

## YANAL TARAYICI SONAR, DENİZ JEOLJİSİNDEKİ UYGULAMA VE ÖNEMİ

### *Side Scanning Sonar, Its Application and Importance In Marine Geology*

Güven ÖZHAN MTA Genel Müdürlüğü, Jeofizik Dairesi, Ankara

**ÖZ :** Sonik dalgaların suda iyi yayılmaları nedeniyle akustik yöntemler deniz jeolojisi araştırmalarında oldukça etkin ve geçerlidir. Bu yöntemlerden "yanal tarayıcı sonar" deniz tabanında jeolojik ve mühendislik amaçlı çalışmalarda, gerek kıta düzlüğü, gerekse daha derin sularda etkili olmaktadır.

Yöntemin prensibini yayımlayıcı ve algılayıcıyı içerisinde bulunduran ve "balık" adı verilen aygıttan 30-100 kHz frekanslarında yanal olarak gönderilen akustik dalgaların, deniz tabanında yansıyarak algılayıcıya gelip, gemi üzerindeki kaydedici tarafından grafik haline dönüştürülmesi oluşturur. Akustik dalgalar, yatay planda 1-2°, düşey planda ise 10-40° arasında açılar altında yayılırlar. Gemi ilerledikçe, yanal olarak belirli zaman aralıkları ile yayınlanan dalgalar, gemi yönüne dik doğrultuda, deniz tabanını belirli bir menzile kada tarar.

Yanal sonar görüntülerinde penetrasyon söz konusu değildir. Sadece deniz tabanındaki ayrıntılar görüntülenir. Yöntem, batimetri, deniz tabanı jeolojisi ve jeoteknik araştırmalarda (liman yapımı, kazıma, platform yerleşim yeri etüdü, kablo ve boru hattı seçimi gibi) oldukça etkilidir.

**ABSTRACT:** As sonic waves propagate very well in water, acoustic methods are therefore the most valuable tool for sea bed reconnaissance. Side scanning sonar is a powerful tool for precise and detailed investigation of sea floor, for both geological and geotechnical purposes on continental shelves and in deeper waters.

Ultra sonic pulses (frequency range: 30-100 kHz) are laterally transmitted at regular time intervals by one or two groups of transducers fitted in a tow "fish". The beam is a very narrow in the horizontal plane (1 to 2°) and wider in the vertical plane (10 to 40°). As the ship moves forward, the sonic beam sweeps the sea floor.

\*Lateral sonars have no penetration and give only the visible details of the sea floor. The tool is an effective support in the bathymetry, sea floor geology, sea floor engineering search (harbor and dredging studies, platform site investigation, cable and pipeline route selection).

### GİRİŞ:

Ses dalgalarının denizde çok iyi yayılmaları nedeniyle akustik yöntemler, deniz tabanı ve deniz altındaki tabakaların tanınması ve incelenmesinde en etkin yeri tutmaktadırlar. Akustik yöntemlerde genelde kullanılan aygıtlar; bir akustik sinyal kaynağı, bir yansımış sinyal algılayıcısı ve bir kaydediciden oluşur. Akustik sinyaller, yayımlayıcı aygıttan düşey ve yanal olarak yayımlanabilirler.

Akustik sistemler deniz tabanı ve altındaki tabakaların sürekli bir tanımını ortaya koyabilmekte ve gerek teknik gerekse bilimsel çalışmalarda büyük sürat sağlamaktadır.

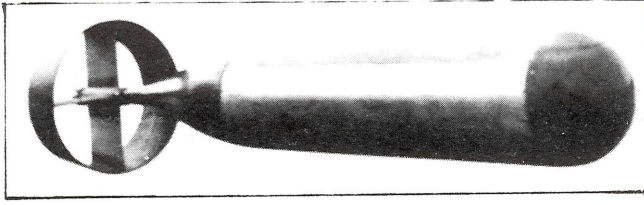
Deniz tabanının tanınması, taban üzerindeki güncel çökellerin, mostra veren tabakaların saptanması için uygulanan yöntemler arasında en pratik ve süratli sonuç sağlaması yönünden, yanal tarayıcı sonar büyük öneme sahiptir. Özellikle, büyük harcamaları gerektiren sualtı jeoteknik problemler ile petrol arama ve işletmelerine yönelik çalışmalara, sağladığı pratik faydalarla, ekonomik katkısı büyüktür.

### UYGULAMA PRENSİPLERİ

Yanal tarayıcı sonar sisteminde amaç, deniz tabanı üzerindeki ayrıntıları (mostralar, kıvrımlar, güncel çökeller) saptayabilmektir. Bunun yanında batık gemi gibi deniz tabanında bulunan diğer cisimlerin belirlenmesinde önemi büyüktür. Yukarıdan da anlaşılacağı gibi sistemde penetrasyon söz konusu değildir.

Deniz tabanının akustik sinyallerle aydınlatılması için 30-100 kHz gibi yüksek frekanslı ultra-sonik dalgalar kullanılır. Gemiye bağlı olarak çekilen "balık" (kaynak ve algılayıcının içinde bulunduğu aygıt), genellikle 3.5 m uzunluğunda, 0.50 m çapında ve 450 kg ağırlığındadır (Şekil. 1a). Balık içerisinde kaynak ve algılayıcıdan başka, basınç ve deniz dalgalarının etkilerini belirten göstergeler (roll and pitch indicators) bulunmaktadır.

