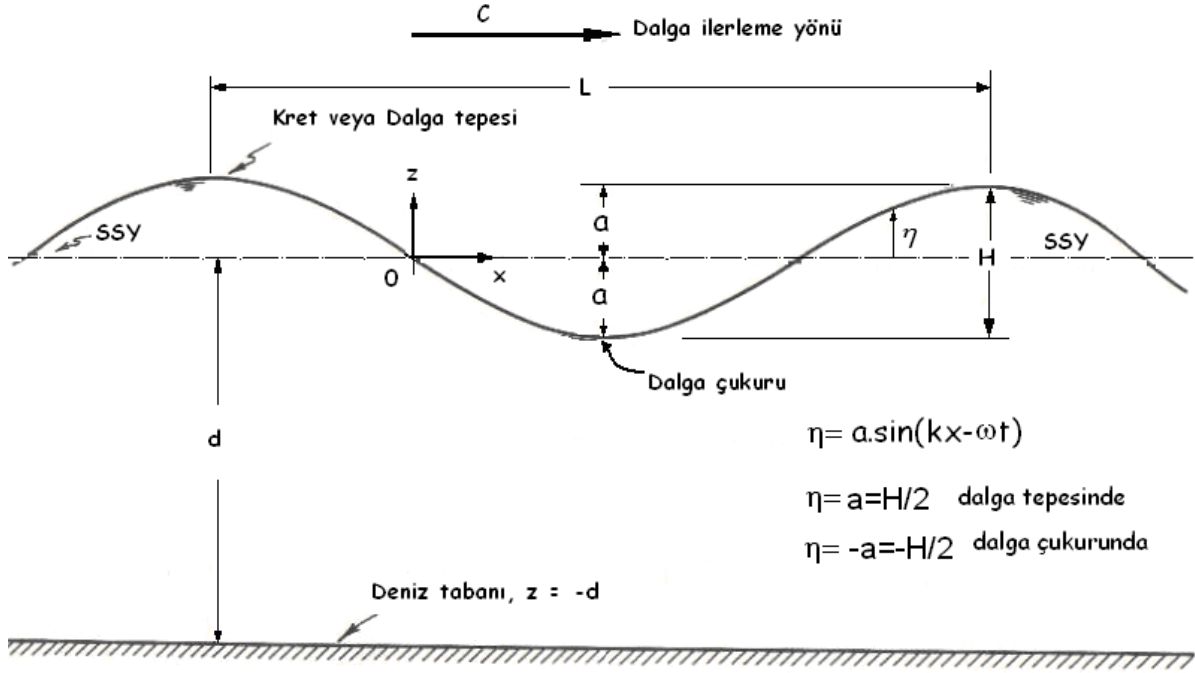
Dalgalar, kıyıların geometrisinin oluşumunda en etkili ve liman, su yolları, kıyı koruma yapıları gibi kıyı yapılarının planlanmasında göz önünde bulundurulacak ilk faktördür. Yüzey dalgaları genelde enerjilerini rüzgarlardan elde ederler. Bu enerjinin büyük bir kısmı da kıyıya yakın bölgelerde ya da kumsallarda yok olur.

Deniz ve okyanuslarda oluşan dalga hareketlerinin en tipik özelliği periyodik bir yapıya sahip olmasıdır. Periyodik dalgalar kendilerini oluşturan ağırlık, kapilerite gibi kuvvetlere, periyotlarına, yayıldıkları ortamın derinliğine göre sınıflandırılır.

