

DENİZ ÖLÇMELERİ

Ö. ALPORAL

Graftek Grafik Bilgisayar Teknolojisi Mühendislik Hizmetleri A.Ş.,
alporal@graftek.com.tr

Özet

Deniz ölçmeleri ve deniz mühendisliği oldukça gelişmiş ve en çok otomasyona uyarlanmış çalışmalardır. Bu alanda birçok teknikler ve cihazlar geliştirilmiştir. Harita Mühendisinin ana rolü , bu olanakları iyi bilmek, yapılacak projeyi analiz ederek, ölçme altyapısını kullanarak en iyi çözümü üretmektir. Hemen hemen tüm deniz projeleri harita mühendisliği bilgisi gerektiren, ölçme ve aplikasyon çalışmalarını gerektirir.

Anahtar kelimeler : Hidrografi, Hydropro, Akustik, Sismik, Inertial, RTK

MARINE SURVEYS

Abstract

Marine Surveys, and Marine engineering are highly sophisticated and most automated process. There are number of techniques and instrumentations. The main rule of the surveying engineer is to know these possibilities ,the nature of the project, analyze and find the best solution using he's/her's survey background. Almost all marine projects need a survey, and setting out tasks, which should be realized using surveying knowledge.

Keywords: Hydrography ,Hydropro, Acoustic, Seismic, Inertial, RTK

1. Giriş

Üç tarafı denizlerle çevrili bir ülkede , deniz tabanına yönelik projelerin gittikçe artacağı beklenen bir olgudur. Bu tür projelerin artması, deniz tabanı haritalarının yapılması, jeofizik araştırmalar ve su biyolojisine yönelik oşinografik çalışmaların gündeme gelmesine neden olacaktır.

Bu tür çalışmalar harita mühendisliğinin ana dallarından biridir ve aynı zamanda diğer mühendislik disiplinleri ile birlikte çalışmayı da gerektirmektedir. Ancak formasyon olarak, klasik harita mühendislik bilgilerine ek olarak , bilgisayar, elektronik, navigasyon gibi bilgilerin de gerekliliği kaçınılmazdır. Deniz çalışmalarında çalışılacak alanın görsel olarak görünememesi ve çalışmanın tabiatı gereği sürekli hareket halinde bulunulması, çok değişik teknikler ve ekipmanların kullanılmasını gerektirmektedir.

Bu sunumun amacı, teorik detaylara girmekten çok, çalışmanın prensiplerine yönelik genel bir çerçeve çizmek ve bu tür bir ölçme ile karşı karşıya kalan meslektaşlarımıza, mesleki bilgileri ile neleri bağdaştırabileceği hakkında bir fikir vermektir.

2. Konum Belirleme

Esas olarak tüm çalışmaların esası, anlık konum bilgisinin alınmasına dayanır. Ancak kara çalışmalarında olduğu gibi belirli bir yerde sabit durarak konum almak olanaksız olduğundan, hareket halindeyken konum bilgisini istenen hassasiyette almak, ve bu bilgiyi, yapılan iş için gerekli diğer ekipmanlardan gelen veriyle birlikte senkronize ederek birleştirmek deniz çalışmalarının ana konusudur.

Günümüzdeki teknolojiler ile konum belirlemek iki ayrı yöntemle yapılmaktadır. Kıyıda belirli mesafelere kadar olan çalışmalarda , Total Station'lar veya GPS teknikleri kullanılmakta, buna karşılık kıyıda uzakta bulunan çalışmalarda sadece GPS teknikleri kullanılabilir.

Total Station ile açı ve mesafe ölçüldüğü için, bu çalışmalara polar yöntem adı verilmektedir. Genel olarak kıyı inşaatı çalışmalarında, bir kazığı aşılamak için, ya da bir deniz tabanı taramasında, ekipmanın (.....)gerekli konuma getirilmesi için uygun bir cihazdır. Ancak hareketli bir tekneye yönelik sürekli kıyıda ölçme yapmak oldukça zahmetlidir. Bu amaçla aktif prizmaya kilitlenerek hem kara ölçmeleri için hem de deniz ölçmeleri için, prizmayı otomatik takip edebilen servo motorlu Total Station'lar bulunmaktadır. Bu tür Total Stationlar yapmış oldukları ölçüleri anında bir radyo modem vasıtası ile teknedeki bilgisayara göndermekte, bilgisayardaki deniz çalışmalarına yönelik yazılım vasıtası ile kullanılan diğer ölçme cihazları ile bu veri otomatik olarak senkronize edilerek birleştirilmektedir.