Gemi ilerlerken gemiye bağlı olarak çekilen "balıktan" her iki yana doğru ve gemi yoluna dik yönde akustik sinyaller gönderilir. Deniz tabanının, gemi yönüne dik bir manzilde yanal



Şekil 1a. Akustik sinyal kaynağı ve algılayıcısı (balık).  
Figure 1a. Acoustic signal source and receiver (fish).

olarak dar bir şerit içerisinde taranması için akustik sinyaller, yatay plânda 1.5-2 derece (bearing opening), düşey plânda ise 15 derecelik (sight opening) açılar altında gönderilir. Genelde en fazla yanal menzil, 1 saniyelik gidiş dönüş zamanına karşılık gelen, 750 metredir (Şekil 1b), (Amar, 1973).

Deniz tabanı akustik sinyal demeti ile tarandığında belirtilen açılarda gelen ultrasonik dalgalar her yöne ve özellikle algılayıcı aygıtta doğru yansıtılır (back-scattering). Algılanan yansımalar gemi üzerindeki kaydedici aygıt tarafından zamana karşı olarak kaydedilir. Örneğin şekil 2'de AA tarafından yansıtılan ultra-sonik dalgalar ilk olarak algılayıcıya ulaşır, daha sonra uzak noktalardan (B'B-C'C) gelen yansımalar kayda girer. Sonar görüntüsü üzerindeki farklı tonlar deniz tabanı üzerindeki topoğrafik ve yapısal farklılaşmaları vurgular (Şek.3). Röliyeğin pozitif ve negatif elemanları koyu yansımalar ve açık renkli gölgelerle temsil edilirler.

Orijinal kayıtlar, geminin gidiş yönüne paralel ve dik yöndeki ölçeklerin farklılığı nedeniyle bozunuma uğrar. Geminin gidiş yönündeki ölçek gemi hızına bağlıdır. Gemi yoluna dik ölçek ise kayıt düzeneğine bağımlı olarak değişir. Ayrıca, akustik dalga demetinin deniz tabanına doğru eğimli olarak yayınlanması yanal yöndeki bu ölçeğin tamamen çizgisel

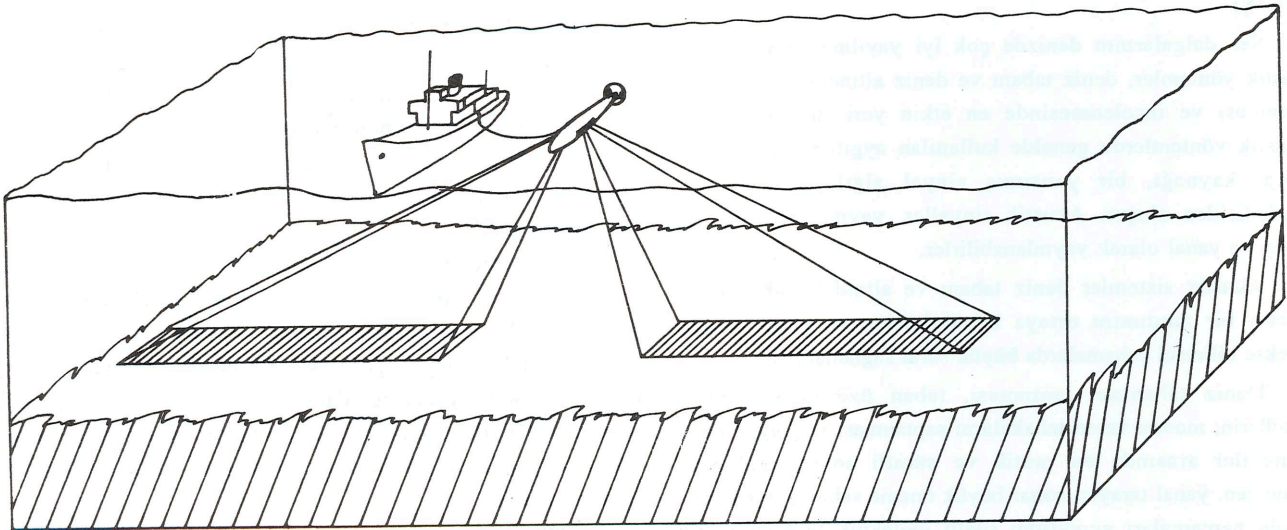
olmasını engellemektedir. Bu nedenlerle deniz tabanının gerçek görüntüsünü elde etmek için sonar kayıtlarının işlem görmesi, böylece her iki yöndeki ölçeklerin uyumlu hale dönüştürülmesi gerekir. Anamorfoz (anamorphosis-düzeltilme) adı verilen bu işlemden sonra görüntüler yorumlanabilir hale gelir. Geminin katettiği yolların incelikli olarak bilinmesi ve tarama ağının yeterli olması halinde araştırılan bölgeye ait sonar haritası incelikli bir şekilde hazırlanabilir (Amar, Kuhn, 1974; Deffrenne, Grau, 1970).