Dalga tipi	Periyod	Sebep
Rüzgar dalgası	≤ 15 sn	Rüzgar gerilmesi
Ölü deniz dalgası, soluğan (Swell)	≤ 30 sn	Rüzgar dalgası
Surf salınımı	1-5 dak	Dalga grubu
Seiche	2-40 dak	Rüzgar değişimi
Çalkantı	2-40 dak	Tsunami, surf salınımı
Tsunami	5-60 dak	Deprem
Gel-git	12-24 saat	Güneş ve ay çekimi
Fırtına kabarması	1-30 gün	Rüzgar gerilmesi ve atmosfer basıncındaki azalma



Rüzgar etkisiyle oluşan ağırlık dalgaları rasgele karaktere sahiptirler, rüzgar etkisiyle suyun dengesi bozulduktan sonra, dalganın rüzgara karşı ve ona ters oluşan sırtları arasında basınç farkı doğar. Böylece rüzgar etkisi su yüzeyine geçer. Açık denizdeki, bu atmosferden su yüzeyine sürekli enerji geçişi **rüzgar dalgalarını** oluşturur. Meydana gelen rüzgar dalgaları yükseklikleri değişmekle beraber, periyodlarını koruyarak çok uzun mesafeler kat etmek suretiyle kıyıya ulaşırlar, bu işleme **dispersiyon** olarak adlandırılır. Uzunluğu yüksekliğine göre fazla olan dalga en basit olarak sinüzoidal tiptedir, böyle bir dalga üzerinde dalganın karakteristik özelliklerini tanımlayalım.



Dalga boyu (L) : Ardışık iki dalga tepesi veya dalga çukuru arasındaki yatay uzaklıktır.

Genelde okyanuslardaki rüzgar dalgalarının dalga boyları 40 ile 400 metre arasındadır.

Dalga yüksekliği, (H) : Ardışık dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki düşey mesafedir.

Dalga yüksekliği dalga enerjisini belirleyen bir faktördür. Açık okyanuslarda dalgaların yüksekliği 0.3 metre ile 5 metre arasındadır. Ölçülen en yüksek rüzgar dalgası 1933 yılında kuzey Pasifikteki 34 metrelik dalgadır. Rüzgar dışında ayın veya güneşin çekimlerinden meydana gelen en yüksek dalga ise 85 metre yüksekliğinde Japonya'nın güneyindeki Ryukyu ada zincirinde 1971 yılında ölçülmüştür.

Dalga Genliği, (a) : Dalga yüksekliğinin yarısına eşittir. ($a=H/2$)

Dalga Periyodu, (T) : Aynı enkesitten ardışık iki tepesinin veya çukurun geçmesi için gereken zaman aralığı (saniye cinsinden)

Dalga Yönü : Dalgaların ilerlemekte oldukları yöndür.

Dalga Cephesi : Dalga kretinden geçen yanal yöndeki çizgiye denir.



Dalga Ortogonalı : Dalgaların ilerlemekte oldukları ve dalga cephesine dik doğrultudur.

Dalga yayılım hızı (c): Dalgaların sabit bir eksen takımına göre yayılma hızı (**m/s, cinsinden**) (L/T)

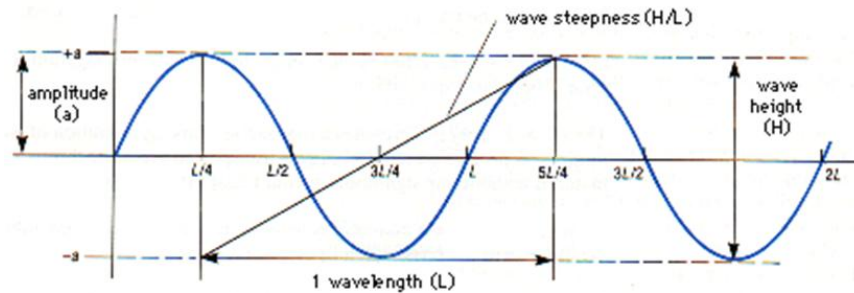
Ortogonal üzerinde dalgaların ilerleme hızıdır.