Trimble S6



Trimble 5600 servo

Şekil 1. Otomatik izlemeli Total Station

GPS sistemleri ile çalışmada ise teknede bulunan GPS'den gelen konum verisi aynı şekilde bilgisayardaki yazılıma aktarılmakta ve diğer verilerle senkronize edilmektedir. GPS ile elde edilecek olan konum hassasiyeti GPS ölçme tekniğine bağlıdır. Özellikle kıyıya yakın çalışmalarda (25-30km) RTK teknikleri kullanılmaktadır. Bu durumda kıyıda bir baz GPS istasyonu kurularak radyo modem veya GSM/GPRS üzerinden düzeltme yayını yapılarak 10-30cm'lik bir konum hassasiyeti elde edilmektedir. Açık deniz çalışmalarında ise genellikle metre hassasiyeti yeterli olduğundan, ücretsiz düzeltme yayını olan WAAS/EGNOS veya ücretli olan OmniStar yayınları kullanılabilir. Ancak kullanılması düşünülen GPS alıcısının SBAS denilen bu yayınları alabilecek özellikte olması gereklidir.

Deniz çalışmalarında konum belirleme, tekne hareketliken yapılmakta olduğundan, konum bilgisinin son derece hızlı elde edilmesi gerekir. Bu hızın 20Hz yani, 1/20 saniyeden daha yavaş olmaması gereklidir. Bu nedenle kullanılacak GPS alıcısının bu özelliği oldukça önemlidir.

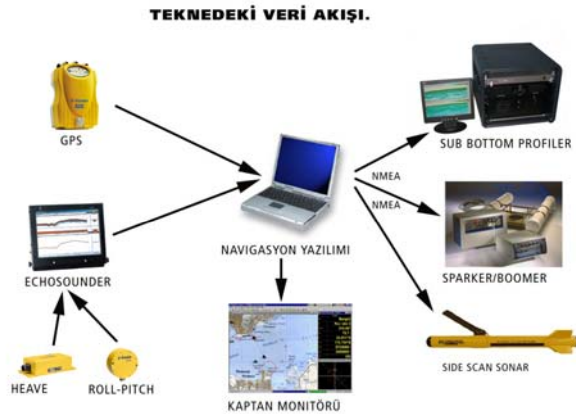


Şekil 2. Genel bir Deniz Ölçme Sistemi

2.1 Deniz Ölçmesinde Veri Akışı

Deniz ölçmelerinde, teknede, tüm sistemi kontrol eden bir merkezi bilgisayar sistemi bulunur. Bu sistem GPS alıcısından gelen konum bilgisini, akustik derinlik ölçerden gelen derinlik bilgisini ve heave, pitch roll sensörlerden gelen düzeltme verilerini eşleştirerek kayıt ederken, aynı zamanda istenilen aralıklarda düzeltilmiş konum verisini, diğer kendinden kayıtlı cihazlara gönderir. Bu cihazlar deniz tabanına ait jeofizik, jeolojik ve sismik verileri kaydeden cihazlardır. Ancak bu cihazların her birinin tekne üzerindeki konumu farklı yerlerdedir. Ayrıca bir kısmı da tekne arkasından uzun çelik halatlarla çekilen ünitelerdir. Bu nedenledir ki her bir ünitenin GPS anteninin konumuna göre olan ofsetlerinin aynı anda hesaplanarak doğru konumlarının kendilerine aktarılması gereklidir.

Jeofizik cihazlarının hemen hepsi deniz tabanını gösteren ve tabanın altında kesit çıkartan akustik yöntemlerle görüntüler elde ederler. Navigasyon yazılımından gönderilen koordinatlar bu görüntülerin daha sonra birleştirilerek bir mozaik elde edilmesi ve doğru konumlandırılması için kullanılır.



Şekil 3. Ölçme teknesinde veri akışı

2.2 Yatay Konum

GPS ile çalışmalarda, teknedeki alıcının(ların) doğru konum elde etmesi için çeşitli yöntemler kullanılabilir.

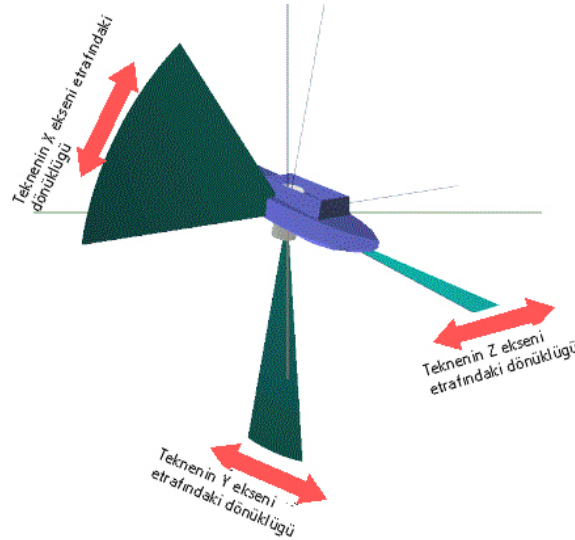
- 1- Çalışılan bölgede koordinatı bilinen bir nokta ile, o bölgedeki WGS84 ile kullanılan datum ve projeksiyon arasındaki dönüşüm parametreleri bulunuyorsa, baz vericinin bu nokta üzerine kurulması ve teknedeki navigasyon yazılımına gerekli dönüşüm parametrelerinin girilmesi yeterlidir.
- 2- Çalışılan bölgeye ait koordinat sisteminin WGS84 koordinatları ile dönüşüm parametreleri bilinmiyorsa, kıyıda koordinatı bilinen en az 4 noktadan GPS ölçmeleri yapılarak dönüşüm parametreleri elde edilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, yapılacak deniz ölçme alanının kıyıdan olan uzaklığının en az yarısı kadar kenar boylarına sahip noktaların düzgün bir ağ oluşturabilecek olanlarının seçilmesidir. Bu noktaların dağılımının kıyıya paralel olması tercih edilmelidir.