Diğer taraftan, etüd sırasında, aynı hat üzerinde yanal sonar ve düşey sismik kayıtları almak imkânı vardır. Bu durum, özellikle jeolojik yorumlamalarda büyük faydalar sağlar. Bu işlem için üç kanal kullanılır. Kanallardan ikisi yanal sonar görüntüleri (iskele ve sancak), üçüncü kanal ise sismik kaynağın yol açtığı sismik yansımalar içindir. Böylece, araştırılan bölge üç boyutlu olarak yorumlanabilir (Şek. 3).

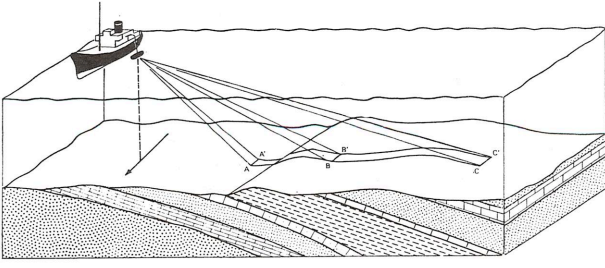
### UYGULAMA VE YORUMLAMALAR

Geminin, dolayısıyla "balığın" (transducer) gidiş yönüne dik ve her iki yana ait sonar grafiklerinden sağdaki sancak (starboard), soldaki ise iskele (port) görüntüleridir (Şek.4) (Fontanel, Kuhn, 1969).

"Balığın" gemi yönüne dik ve her iki yana doğru eğik olarak yayınladığı akustik sinyal demetleri deniz tabanı tarafından her yöne doğru yansıtılır (back-scattering). Bu yansımaların bir kısmında tekrar "balığa" döner ve balık içerisindeki algılayıcı tarafından alınır. Yansımış sinyaller iletken kablo aracılığı ile gemi üzerindeki kaydediciye gelirler ve burada grafik haline dönüştürülürler. Çift kanallı sonar grafiğinde yansımalar siyah-gri tonların artışı ile belirlenir. Akustik dalgalar tarafından görülemeyen zonlar kayıt üzerinde parlak renkli gölgelerle temsil edilirler. Eğimi "balık yönünde



Şekil 1b. Yanal tarayıcı sonar sisteminin şematik görünümü.  
Figure 1b. Schematic view of side scanning sonar system.



Şekil 2. Yanal tarama tekniği  
Figure 2. Side looking technique.

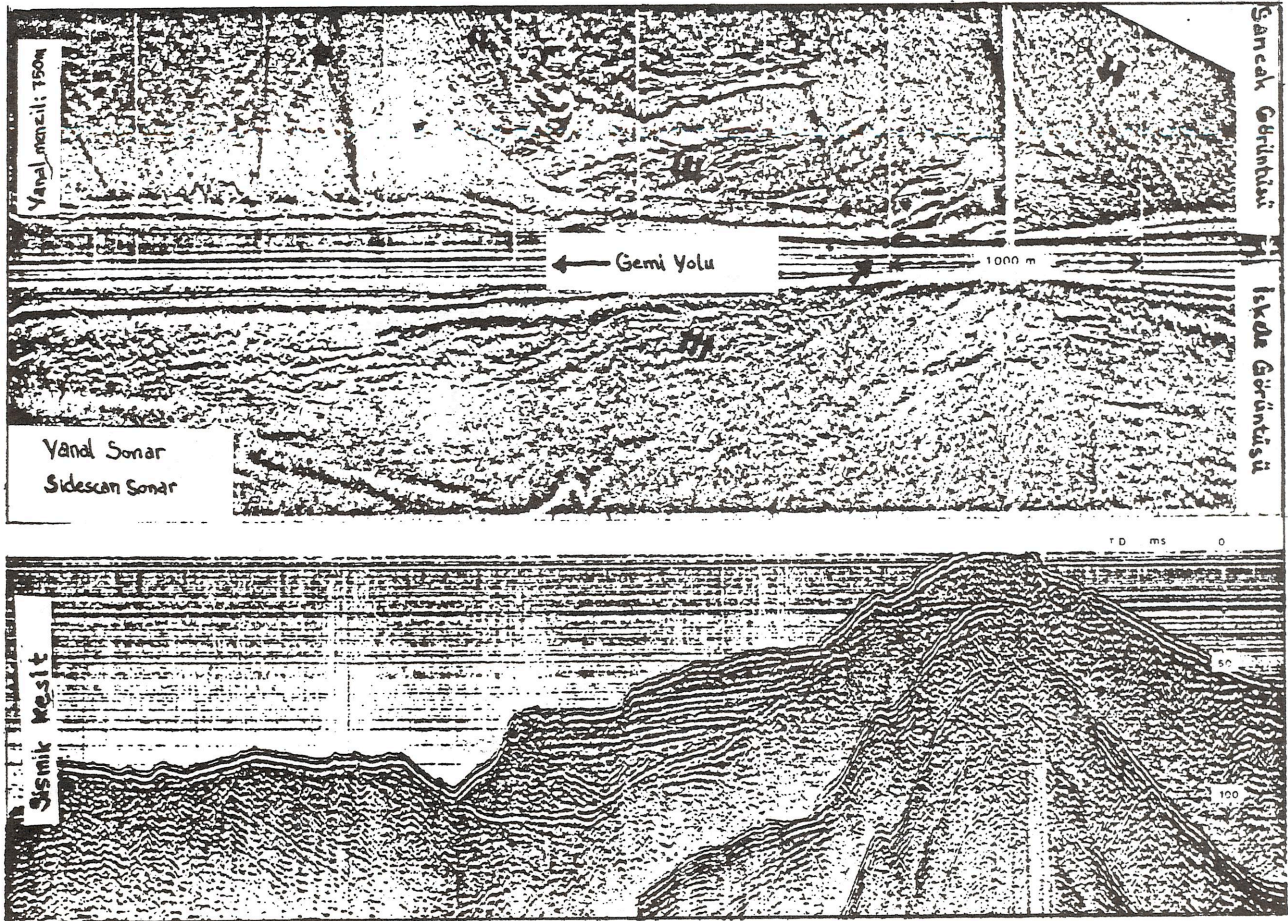
olan topoğrafik röliyef, düz deniz tabanı yüzeyinde daha kuvvetli bir yansıma verir. Benzer şekilde, eğimi ters yönde olan röliyef ise düz yüzeyden daha zayıf yansımalar gösterir. Çamur, kum gibi ince taneli çökeller zayıf yansımalar verir, dolayısıyla kayıt üzerinde açık tonlarla belirlenirler. İri taneli çökeller, gelen enerjiyi daha kuvvetli yansıtırlar, böylece kayıt üzerinde nispeten daha koyu tonlarla tanınırlar.