Dalgalar derin sularda 25 ile 90 km/saat hızları arasında ilerlerler.

$$c^2 = \frac{g \cdot L}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad \text{Lineer dalga teorisine göre}$$

Derinliğe Bağlı Su Dalgası Tipi	Matematik yaklaşım	Dalga Karakteristikleri
Derin su dalgası $d/L > 1/2$	d/L büyük $\tanh(kd) \rightarrow 1$	$c_o^2 = \frac{g \cdot L}{2\pi}$ $L_o = \frac{g \cdot T^2}{2\pi}$
Şığ su dalgası $d/L < 1/25$	$d/L < 1/25$ $\tanh(kd) \approx kd = \frac{2\pi d}{L}$	$c^2 = g \cdot d$

Dalga dikliği (H/L): Dalga yüksekliğinin dalga uzunluğuna oranı



Dalga Enerjisi (E) : Dalganın potansiyel ve kinetik enerjilerinin toplamıdır.

Dalga enerjisi birim genişlikte, bir dalga boyunca su yüzeyi ile taban arasındaki su kütlesinin toplam enerjisidir.

$$KE = \frac{1}{4} \rho g a^2 L \quad \text{Kinetik enerji}$$

$$PE = \frac{1}{4} \rho g a^2 L \quad \text{Potansiyel enerji, sakin su yüzeyinden suyun düşey yerdeğiştirmesi için yapılan iş}$$

$$E = KE + PE = \frac{1}{2} \rho g a^2 L \quad \text{Dalga tepelerine paralel birim genişlik için bir dalga boyunca toplam enerji}$$

Dalga tepelerine paralel birim genişlik, birim uzunluk boyunca toplam enerji ise;

$$\bar{E} = \frac{1}{2} \rho g a^2 \quad \text{veya} \quad \bar{E} = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

Dalganın potansiyel enerjisi dalga yayılma hızıyla ileriye doğru yapılan harekete aktarılır, kinetik enerji ise akışkan zerrelerinin yörüngesel hareketini oluşturur.

Dalga Grup Hızı (Cg) : Dalga enerjisinin yayılma hızıdır.

Derin sularda; $Cg = \frac{c}{2}$ "Su derinliği dalga boyunun yarısından büyük olması hali"

Sığ sularda ; $Cg = c$ "Su derinliği dalga boyunun yarısına eşit olması hali"

Dalga Enerji Akısı : Dalga grup hızı ile enerjisinin çarpımına eşittir. **Dalganın gücü** olarak da isimlendirilir.

Sakin Su Yüzeyi (SSY):, dalga hareketinin olmadığı durumda su seviyesi

Ortalama Su Yüzeyi (OSY) : dalga tepesi altındaki alanın dalga çukuru üstündeki alana eşit olması için verilen su seviyesi.

Sinüzoidal dalga için sakin su yüzeyi ortalama su yüzeyi ile aynı olur.

İlerleyen Dalga : yayılmakta olan dalga, dalgaların normal hali

Duran dalga : tepe ve çukurların daima aynı enkesitte gözlenmesi hali

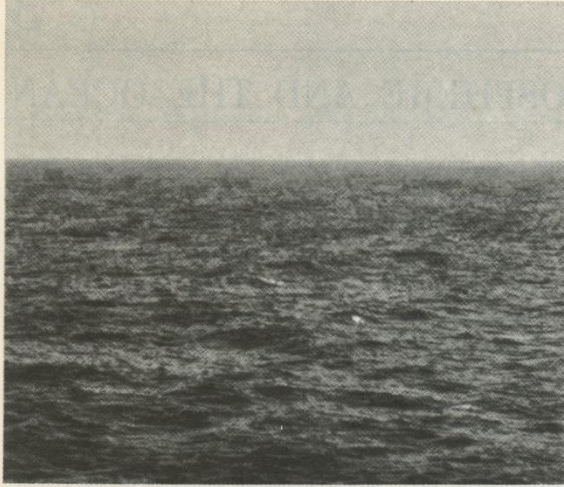
Açısal Frekans (w): $2\pi/T$ dir.

Dalga Numarası (k): $2\pi/L$ dir.