Ancak tekne üzerinde GPS anteninin bulunduğu yerin koordinatlarında, tekne hareketlerinin etkisi bulunmaktadır. Bu etkileri minimuma indirmek için tekne hareketlerini sayısal değerlere çeviren cihazların kullanılır. Komple bir navigasyon çözümü için aşağıdaki değerlerin bilinmesi gereklidir.

Bulunulan yerin koordinatları, o andaki teknenin yanal (roll) ve boyuna (pitch) olan hareketinin açı değeri, teknenin gittiği yönün kuzey ile yapmış olduğu açı (Heading)

Bu bilgiler tekne üzerine konulan pitch ve roll sensörlerden alınarak, GPS ile elde edilen koordinatlara anında etki ettirilir.

Ancak elde edilen bu değerler teknenin kendi relatif koordinat sistemine göredir. Bu değerleri gerçek koordinatlara dönüştürebilmek için teknenin kuzey ile yapmış olduğu açının da ölçülmesi gereklidir. Bu açının ölçülmesi ile ilgili üç farklı yöntemden bahsedilebilir.



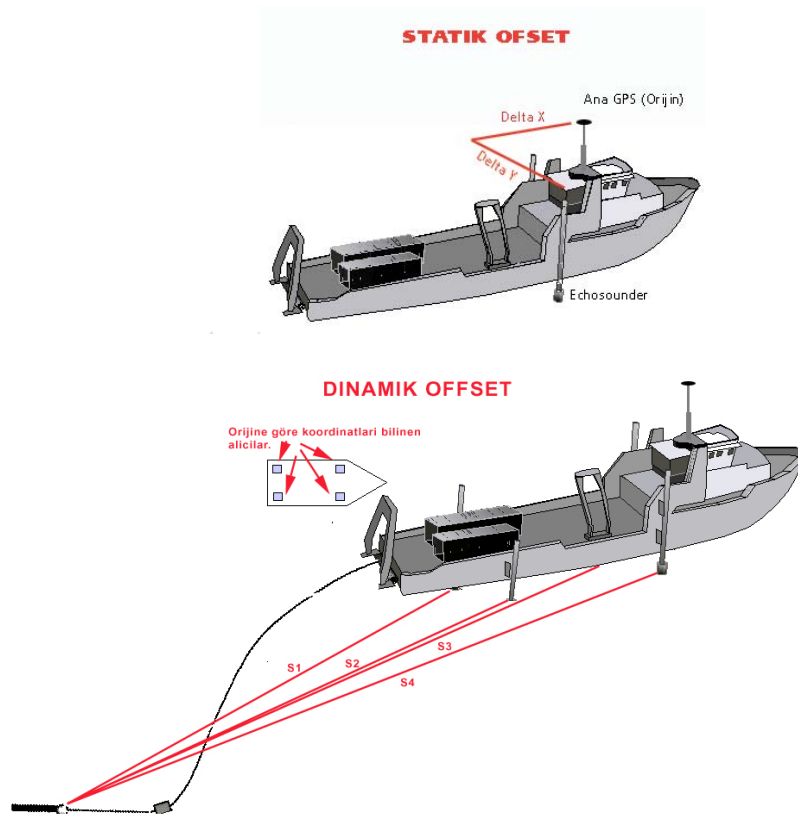
Şekil 4. Ölçmeye etki eden kontrolsüz tekne hareketleri

- 1- Gyroscope ile sürekli magnetik kuzeyi ölçmek. Bu yöntemde manyetik kuzey ile gerçek kuzey arasındaki farkın bilinmesi gereklidir. Bu sistem oldukça pahalı, büyük ve her çalışılan yer için kalibrasyon gerektirir. (Koordinatı bilinen bir nokta ve açıklık açısı)

- 2- Ardışık GPS RTK konumları arasındaki vektörden gerçek kuzeyi sürekli belirlemek. Bu yöntemde elde edilen kuzey açısı (semt, açıklık açısı, heading) yaklaşık 1 saniye gecikmeli hesaplandığından, konum hassasiyeti 25-30cm civarında kötüleşir. (Ardışık iki nokta koordinatından, doğrultu vektörü hesabı)
- 3- Teknenin uzun eksen boyuncası iki adet RTK GPS alıcısı kullanılarak, her ikisinin anlık aldığı koordinatlardan, gerçek kuzey açısının sürekli elde edilmesi. Bu yöntem en hassas yöntem olup, boyut olarak her tür ölçme teknesinde kullanılabilir. (Bilinen iki noktadan açıklık açısı hesabı).