Deniz tabanının yükselerek "balığa" yaklaştığı yerlerde sonar görüntüsünde gemi yolunu temsil eden şeridin incelme

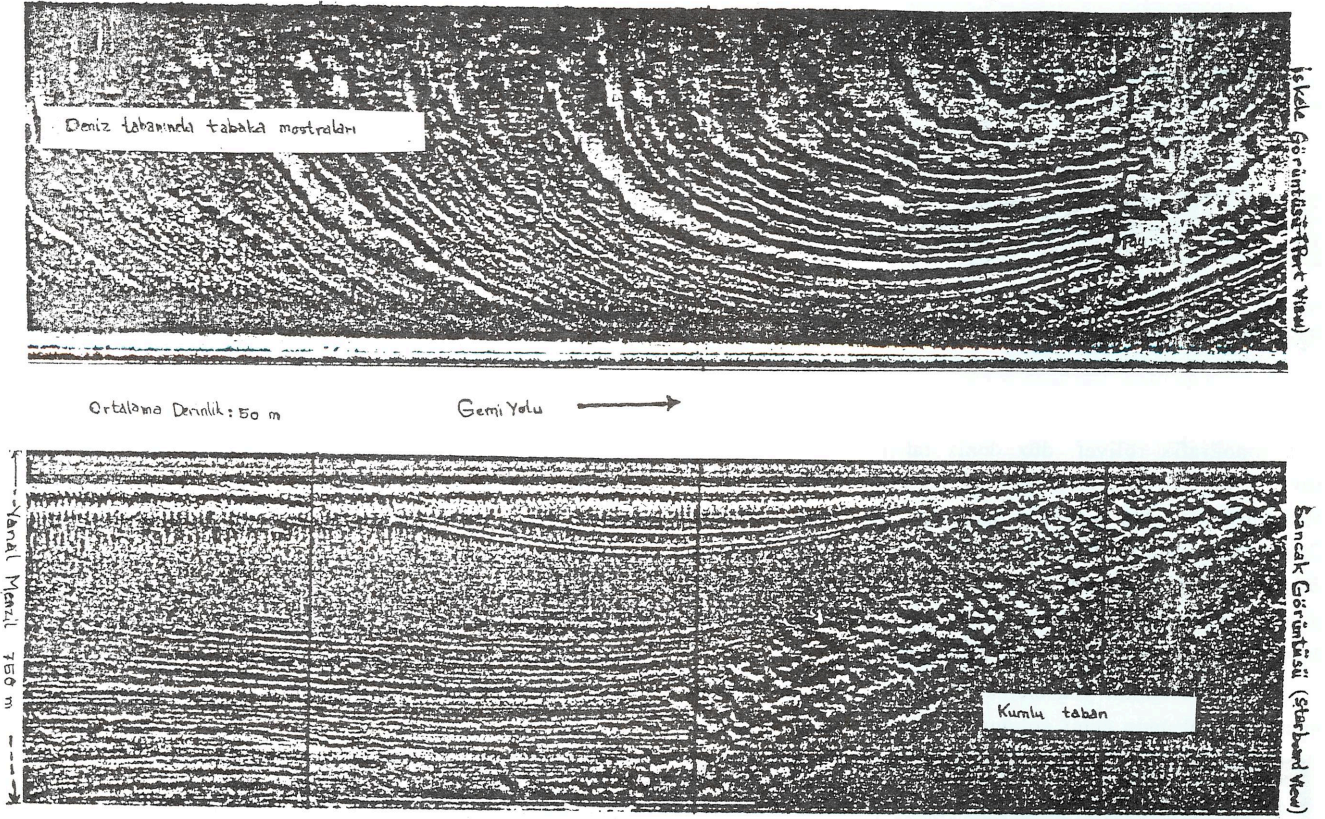
gösterdiği görülür. Bu durum akustik yansımaların yükseltileden daha çabuk kayda gelmesinden kaynaklanır. İncelme, daha kısa bir gidiş-dönüş zamanına işaret eder (Şek.3, okla belirtilen yer).