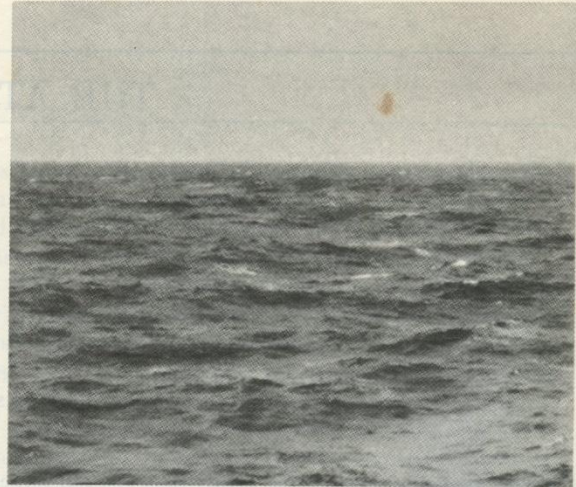
Rüzgar Dalgalarının Oluşumu

36

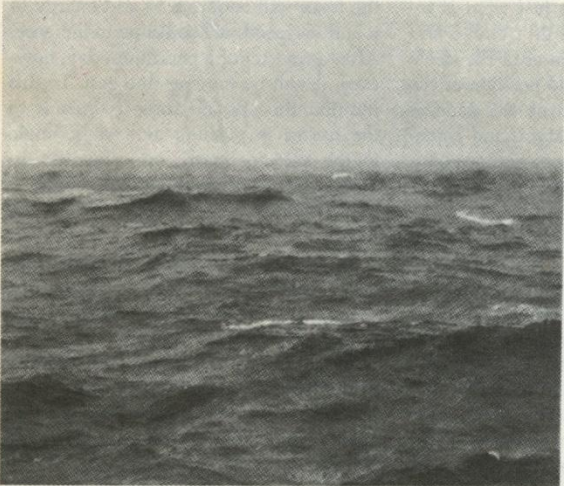
II • THE SEA IN MOTION



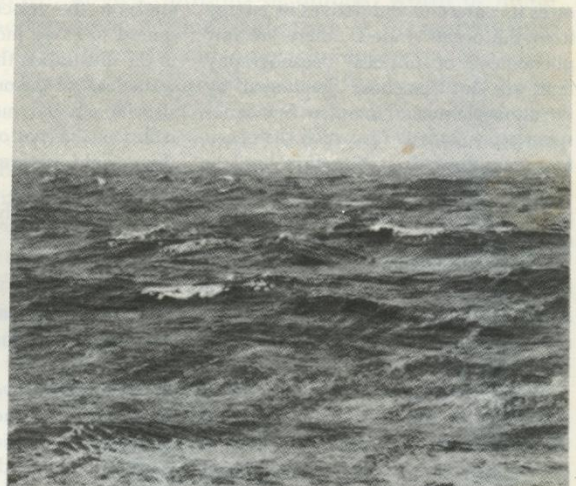
Wind force: 4 Wind speed: $5\frac{1}{2}$ Wave period: 5 Wave height: 1



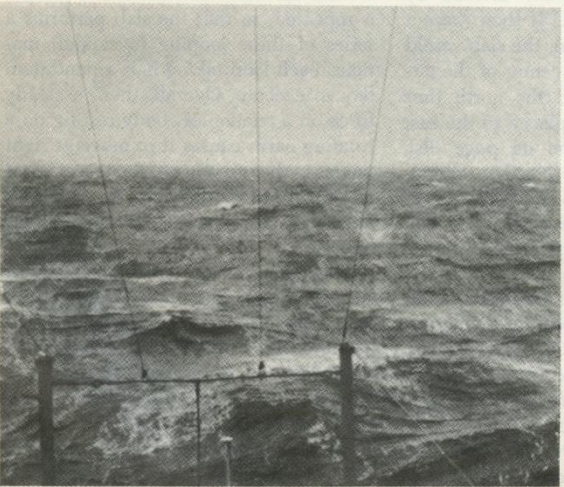
Wind force: 5 Wind speed: $11\frac{1}{2}$ Wave period: 6 Wave height: 2