Ancak ölçme teknesi üzerinde kullanılan cihazların hepsi GPS anteninin düzeyinde monteli değildir. Bunların bir kısmı ofsetleri bilinen sabit konumlardadır. Bir kısmı ise teknenin arkasına suyun içerisinde kablo vasıtası ile çekilmektedir ve konumları tekne konumuna göre dinamik olarak değişmektedir. Konumları sabit olan her cihazın ofset değerleri (Statik Offset) ilgili kontrol navigasyon yazılımına girildiğinde, sistem orijin noktası olarak da tarif edilebilen ana GPS antenine göre her birinin koordinatını sürekli hesaplayacak ve kayıt edecektir.

Tekne arkasından kablo vasıtası ile çekilen ünitelerin dinamik konumları, bu cihazların üzerine yerleştirilen ve alıcıları tekne üzerinde orijine göre bilinen ofsetlerde olan LBL sistemi ile belirlenir. Her an ünitelerden bu alıcılara eğik mesafeler ölçülerek geriden kestirme yöntemi ile dinamik konum bulunur.



Şekil 5. Tekne üzerindeki offsetler

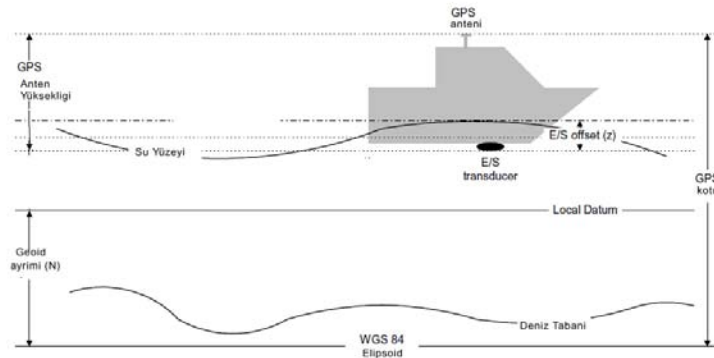
2.3 Düşey Konum

Özellikle deniz tabanının topografyasının belirlenmesi çalışmalarında, hassas deniz tabanı kotlarının elde edilmesi ana sorunların başında gelmektedir. Echosounder cihazları ile akustik derinlik ölçmenin doğruluğu birçok faktöre bağlıdır. Derinlik ölçme değeri ham olarak echosounder transduceri ile taban

arasındaki düşey mesafedir. Bu mesafenin presizyonu, suyun içerisinde ses dalgasının hızının doğru kalibrasyonuna bağlıdır. Bu kalibrasyon suyun ısısı, ve özellikle tuzluluğuna bağlı olarak değişir. Bu kalibrasyon değerinin belirlenmesi için matematiksel kavramlar kullanılabilse de, pratikte çalışılan yerde yapılacak basit bir ölçme ile bu değer kolaylıkla bulunabilir. Kısaca bar-check denilen yöntem, 5m, 10m, 20m gibi mesafeler hassas olarak işaretlenmiş bir zincirin ucuna bağlı metal bir plaka veya çubuğun, sırasıyla echosounder transducerinin altına getirilerek, ekranda bu değerler okunana kadar, kalibrasyon yapılmasından ibarettir.

Ancak kalibre edilmiş derinlik ölçmesinden, taban kotunu hassas elde etmek için birçok faktör bulunmaktadır.

- 1- Deniz kotunun sıfır değerinin tesbiti (datum)
- 2- Teknenin draftı (Suya batma miktarı) ve Squat değeri (hıza bağlı kabarma)
- 3- Sudaki dalganın düşey hareketinin etkisi (Heave)
- 4- Roll-pitch etkisi
- 5- Ölçme sırasındaki med cezir değerinin bilinmesi ve takibi