Diğer taraftan, yine şekil 3'te görüldüğü gibi (çift okla gösterilen kısımlar), akustik dalgalar, deniz tabanında yansımaya ek olarak çeşitli etkenlerle bir miktarda kırınıma uğrarlar. Bu şekilde yansıyan ve kırılan sinyaller kayıt üzerinde bazen birlikte görülürler. Bu etkenler değişik karakter ve röliyefli formasyonlar olabilir. Ayrıca, deniz suyu sıcaklığının derinlere doğru değişim göstermesi, deniz suyu ile deniz tabanı arasındaki ısı farklılığı enerjinin kırılmasına yol açabilir. Deniz yüzeyinden deniz tabanına doğru yol alan akustik enerji önce deniz suyunu kateder, deniz tabanına gelmeden önce, taban suyu tabir edilen, süspansiyon halindeki sıvı tabakayı geçer ve daha sonra deniz tabanına ulaşır. Bu farklı yoğunluk ve ısı, sinyallerin bir miktar kırılmalarına neden olurlar.

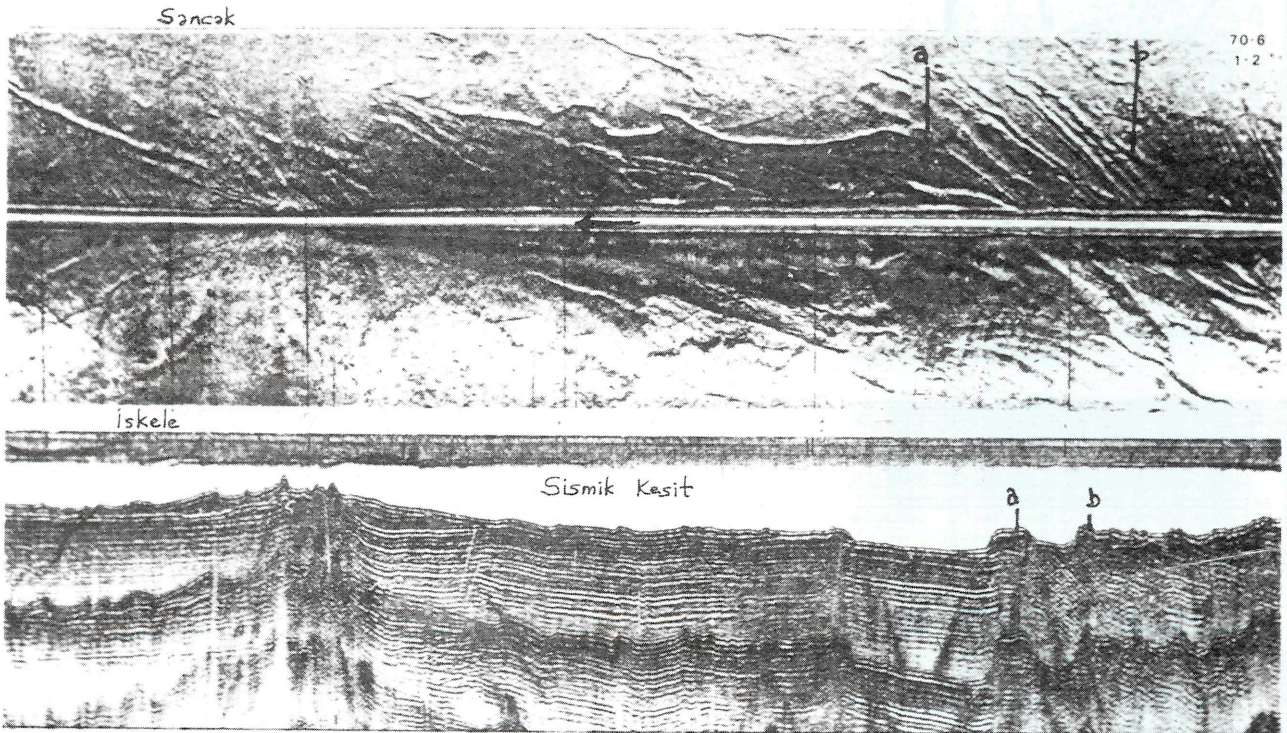
Şekil 3'te üç kanallı bir kayıta, üstte iskele ve sancak sonar görüntüleri, alta ise aynı hat üzerinde alınan sismik profil görülmektedir. Burada sonar görüntüsünün düşey sismik kesitle kontrolü yorumlamaya büyük katkılar sağlar. Görüntünün sağ