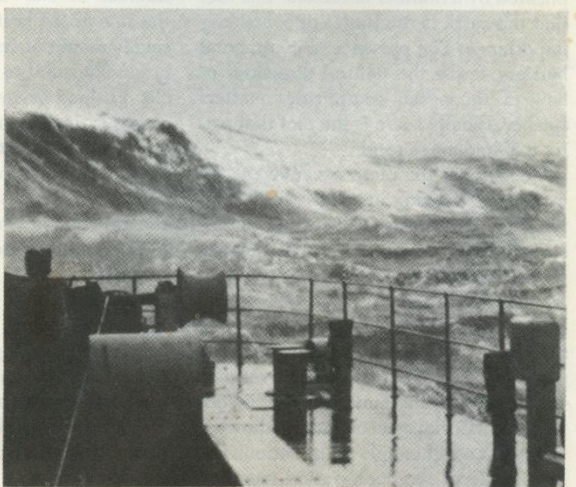
Wind force: 6 Wind speed: 13 Wave period: 7 Wave height: 3



Wind force: 8 Wind speed: 18 Wave period: 6 Wave height: 5



Wind force: 9 Wind speed: 21 Wave period: 9 Wave height: 8



Wind force: 10 Wind speed: 27 Wave period: 9 Wave height: 7

KISA PERYODLU DALGALAR

Kıyı mühendisliğinde kısa periyodlu başka bir tanımla periyodu 30 saniyeden küçük rüzgar dalgaları söz konusudur. Bütün mühendislik çalışmaları bu tip dalgalar için yürütülür.

Rüzgar dalgaları açık denizde rüzgar hızı 1 m/s 'nin üstüne çıktığında oluşmaya başlarlar. Su yüzeyinde önce küçük pürüzlükler oluşur. Bunların boyları 5-10 cm, yükseklikleri ise 1-2 cm kadardır. Rüzgarın şiddeti ve esme süresi arttıkça bunların yükseklikleri, boyları ve periyodları artar ve diklikleri azalır. Bu oluşuma **rüzgar hızı**, **feç uzunluğu**, **su derinliği** ve **rüzgar esme süresi** etki eder.

Eğer rüzgar yeterince uzun ve kesintisiz eserse dalgalar olabilecekleri kadar büyürler ve **tam gelişmiş deniz koşulları** oluşur. Gerçekte açık denizde oluşan rüzgar dalgaları istatistiksel olarak rastgele değişkenlerdir ve olasılık teorileri uygulanarak incelenebilirler.

Dalga gelişme bölgesinin dışına çıkınca veya rüzgar kesilince dalga yoluna devam eder bu tip dalgalara "**swell**" adı verilir. Bunlar daha düzenli ve daha uzun periyodlu dalgalardır. Dalga derin suda ilerlerken krette rüzgar dolayısıyla köpüklenme olur ve bu bir miktar enerjinin harcanmasına yol açar.

Dalgalar kıyıya doğru yaklaştıkça yükseklikleri ve boyları, sıklaşma ve sapma olayları nedeniyle değişmektedir. Bu nedenle dalgalar derin su, geçiş ve sığ su dalgası olarak sınıflandırılmaktadırlar.

$$d < L/25$$

Sığ su dalgası

$$L/25 < d < L/2$$

Geçiş derinliği dalgası

$$L/2 < d$$

Derin su dalgası

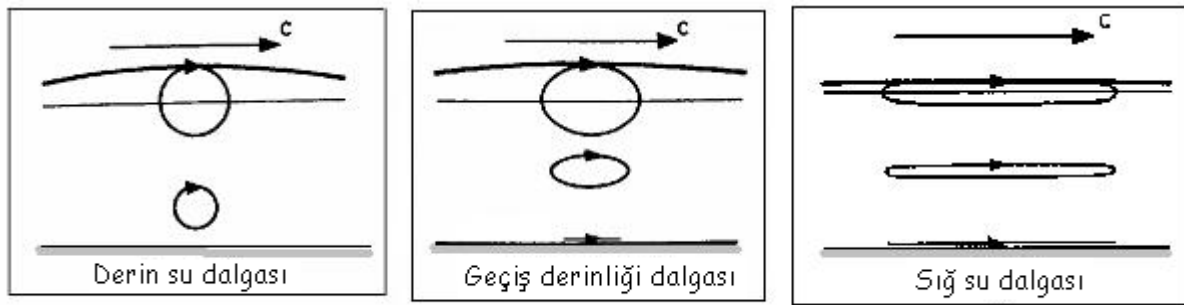
Dalgaların su derinliğinin dalga uzunluğuna oranına göre ikinci sınıflandırması ise