Şekil 6. Deniz tabanı kotu hesabı

Deniz kotunun datum değeri her ülke için tespit edilmiş ve karadaki nivelman noktalarına referans teşkil etmiştir. Bu nedenle kıyıya yakın bir RS noktasından deniz kıyısına getirilen bir kotun , o anki deniz yüksekliğinden farkı, o andaki med-cezir değerine karşılık gelir. Bu değer belirli periodlarla değişir ve zamana bağlı bir sinüs eğrisi oluşur. Ortalama her yarım saate bir yapılacak fark ölçümlerinin oluşturduğu sinüs eğrisi, derinlik ölçmelerine etki ettirilerek gerçek taban kotu elde edilir. Med- cezir ölçen cihazlara mareograf adı verilmektedir. Bunların bir kısmı mekanik, bir kısmı su basıncına göre deniz yüksekliğini ölçmektedir. Yine bir kısmı veriyi kendi içine kaydetmekte, bir kısmı ise radyo modem vasıtası ile değerleri anında teknedeki navigasyon yazılımına göndermektedir. Deniz kotunun bu şekilde belirlenmesi durumunda, yapılan derinlik ölçmelerinde echosounder transducerinin altından, deniz tabanına olan derinlik değerine, transducerin su yüzeyinden olan mesafesi ve med/cezir (tide) değeri eklenerek taban kotu bulunur.

$$D + K_T + (T) = H \quad (1)$$

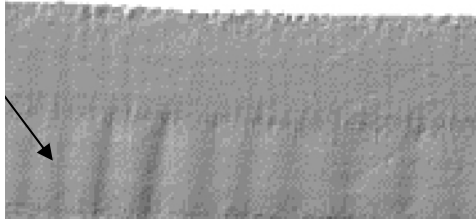
D:Transducer altından tabana olan derinlik K_T :Transducerin su altına olan derinliği T: Med cezir değeri
Deniz tabanı kotunu doğrudan kıyı kotuna bağlı olarak elde etmenin yolu ise RTK ölçme teknikleri kullanmaktır. Bu yöntemde kıyıda kurulan baz vericinin bulunduğu noktanın kotunun da hassas olarak bilinmesi gereklidir. Bu şekilde tekne üzerinde elde edilen transducer kotu karaya bağlı gerçek kot olup, bu değere transducer ile deniz tabanı arasındaki derinlik değeri doğrudan eklenir. Bu yöntemde elde edilen deniz tabanı kotları med cezir ve teknenin hızına bağlı ,squat etkisinden arınmış kotlardır. Ancak bu yöntem kıyıdan 20km'e kadar olan mesafelerde kullanılabilir. (RTK çalışmalarında baz ve gezici arasındaki maksimum mesafe sınırı !)

$$H_{ort} - (I + D) = H \quad (2)$$

H_{ort} : GPS ortometrik kotu I :GPS anteni ile transducer altındaki mesafe D : Ölçülen derinlik

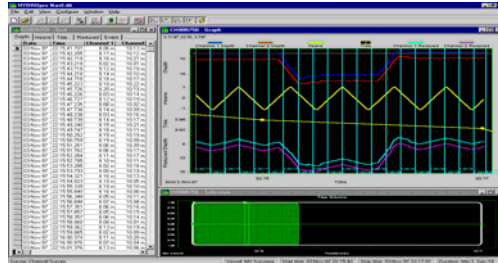
Ancak elde edilen bu değere etki eden başka etkenler de vardır. Bunlardan en önemlisi dalga etkisi olan Heave değeri. Genel olarak RTK ile elde edilen derinlik değerine Heave etkisi de dahil edilebilir. Ancak RTK veri toplama hızı 1:20 (20Hz) saniyeden daha iyi olamadığı için, kısa peryodlu dalgalarda yeterli hassasiyeti vermez. Kısa peryodlu dalgalarda beklenen heave ölçme değer aralığı 100Hz civarında olmalıdır. Bu nedenle heave değeri, heave sensörü denilen cihazlar ile sürekli ölçülür. Bu cihazların prensibi sürekli olarak dalganın oluşturduğu ivmenin düşey bileşeninin ölçülmesidir. Ancak bu ivmenin tek başına ölçülmesi yeterli değildir. Bir referans gereklidir. Bu referans ise denizin sıfırıdır. Prensip olarak her tür deniz çalışmasında dalga yüksekliğinin 20cm'yi geçmediği şartlar aranmasına rağmen, zaman zaman etraftan geçen gemi benzeri dalga etkilerini minimuma indirmek gereklidir. Son teknolojik gelişmeler bu tür etkileri tamamen ortadan kaldıran bileşik hareket sensörlerini ortaya çıkarmıştır. (Inertial sistemler) Bunun ilk örneği Trimble grubuna ait Applanix firmasının geliştirdiği POS MV sistemidir.

Multibeam
sonucunda
düzeltilme
miş heave
etkisi



Şekil 7. Heave etkisi,

POS MV inertial motion sensör



2.4 Ölçme Planlama

Deniz tabanı topografyasının, ya da jeofizik ve jeolojik belirlenmesi için yapılacak ölçme şekli kullanılacak cihazlara göre planlanır. Deniz tabanı topografyası için echosounder cihazları kullanılır. Bu cihazlar Single beam (noktasal) veya Multibeam (yanal) olmak üzere ikiye ayrılır.