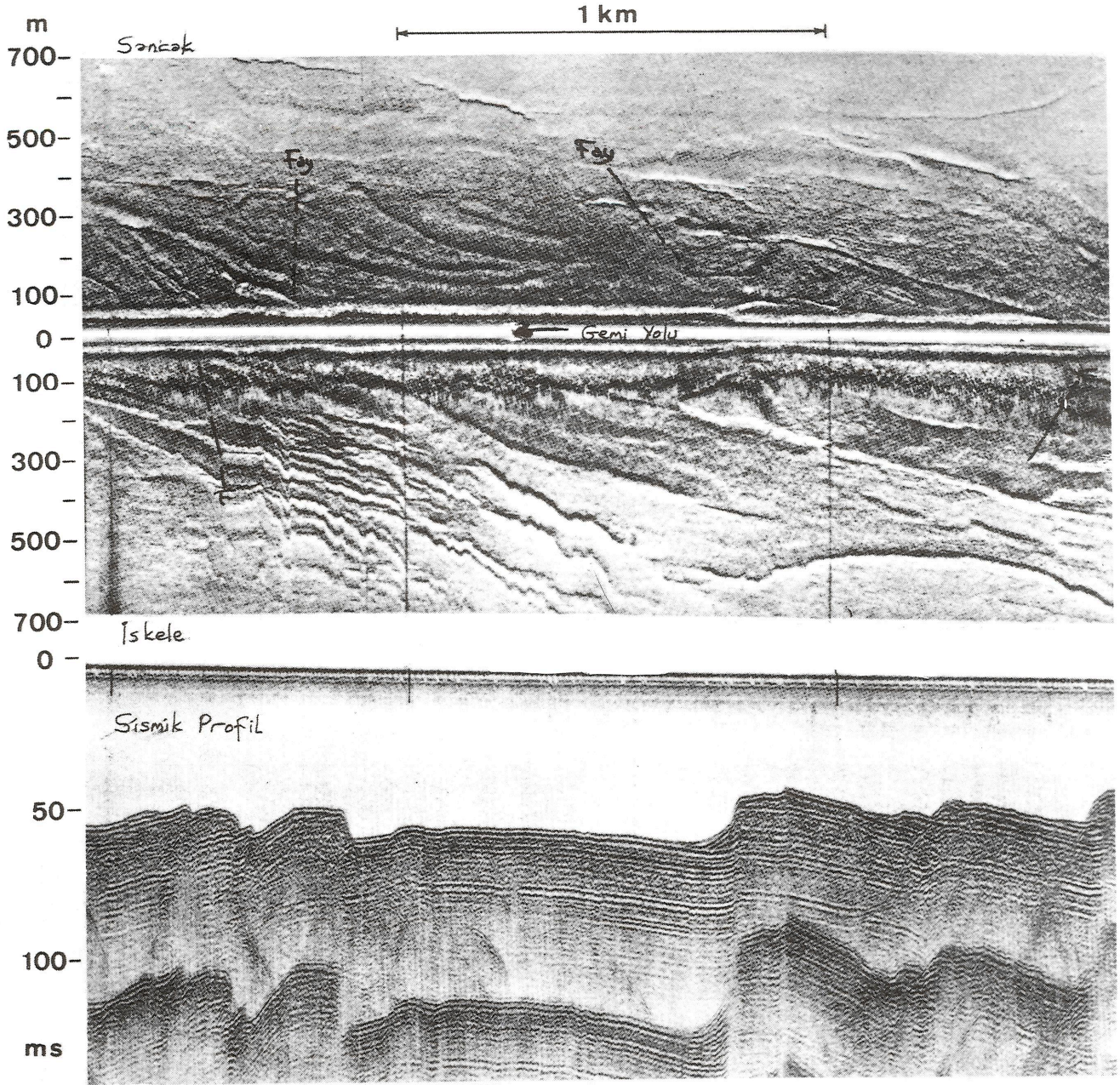
Şekil 3. Aynı hatta alınan üç kanallı kayıt, üstte yanar sonar görüntüleri, alta sismik kesit.  
Figure 3. A three track recording obtained in the same line, above sidescan sonar views, below seismic section.



Şekil 4. Bir yanar sonar grafiği, üstte iskele görüntüsü, altta sancak görüntüsü.  
Figure 4. A sidescan sonar recording, above port view, below starboard view.



Şekil 5. Üç kanallı kayıta deniz tabanı ve dikey kesiti.  
Figure 5. A three track recording, sea floor and its vertical profile.

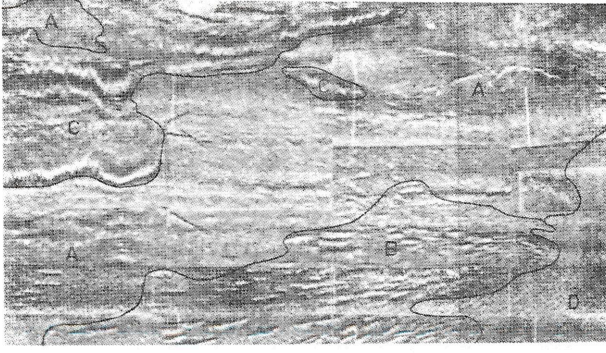


Şekil 6. Deniz tabanında tabaka mostraları ve kıvrımlar.  
Figure 6. Rock outcrops and foldings on the seabottom.

tarafında kısmen ince bir sedimanla örtülü mağmatik veya volkanik karakterde bir dom görülmektedir. Sismik kesitte görüldüğü gibi bu yükseltinin olduğu yerde sonar görüntüsünde gemi yolunu gösteren şerit daralmakta ve domun her iki yanında derinliğin artması nedeniyle kalınlaşmaktadır. Görüntünün sol tarafına doğru, tortul tabakaların volkanik temel üzerine uyumsuz olarak geldiği görülür (Şek. 3, üç okla gösterilen yerler). Daha solda sismik kesitte de görüldüğü gibi kum veya çamur ile örtülmüş bir vadi veya kanal belirlenmektedir. Görüntünün en solunda ise kum, çakıl gibi çökeltilerle yer yer örtülmüş kayalık bir taban görülmektedir.