$$L > 20.d \quad \text{Uzun dalga}$$

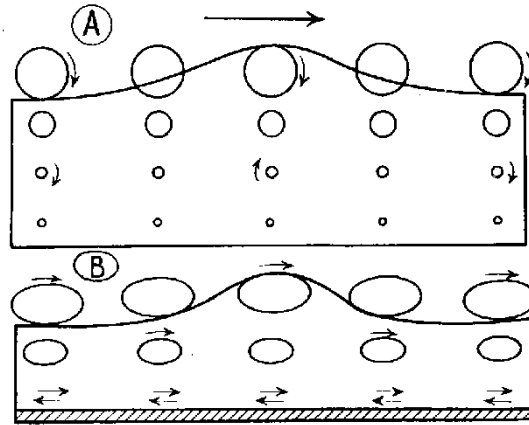
$$L < 20.d \quad \text{Kısa dalga şeklinde yapılabilir.}$$

Periyodu büyük olan dalgalar uzun dalgalar olarak adlandırılırlar. Bu hareketler sırasında zerrelerin **düşey yer değiştirmeleri**, **yatay yer değiştirmelerinin yanında çok küçüktür** ve akışkan ortamındaki basınç dağılışılar hidrostatik olur.

Periyodun daha küçük olduğu dalgalar yüzey dalgaları olarak adlandırılırlar ; zira bu halde hareket esas olarak akışkanın üst tabakalarındaki zerreleri etkiler. Diğer taraftan bu halde düşey hızlar ve yatay hızlar aynı mertebede olduklarından basınç dağılışılar hidrostatik olmaz.



Farklı derinliklerde su zerrelerinin yörüngeleri



Akışkan zerrelerinin sığ su ($d < L/2$) ve derin suda ($d > L/2$) yörüngesel hareketleri