Single beam cihazlar transducerin altına gelen deniz tabanının derinliğini ölçer. Bu cihazla ölçme için çalışılacak alan istenen ölçeğe göre paralel hatlar olarak planlanır. Örneğin 1:1000 ölçekli çalışmalar için bu hata aralıkları 10m, 1:5000 ölçekli çalışmalar için 50m olarak planlanır. Hat üzerinde giderken hangi sıklıkta veri kayıt edileceği ise iki türlü belirlenir. Bu sıklık navigasyon yazılımlarına ya mesafeye bağlı olarak (Örn:Her 10 metrede bir), veya tekne hızına bağlı olarak belirli bir zaman aralığında (Örn: Her 5 saniyede bir) seçilebilir.

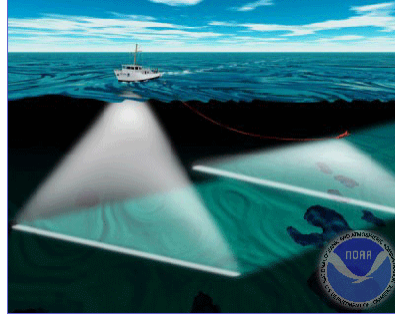
Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu

2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu

23-25 Kasım 2005, İTÜ – İstanbul

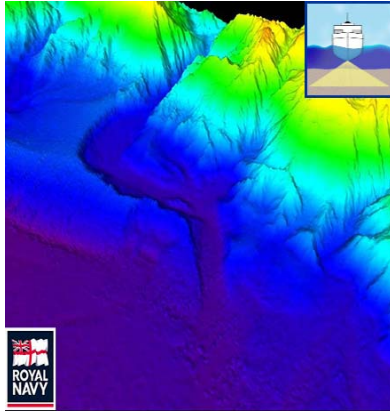
Multibeam echosounder'lar ise belirli genişlikte bir alanı tarayarak derinlik belirlerler. Bu nedenle hatlar genişliğe göre arada boşluk kalmayacak şekilde planlanır. Genişliği belirleyen önemli bir faktör deniz tabanının derinliğidir. Derinleştikçe tarama alanı genişler.

Deniz tabanının jeofizik özelliklerini ölçmeye yarayan , sub bottom profiler da tek bir hat üzerinde deniz tabanının 50-60m altına kadar kesit çıkarır ve planlaması Single beam echosounder gibidir. Buna karşılık deniz tabanının akustik olarak bir tür resmini çeken side scan sonar'lar da belirli bir genişlikte tabanı tarar ve planlama multibeam echosounder gibi, genişliğe bağlı olarak yapılır.



Şekil 7. Multibeam Echosounder ve Side Scan Sonar Ölçme şekli

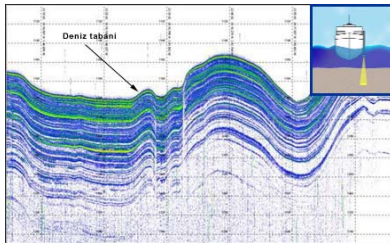
2.5 Akustik Cihazların Yetenekleri



Multibeam Echosounder

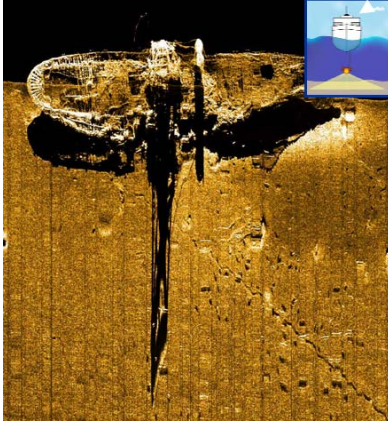
Derinliğe göre ortalama 8 kata kadar daha geniş bir alana gönderilen akustik sinyaller vasıtası ile elde edilen binlerce derinlik değerinin oluşturduğu üçboyutlu model elde edilir. Zorluğu, sistemin çok özenli kurulması ve kalibrasyon gerekliliği ve her tür teknede kullanılmasının zorluğudur. Proses için güçlü bilgisayarlar gereklidir.

Yandaki örnek Güney Asya'daki Tsunami'ye neden olan kırılmanın Multibeam echosounder ile elde edilen üç boyutlu modelidir.



Sub-Bottom Profiler

Noktasal olarak olarak gönderilen düşük frekanslı ve güçlü akustik sinyali deniz tabanının sediman yüzeyinden 60m kadar altına kadar işleyerek deniz tabanını oluşturan malzeme hakkında bilgi verir. (eski, yeni gevşek, kaya oluşumunun başladığı yer vb...) 1-11000metre derinliklerde tekne yanında veya kablo ile çekilerek kullanılır. Hassas kalibrasyon gerektirir.