Şekil 4'teki kayıta, iskele görüntüsünde, yay şeklinde kıvrımlanma gösteren tabakalar deniz tabanında mostra vermektedir. Görüntünün sağında, tabakalar dik yönlü bir fay ile kesilmekte ve bir miktarda yanal atım görülmektedir. Sağ üstte ise, deniz tabanı kumlarla örtülüdür. Sancak görüntüsünde de, yine gemi yönüne paralellik gösteren tabakalar deniz tabanında mostra vermektedir. Görüntünün sağ alt kısmında, kumlu taban görülür.

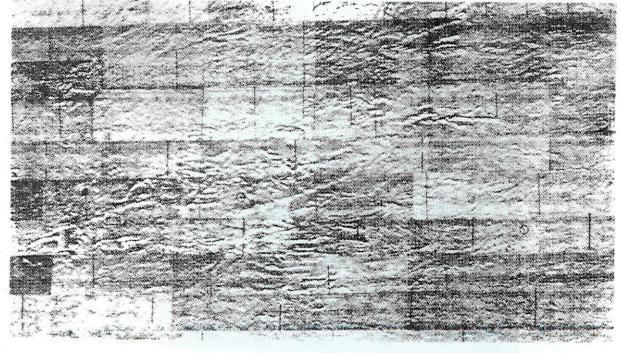
Şekil 5'te yine üç kanallı bir kayıta, iskele ve sancak görüntüleri ve hemen altta aynı hat üzerinde, "sparker" sismik kaynağı kullanılarak kaydedilmiş sismik kesit görülmektedir. Görüntülerin sol tarafında, yer yer çamur, kum veya daha iri



Şekil 7. Bir yanar sonar mozayığı, A: kaya mostraları ve yer yer riflerin olduğu siltli bölge, B: rif toplulukları, C: volkanik kıvrımlar, D: killere kaplı düz deniz tabanı, ortalama derinlik: 450 m.

Figure 7. A sidescan sonar mosaic, A: silty area with isolated reefs and rock outcrops, B: coral colonies, C: volcanic ridge, D: smooth clayey bottom, water depth: 450 m.

taneli çökellerle örtülmüş olan deniz tabanı intrüzif karakterli bir yapı ile kesilmektedir. Burada, mostralar, taban röliyefini keskinleştirmiştir. Görüntü ortalarında, çok hafif eğimleri sismik kesitten saptanan, tabakalara ait mostralar görülmektedir. Yine üst sonar görüntüsünün en sağında, değişik doğrultularda, iki tabakalanma grubuna ait mostralar belirlenmektedir. Sismik profilde, değişik eğimlere sahip bu formasyonlar arasındaki dokanaklar görülür (Şek. 5, dokanaklar; a, b).