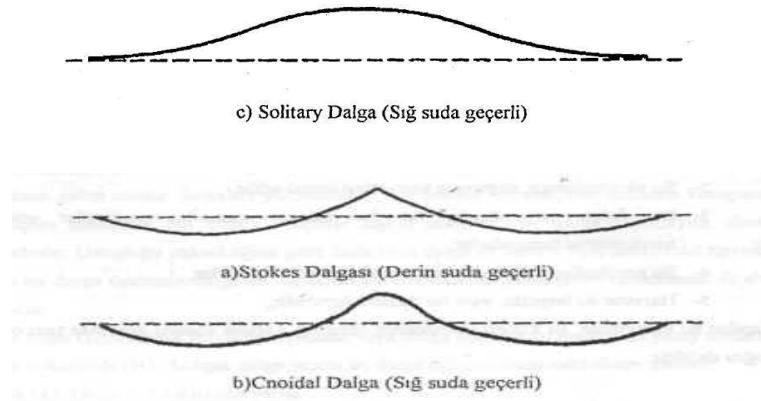
Dalga Hareketi

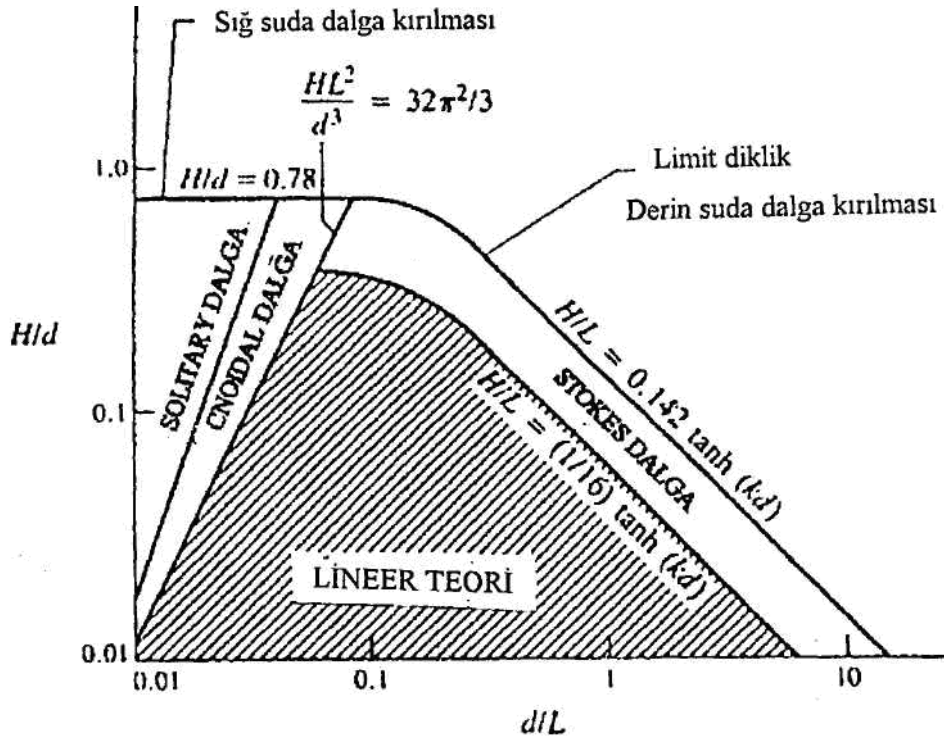
Tanım : Dalga hareketi genel olarak belirli bir sinyali ortamın bir noktasından başka bir noktasına belirli bir hızla aktaran hareket olarak tanımlanabilir (Whitham 1974).

Periyodik dalgaların matematiksel olarak ifade edilmeleri oldukça zordur ve hala önemli bir araştırma konusudur. Eğer **dalga yüksekliği**, **dalga boyu** ve **su derinliği** ile mukayese edildiğinde oldukça küçükse, matematiksel ifadeler lineer formda tarifienebildiğinden literatürde bu tip dalgalar **lineer dalga veya Airy dalga** olarak isimlendirilmektedir. Lineer

dalga teorisi çok basit olmasının yanı sıra bu konuda birçok probleme gerçekten çok iyi çözüm getirmekte ve mühendisler tarafından tercih edilmektedir. Ancak bu, lineer teorinin her zaman uygulanabilir olduğu anlamına gelmemelidir. Lineer dalga teorisinin en önemli avantajı, süperpoze edilebilme imkanını sağlamasıdır. Bu teori ne yazık ki, sadece **küçük genlikli dalgalar** için geçerlidir ve bu dalgalar sinüzoidal formdadırlar.

Büyük genlikli dalgalarda görülen dalga tepesi ve çukuru arasındaki asimetri ve kütle taşınımı lineer dalga teorisi ile açıklanamamakta ve dolayısıyla **lineer olmayan** teorilerin kullanılmasını gerektirmektedir. Bazı lineer olmayan dalga tipleri şekilde gösterilmiştir.





Dalga teorilerinin geçerlilik sınırları (Komar, 1979)

Kaynaklar

- "KIYI MÜHENDİSLİĞİ", PROF.DR. SEDAT KAPDAŞLI
- "OSEANOĞRAFI", PROF.DR.İSTEMİ ÜNSAL
- "Kıyı ve Liman mühendisliği"Yüksel, Y. 1998.
- "Shore Protection Manual"CERC,
- "Physical Geology"Plummer, C.
- "Hydrodynamics of coastal regions", Svendsen and Jonsson