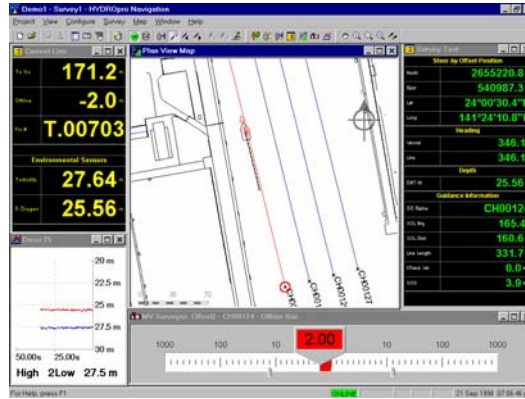
Side Scan Sonar

Deniz tabanının bir tür akustik resmini çeker. Tek veya çift frekanslı olanları vardır. Deniz tabanı sediman karakterizasyonu, bitki örtüsü, tabandaki nesnelerin tesbiti, görsel kırık, deniz arkeolojisi gibi birçok alanda kullanılır. Kablo ile çekilir. Tow'un yüksekliğine bağlı olarak taranan alanın genişliği değişkendir.

Yandaki örnek batık bir yelkenliyi göstermektedir. İnce uzun siyah alan yelken direğinin gölgesidir. Yüksekliğe göre, gölge mesafesi ile boyutlar belirlenebilir.

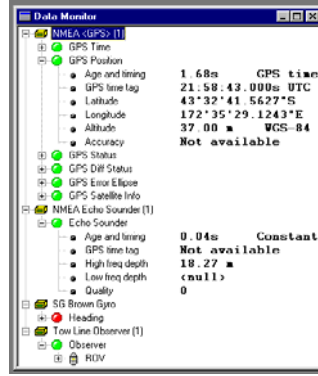
2.6 Ölçme, Navigasyon ve Proses Yazılımı (Hydropro)

Deniz çalışmalarında, tüm cihazların birbirleri ile senkronizasyonunu sağlayan, konum ve derinlik bilgilerini kayıt eden, kendinden kayıtlı cihazlara kendi ofsetlerine göre konum ve zaman verilerini gönderen, aynı zamanda çalışma esnasında, tekneyi kullanan kaptana planlanan hatlar üzerinde gidip gitmediğini görsel ve sayısal olarak sürekli bildiren ve/veya varsa teknenin otomatik pilotuna kumanda ederek, planlanan hat üzerinde kalmasını sağlayan, sistemin kalbi navigasyon yazılımıdır. Bu yazılımlar dünyadaki mevcut hemen tüm cihazlara bağlanabilirler, deniz altında yapılacak tarama veya kanal açmaya yönelik projelerin programa girilmesi olanaklıdır ve bu durumda örneğin ölçülen kesit ile proje değerlerini anında karşılaştırabilmektedir.



Şekil 8. HydroPro Navigasyon yazılımı ekranı

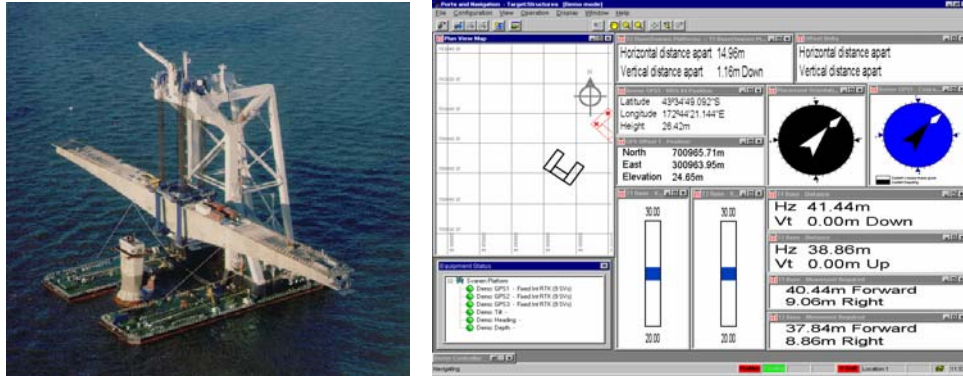
Bu programların en önemli işlevi bağlanan cihazların senkronizasyonunu sağlamaktır. Bunun için GPS tarafından üretilen 1PPS (pulse per second) sinyali, tüm cihazların, aynı anda veri göndermesini sağlar. Bilgisayar portuna gelen bu verilerin porta ulaşma zamanı ve birbirlerinden olan farkları zamansal olarak ölçülür ve karşılıklı eşleştirilir. Bu şekilde tekne hızının fazla olduğu şartlarda bile senkronizasyon sağlanabilmektedir. Ancak prensip olarak her tür çalışmada tekne hızının 5 knot'u (Mil/saat) aşmaması gerekir. Bunun bir nedeni de, arkadan kablo yardımı ile çekilen sensörlerin tabandan olan yüksekliğinin, hızla doğru orantılı olarak artmasıdır.