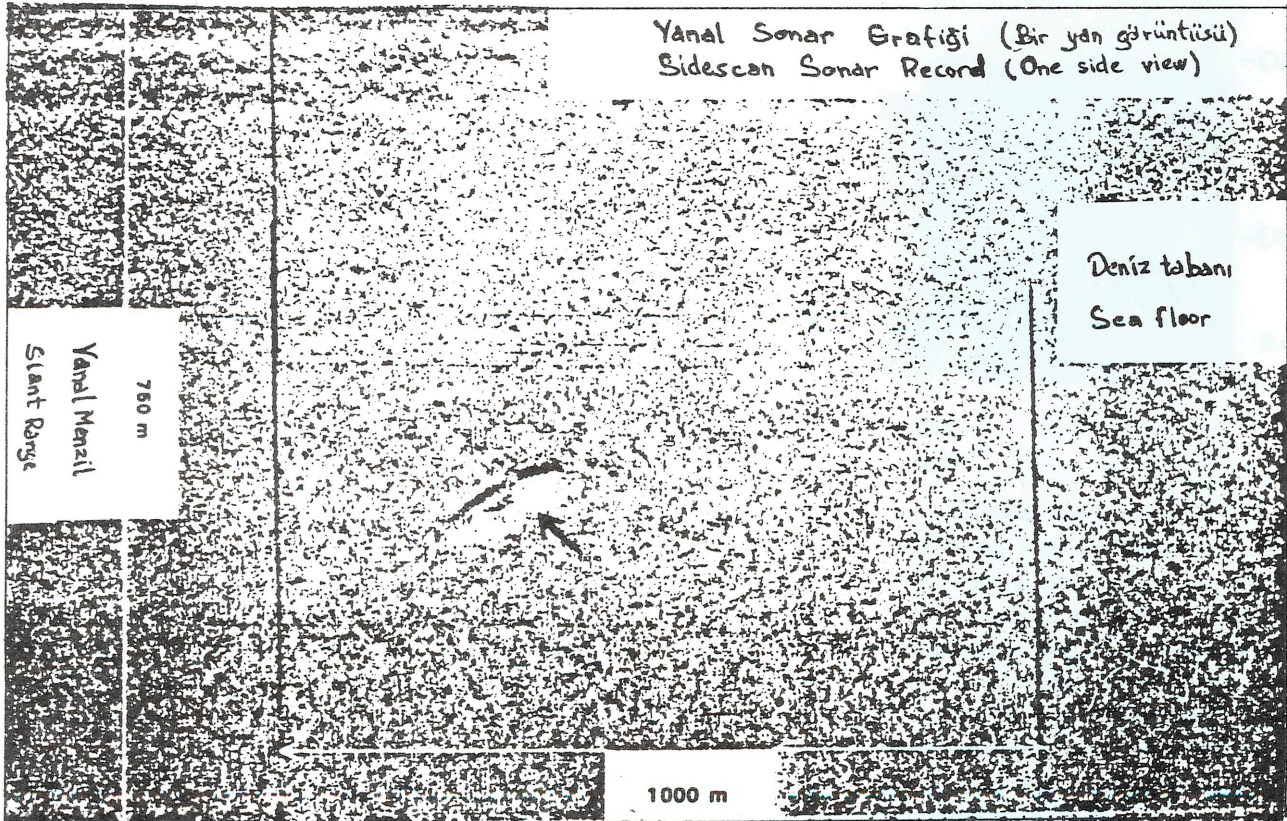


Şekil 8. Faylarla kesilmiş formasyonlara ait mostralarla kaplı deniz tabanı. Derinlik : 60 m.

Figure 8. Rough sea floor displaying trends of faulted outcrops. Depth: 60 m.

Şekil 6'da, yer yer silt, kum gibi çökellerle örtülü, mostra veren tabakaların belirlendiği bir deniz tabanı görülmektedir. Sismik kesitte de görüldüğü gibi, sonar görüntülerinin sağ ve sol taraflarında faylar izlenmektedir. Alttaki sonar görüntüsünün sol tarafında, volkanik kıvrımlar belirlenmektedir. Sancak görüntüsünün üst kısımlarında siltli taban ve yer yer mostra veren tabakalar izlenmektedir.

Şekil 7'de sonar görüntülerinden oluşan bir mozayik



Şekil 9. 120 m. derinlikteki bir deniz tabanında yatan batık bir gemi görüntüsü.

Figure 9. Wreck of a steamship lying at a depth of 120 m.

görülmektedir. Burada "A" ile gösterilen yerler, silt, kayalara ait mostralara ve yer yer rifleri, "B" rif topluluklarını, "C" volkanik kıvrımları belirtir. Sağ alt köşede (D), oldukça düzgün çökellerle örtülmüş deniz tabanı görülür.

Şekil 8'deki mozayikte, oldukça arızalı bir deniz tabanı sergilenmektedir. Burada mostralara görülen kayalar faylarla kesilerek süreksizlik gösterirler (Amar, Kuhn, 1974).

Yanal tarayıcı sonar görüntülerinden, deniz tabanında, gemi v.s. gibi batık cisimlerin aranmasında da büyük ölçüde yararlanır. Şekil 9'da, 120 m derinlikte, kumlu ve siltli bir deniz tabanında yatan batık bir yolcu gemisi (okla gösterilen) görülmektedir.

## SONUÇLAR

Elde edilen yanal sonar görüntüleri, en uygun bir şekilde değerlendirilmek üzere sonar haritaları haline dönüştürülür. Böylece, deniz tabanı morfolojisi ile ilgili problemler, özellikle mühendislik, petrol arama ve işletmelerine yönelik çalışmalar, örneğin, kablo yolu, petrol boru hattı, platform yerleşim yeri seçimleri sonar haritaları yardımı ile çözümlenebilir.

Sonar görüntülerinden yararlanılan araştırma sahalarını şöyle özetleyebiliriz:

Batimetri: eko-sondör hatlarının optimum seviyede sık ve devamlılığının sağlanmasında sonar görüntülerinin katkısı büyüktür.

Deniz tabanı jeolojisi: tabakaların yapısı, doğrultu ve eğimleri, mostralara, kıvrımlar, faylar, çökel tipleri, çizgisel yapılar, kum dalgalarının incelenmesi gibi konulara sonar görüntüleri açıklık kazandırır.

Deniz tabanının mühendislik açısından araştırılması: liman yapımı, kazıma (dredging) çalışmaları, platform yerleşim bölgesi araştırmaları, kablo ve boru hatları seçimi için yanal sonar görüntülerinden yararlanır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Amar, R., 1973, Recent french sea-bed reconnaissance, methods and techniques: Rep. from Ind Pét Europe-Gaz Chimie, 439, 5s.
- Amar, R., Kuhn, H., 1974, Sidescan sonar is a powerful in sea-floor investigation: Ref. from the May, 1974 Offshore, 2s.
- Deffrenne, P., 1970, Un exemple de choix de tracé de conduite sous- marine par sonar à balayage lateral: Photo Interprétation, 6, 3, 17.
- Deffrenne, P., Grau, G., 1970, Obtention, traitement et interpretation des images acoustiques de sonar á balayage latéral: Pho Int, 6, 1- 2,12.
- Fontanel, A., Kuhn, H., 1970, Un exemple d'utilisation du sonar à balayage latéral pour l'établissement de cartes bathymetriques détaillées: Pho Int, 6, 1-2, 12.
- Hovland, M., 1981, Characteristics of pockmarks in the norwegian trench: Mar Geol, 39, 103-117.