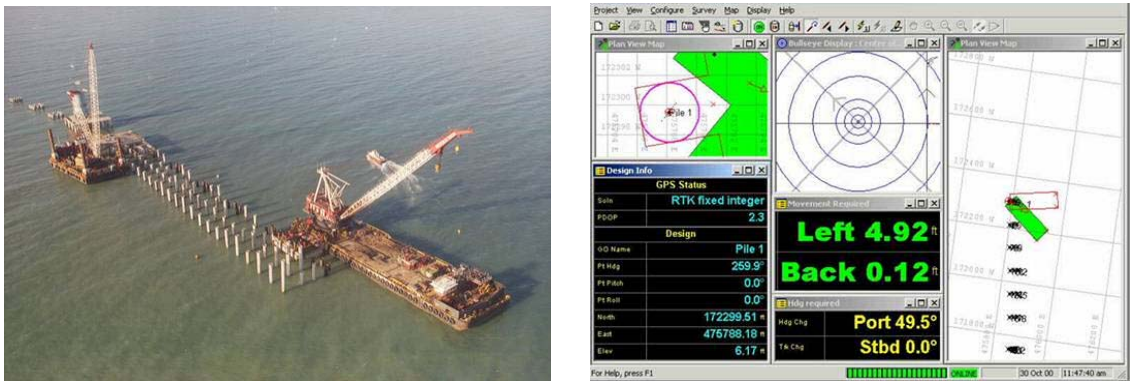
Şekil 9. Farklı cihazların senkronizasyon verileri (HydroPro)

2.7 Uygulamalar

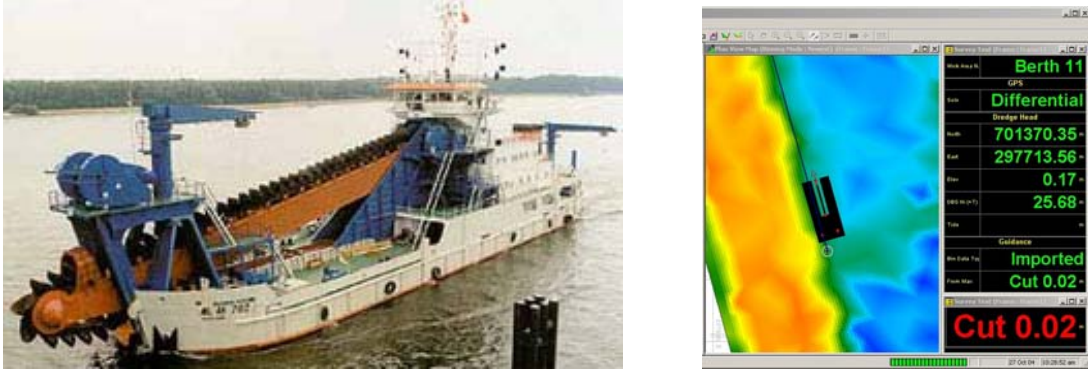
Deniz ölçme sistemleri sadece deniz tabanı ile uğraşmaz. Özellikle navigasyon teknikleri kullanarak deniz üstü yapıların aplikasyonu önemli bir yer teşkil eder. Örneğin gemi üzeri veya duba ile yerleştirilebilen yapıların, ya da deniz altında yapılacak çalışmalar için tarama yapacak ekipmanın konumlandırılması, tamamen anlatılan teknikler kullanılarak ve harita mühendislerince yapılmaktadır.



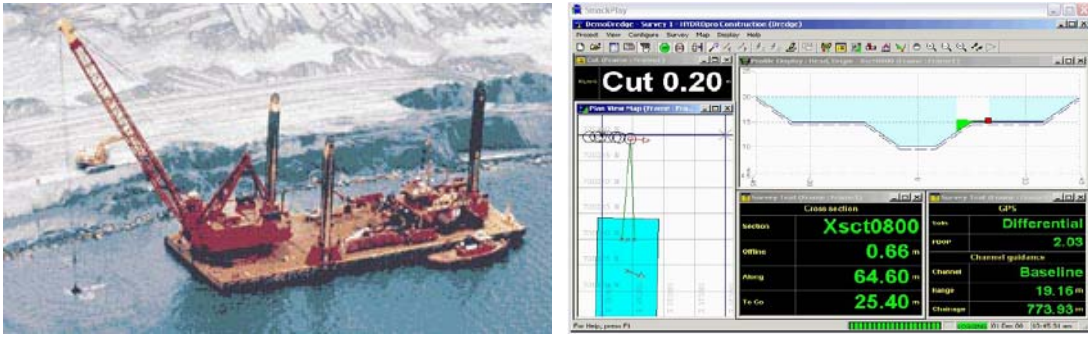
Şekil 10. Bir köprü elemanının aplikasyonu



Şekil 11. İskele çalışması için denize kazık çakımı



Şekil 12. Deniz altı tarama çalışması (Farklı renkler, farklı derinlikleri gösterir)



Şekil 13. Kanal açma esnasına, kesit üzerinde çalışma